

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7364**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO SAN JUAN

Departamento Áncash  
Provincia Huaylas  
Distrito Caraz



MARZO  
2023

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CERRO SAN JUAN**

Distrito Caraz, provincia Huaylas, departamento Áncash.

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

*Equipo de investigación:*

*Norma L. Sosa Senticala  
Segundo Nuñez Juárez  
Christian Chiroque Herrera  
Luis Agurto Ponce*

### **Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). "Evaluación de peligros geológicos en el Cerro San Juan". Distrito Caraz, provincia Huaylas, departamento Áncash", informe técnico N°A7364, Ingemmet 39p.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. <b>Objetivos del estudio.....</b>	<b>2</b>
1.2. <b>Antecedentes y trabajos anteriores .....</b>	<b>2</b>
1.3. <b>Aspectos generales .....</b>	<b>4</b>
1.3.1.    Ubicación.....	4
1.3.2.    Población.....	4
1.3.3.    Accesibilidad.....	4
1.3.4.    Clima .....	6
1.3.5.    Zonificación sísmica .....	6
<b>2. DEFINICIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>10</b>
3.1. <b>Unidades litoestratigráficas .....</b>	<b>10</b>
3.1.1.    Formación Yungay .....	10
3.1.2.    Depósitos cuaternarios.....	12
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>14</b>
4.1. <b>Pendientes del terreno.....</b>	<b>14</b>
4.2. <b>Unidades geomorfológicas .....</b>	<b>15</b>
4.2.1.    Subunidad de montaña en roca volcánica (M-rv):.....	15
4.2.2.    Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd).....	16
4.2.3.    Subunidad glacio-fluvial (V-gfl) .....	17
4.2.4.    Subunidad cauce del río (R) .....	17
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>17</b>
5.1. <b>Peligros geológicos por movimientos en masa.....</b>	<b>17</b>
5.2. <b>Caída de rocas .....</b>	<b>18</b>
5.2.1.    Características visuales del evento .....	18
5.3. <b>Erosion en cárcavas .....</b>	<b>22</b>
5.3.1.    Análisis de perfil transversal .....	24
<b>6. FACTORES DE LA INESTABILIDAD DEL TALUD .....</b>	<b>25</b>
6.1. <b>Factores condicionantes.....</b>	<b>25</b>
6.2. <b>Factores detonantes o desencadenantes.....</b>	<b>25</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS .....</b>	<b>29</b>



## RESUMEN

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

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el sector del noroeste del Cerro San Juan; perteneciente a la jurisdicción del distrito Caraz, provincia Huaylas y departamento Áncash.

En el sector afloran tobas vítreas a cristalinas (Formación Yungay), color gris blanquecino, la roca se observa altamente meteorizada y muy fracturada con espaciamientos de 0.05 a 0.30m. Sobre las laderas se tienen depósitos coluviales compuestos principalmente por bloques heterométricos provenientes de volcánicas. Están compuestos por bolos (30%), cantos (30%), gravas (20%), arenas (10%), limos (10%). La forma de los fragmentos de roca (subangulosos) indican recorrido corto.

Las geoformas identificadas corresponden a montañas y colinas modeladas en rocas volcánicas, presenta laderas de pendientes variables que van de fuertes (25° a 45°) a muy escarpado (> 45°) y geoformas de piedemonte como vertiente de detritos poligénicas (depósitos proluviales); también se observa otras geoformas como terraza fluvio-glacial, terraza baja aluvial y cauce del río.

Los peligros geológicos identificados en el sector noroeste del Cerro San Juan y alrededores, son de tipo movimientos en masa y corresponden a derrumbes, caída de rocas; así como procesos de erosión en cárcavas.

En el mes de junio del 2022 en el sector noroeste del Cerro San Juan, se produjo un proceso de caídas de rocas. En los cortes de talud se aprecian bloques de tobas inestables que llegan a tener diámetros hasta de 2m.

En la falda de la ladera norte del Cerro San Juan se observó “viviendas” de material rústico, ubicados en una longitud de 500 m. En la ladera colindante se tienen bloques colgados de hasta 2 m de diámetro que podrían desprenderse (caídas de roca o derrumbes) en temporada de lluvias intensas y/o sismos, y caer sobre las casas. Además, se tienen procesos de erosiones de ladera que en temporada de lluvias intensas podrían activarse y afectar las viviendas.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y geodinámicas del sector, es considerado como **Zona Crítica y Peligro Alto** a la ocurrencia de caídas de rocas, derrumbes y flujos de detritos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o sismos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica: como prohibir, restringir y/o controlar la apertura de caminos de herradura, construcción de viviendas u otra actividad antrópica en la ladera del cerro, sin antes haber realizado un estudio previo por profesionales especialistas, que aseguren la estabilidad de la ladera.

## 1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de Ancash, según Oficio N°129-2022-GRA-ORDN/J; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos en el sector NO del Cerro San Juan, cerca al río Llullán.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Agurto, Norma Sosa y Christian Chiroque, realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, la cual se realizó el día 24 de setiembre 2022 en coordinación con el Teniente Gobernador de la Municipalidad Distrital Caraz.

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, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico; con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital Caraz y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, 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:

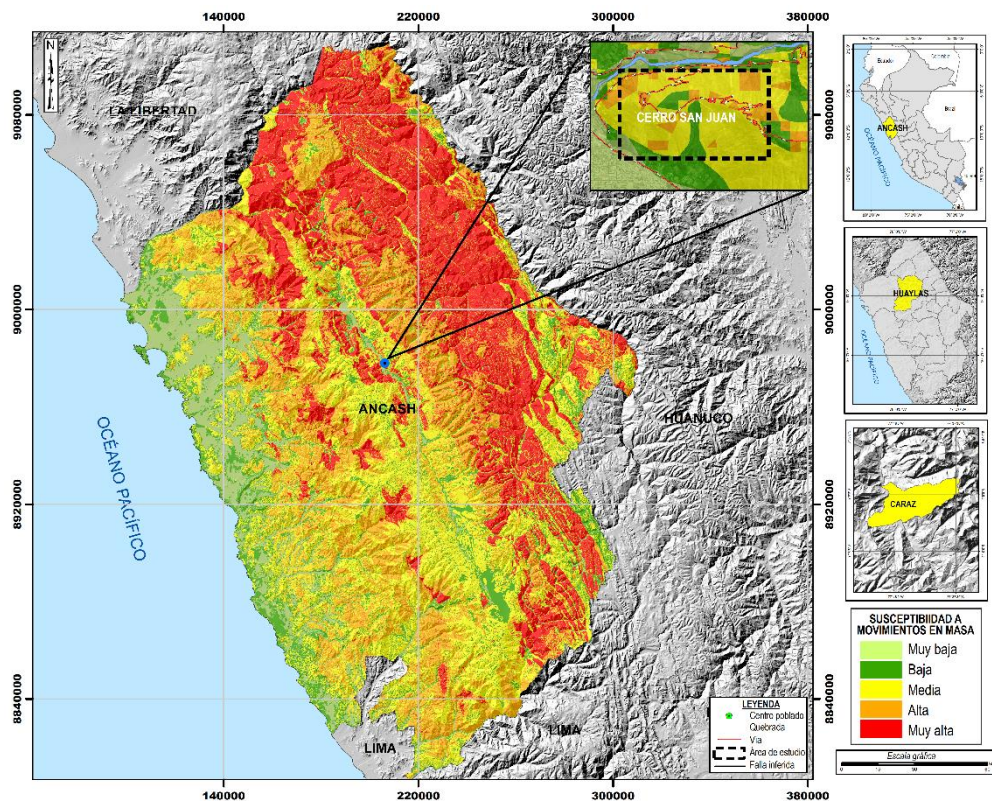
- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el Cerro San Juan.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Se tienen 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) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos Geológicos en la Región Ancash” (Zavala et al., 2009), presenta el inventario de peligros geológicos a escala 1.50,000; 2129 ocurrencias de peligros y determinando 120 zonas críticas por peligros geológicos.

Según Zavala et al (2009), el sector del Cerro San Juan y alrededores, se localizan en susceptibilidad moderada a alta a movimientos en masa, (figura 1).



**Figura 1:** Susceptibilidad por movimientos en masa del sector del Cerro San Juan y alrededores. **Fuente:** Zavala *et al.*, 2009.

- B) Informe Técnico: “Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Áncash” (Zavala et al., 2007). Este documento se detalla la ocurrencia de peligros geológicos en la región, siendo los de mayor frecuencia: flujos, deslizamientos, erosión de laderas y caídas.
- C) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” escala 1:100 000 (Wilson, et al., 1995). Describe la geología de la zona de estudio y alrededores que corresponde a rocas volcánicas de la Formación Yungay.
- D) Informe técnico: “Peligros geológicos por remoción de masa en el área de Incahuain y quebrada Cucush – valle del río Santa (Dávila, S., 2001), indican que en la zona de estudio afloran rocas volcánicas de la Formación Yungay, compuestas de tobas blancas, así mismo indica que este sector favorece la ocurrencia de fenómenos geodinámicas externos.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra en la margen izquierda del río Lullán, al noreste de la ciudad de Caraz, distrito Caraz, provincia Huaylas, departamento Áncash (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	191463.82	9000443.92	-9.031812°	-77.806241°
2	192418.18	9000443.92	-9.031860°	-77.806241°
3	192418.18	8999358.68	-9.031860°	-77.797622°
4	191463.82	8999358.68	-9.031812°	-77.797622°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
	191932.46	8999949.34	-9.036313°	-77.802016°

#### 1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, los poblados más cercanos al sector Noroeste del Cerro San Juan (Shocsha y Tarna) presentan una población censada de 235 habitantes distribuidos en un total de 67 viviendas particulares.

Así mismo, dentro del área de estudio (sector noroeste del Cerro San Juan) se evidenció 53 viviendas de material rústico (calaminas y esteras), ubicadas al pie de la ladera del cerro, expuestas directamente la caída de rocas.

#### 1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

**Cuadro 2.** Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Barranca	Asfaltada	208	3 horas 30 min
Barranca - Huaraz	Asfaltada	217	4 horas 30 min
Huaraz – Caraz	Parcialmente Asfaltada	69.5	1 hora 30 min
Caraz – Cerro San Juan	Trocha	5.5	20 min



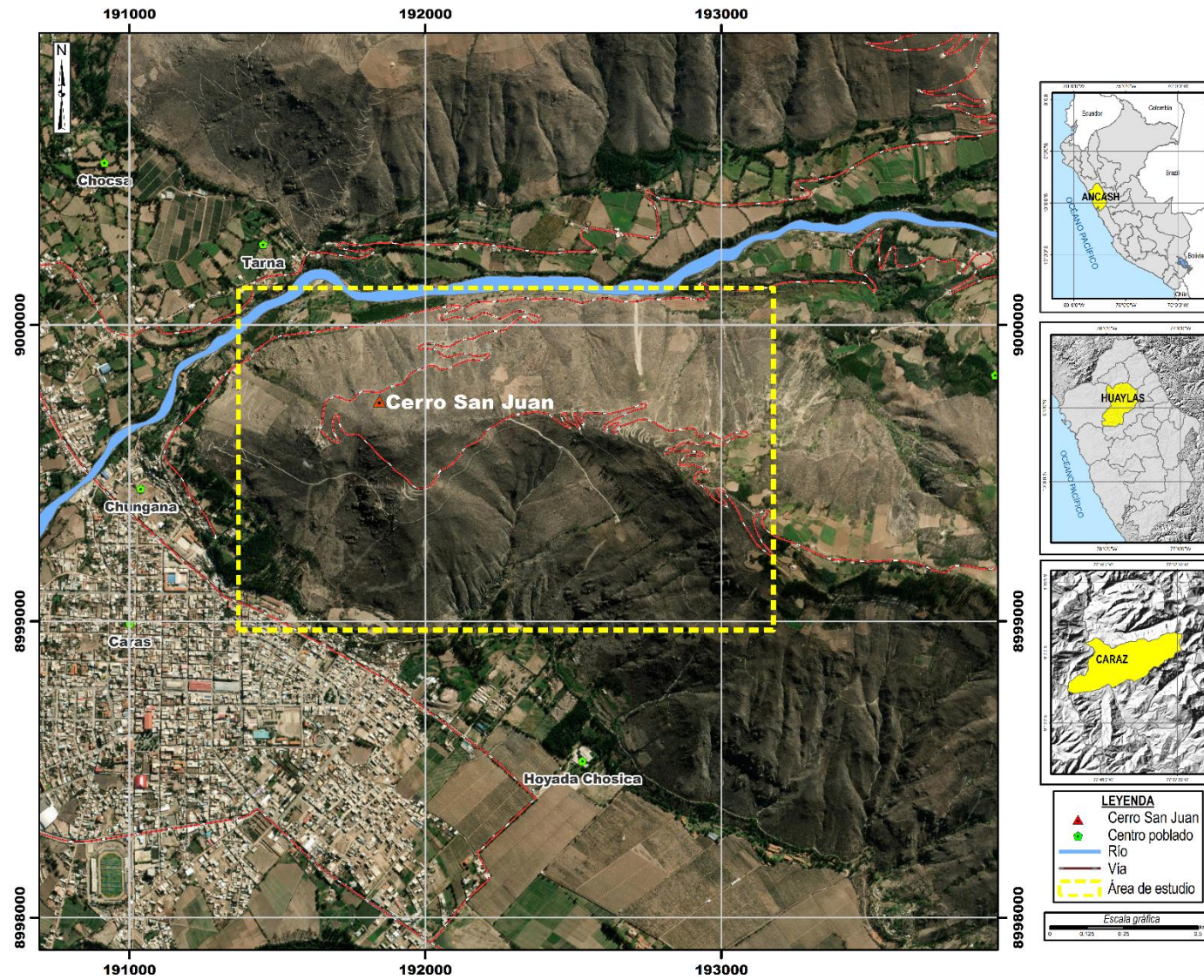
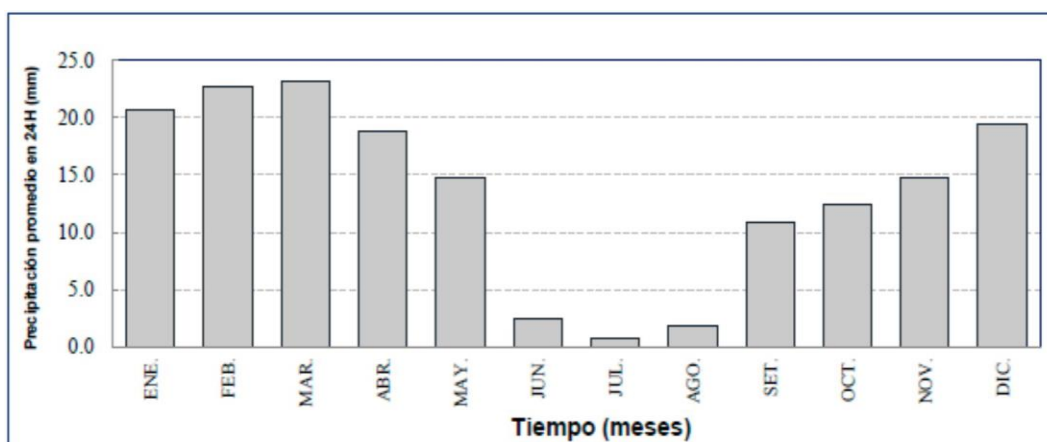


Figura 2: Ubicación del cerro San Juan y alrededores (distrito Independencia, provincia Huaylas, departamento Áncash).

### 1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el sector del Cerro San Juan y alrededores presenta un clima semifrío semiseco, lluvioso, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera.

La estación pluviométrica de Santiago Antúnez de Mayolo (la más próxima al área de estudio, se tiene que la precipitación máxima registrada en los últimos 05 años, es de 48.2 mm. (SENAMHI). Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, siendo los meses de julio y agosto, los más secos y los meses de diciembre a abril, los más lluviosos (figura 3).



**Figura 3.** Precipitaciones diarias promedio (periodo 2014-2018), distribuidas a lo largo del periodo. Fuente: Estación Santiago Antúnez de Mayolo - SENAMHI.

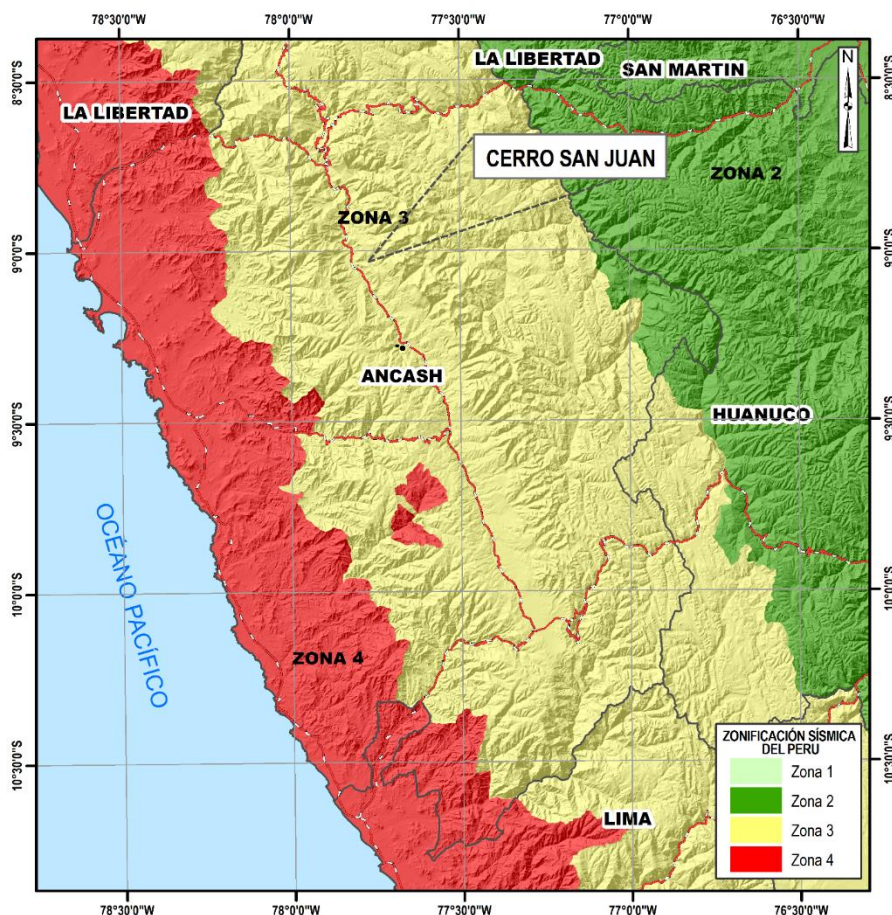
### 1.3.5. Zonificación sísmica

De acuerdo a los niveles de zonificación sísmica en el Perú (figura 4); el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

**Cuadro 3.** Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10



**Figura 4.** Zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 MVCS, 2016.

## 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; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

**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.

**DERRUMBE:** son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

**DESLIZAMIENTO:** 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.

**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.

**FLUJO:** Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya se deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

**FLUJO DE DETRITOS (HUAICO):** Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

**FRACTURA:** Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

**INACTIVO:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

**INACTIVO LATENTE:** Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

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

**MOVIMIENTO COMPLEJO:** Es un 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). El término es empleado por Cruden y Varnes, para denominar así a un estilo de actividad, limitando su uso a la ocurrencia en secuencia de varios tipos de movimientos. Por ejemplo, el caso de una caída de roca seguida por un flujo de detritos debido a la fragmentación del material durante la caída (Cruden y Varnes, 1996).

**MOVIMIENTO EN MASA:** Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

**PELIGROS GEOLÓGICOS:** Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huacos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

**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.

**TALUD:** Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

**ZONA CRÍTICA:** Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

### **3. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Carhuaz 19h-IV, a escala 1: 50,000 (Monge, *et al.* 2005), así como la referencia del Boletín N° 60: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari”, escala 1:100 000” (Wilson, *et al.* 1995), publicados por Ingemmet.

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

#### **3.1. Unidades litoestratigráficas**

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área evaluada y alrededores, son principalmente de origen volcánico, correspondientes a la Formación Yungay; así como depósitos recientes fluvio-glacial, aluvial, proluvial y fluvial (Anexo 1: Mapa 01).

##### **3.1.1. Formación Yungay**

Consiste en una secuencia de rocas piroclásticas encontradas en algunos sectores del valle del río Santa (Yungay). La litología predominante, son tobas blancas, friables, pobremente estratificadas, compuestas por abundantes cristales de cuarzo y biotita en una matriz feldespática, así como ignibritas dacíticas con disyunción columnar. Suprayace a secuencias cretáceas, intrusivos plutónicos y al Grupo Calipuy (Wilson, *et al.* 1995).

Localmente está compuesta por tobas blancas compuestas de abundantes cristales de cuarzo y biotita en una matriz feldespática (fotografía 1), correspondientes a depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, color gris blanquecino, textura porfirítica, con predominancia de plagioclasas, hacia la base presentan fragmentos líticos polimícticos. (Monge, *et al.* 2005).

En los cortes de talud de la trocha carrozable hacia el Mirador del Cerro San Juan se ha observado que el sustrato rocoso se encuentra altamente meteorizado (A4) y muy fracturado (F4) (fotografía 2), con fracturas muy próximas entre sí (0.05-0.30 m), aperturas muy abiertas (4.0 a 28.0 mm), sin relleno visible, resistencia media (50-100 MPa); en superficie se encuentran altamente meteorizadas (A4).



**Fotografía 1.** Tobas blanquecinas de la Fm. Yungay, ubicadas en el Cerro San Juan, al NE del distrito de Caraz, a 2500 m s.n.m., las fracturas tienen una dirección principal S36E. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192156 E, 8999878 N.



**Fotografía 2.** Tobas blanquecinas de la Fm. Yungay, ubicadas sobre los 2565 m s.n.m., altamente meteorizadas, las fracturas tienen una dirección principal S23E. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192040 E, 8999856 N.

### 3.1.2. Depósitos cuaternarios

#### a. Depósito fluvio-glacial (Qh-fg):

Los depósitos fluvio-glaciales constituyen extensas secuencias de arenas, arcillas y gravas, acarreados por las corrientes de deshielo y extendidos en las mesetas donde discurren entre pequeñas lagunas y valles labrados por antiguos hielos en movimientos.

En el área estos depósitos están asociados a eventos aluvionales ocurridos en diferentes épocas y a diferentes niveles sobre el valle principal, y que actualmente están erosionados por el cauce actual del río Lullán. Están compuestos por fragmentos de roca angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.02 a 0.55 m envueltos en matriz de arenas finas a gruesas, con contenidos de limos y arcillas (fotografía 3).



**Fotografía 3.** Depósito fluvio-glacial asociado a eventos aluvionales compuestos por fragmentos angulosos a subangulosos, heterométricos y envueltos en una matriz de arenas y limos. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 191800 E, 8999985 N.

#### b. Depósito aluvial (Q-al):

Los depósitos aluviales son el producto de la alteración, denudación y erosión que se originan por las corrientes permanentes de los ríos y se depositan conformando terrazas altas y bajas, donde el río es casi imposible que regrese. En el área de estudio se han originado por acción y deposición de la dinámica fluvial del río Lullán, ocurridos en diferentes épocas y a diferentes niveles. El material que los constituye



es heterométrico con diámetros que varían de 0.02 a 0.60 m, son de formas subredondeadas y arenas gruesas (fotografía 5).

**c. Depósito proluvial (Q-pl):**

Los depósitos proluviales se originan a partir de los depósitos de los flujos; la existencia de material detrítico suelto acumulado, sumado a la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas, hacen que los materiales se saturen, pierdan su estabilidad y se movilizan torrencialmente abajo por las quebradas o cárcavas. En el área de estudio, el material que los constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a angulosos, englobados en una matriz fina, permeables a medianamente consolidados (Fotografía 4).



**Fotografía 4.** Depósito proluvial compuesto por fragmentos de rocas volcánicas subangulosas a angulosas, presentan una matriz de sedimentos finos, la mayoría de los bloques son de composición tobácea. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192074 E, 8999925 N.

**d. Depósito fluvial (Q-fl):**

Son los depósitos ubicados en el cauce o lecho del río Lullán, acarreados por las corrientes permanentes del río. Estos depósitos están conformados por cantos subredondeados a redondeados en matriz arena limosa, se encuentran inconsolidados a sueltos, fácilmente removibles en épocas de crecida (Fotografía 5).



**Fotografía 5.** Depósitos fluviales (en el cauce del río, parte superior) y depósitos aluviales (en los márgenes del río, en contraste blanquecino, parte media). Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192420 E, 9000146 N. **Fuente:** foto con Dron.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Se presenta el mapa de pendientes (Anexo 1: Mapa 02), elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 0.45 m de resolución (Dron). De acuerdo a este mapa, el área de estudio en el sector del Cerro San Juan, se localiza en laderas de colinas cuyos rangos de pendientes van desde moderado ( $5^\circ$  a  $15^\circ$ ) a muy escarpado ( $>45^\circ$ ). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Rango de pendientes del terreno.

Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo de terrazas fluviales y cimas de montañas.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos a ligeramente ondulados que se distribuyen a lo largo de planicies. Los depósitos aluviales que se ubican al margen izquierdo del río Lullán, presentan este tipo de pendientes, así como zonas aledañas con actividad antrópica.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de montañas volcánicas, colinas, quebradas y márgenes del Cerro San Juan.
15°a 25°	Fuerte	Ocupan áreas más grandes. Son pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas y colinas; a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes o piedemontes.
25°a 45°	Muy Fuerte	Son las que predominan en el área de estudio, se encuentran en laderas de montañas y taludes de la carretera hacia el Mirador del Cerro San Juan. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de derrumbes y deslizamientos.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas y cumbres de montañas.

## 4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Anexo 1: Mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1:250 000 elaborado por Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geoformas:

### A) *Unidad de montañas*

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual, (Villota, 2005).

#### 4.2.1. Subunidad de montaña en roca volcánica (M-rv):

Corresponde a las cadenas montañosas que han sido modeladas por la erosión y la influencia de eventos de diferente naturaleza, que afectaron a las rocas volcánicas. En general conforman alineamientos alargados de dirección andina, que sobrepasan los 300 m del nivel de base local.

Las laderas de pendientes fuerte a muy fuerte (15° a 45°), modeladas sobre rocas volcánicas (toba), con cimas amplias y subredondeadas, ubicadas a la margen izquierda del curso del río Lullán.

Sus relieves se encuentran asociados a procesos dominantes de erosión de laderas, movimientos complejos, deslizamientos, caída de rocas y flujos.

*B) 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 ocupan grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

**4.2.2. Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd)**

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas sedimentarias, resultantes de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como deslizamientos y derrumbes.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de tobas y abundantes cristales de cuarzo y biotita con diámetros que varían de 0.025 a 0.06 m, angulosos a subangulosos envueltos en una matriz de limos. (fotografía 6). Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de las quebradas Paccharure y Punyarure, con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado ( $25^{\circ}$ -  $>45^{\circ}$ ) y fáciles de remover.



**Fotografía 6.** Vista de la subunidad coluvio deluvial (V-cd). Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192074 E, 8999925 N.

#### **4.2.3. Subunidad glacio-fluvial (V-gfl)**

Corresponden a depósitos glacio-fluviales, que fueron acarreados y depositados, ocurridos por el deshielo en las partes más altas y transportados por corrientes del río. Estos depósitos han sido depositados por el río Lullán.

Generalmente su composición litológica es heterogénea; con materiales moderadamente consolidados, compuestos de: bolos (10%), cantos (10%), gravas (20%), arenas (30%), limos y arcillas (30%) de largo recorrido.

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos (huaicos) ubicado principalmente en la desembocadura de la quebrada Cancha. Se distinguen grandes bloques de roca de hasta 1 m de diámetro producto del acarreo proveniente de los flujos.

#### *C) Unidad de Planicie*

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales

#### **4.2.4. Subunidad cauce del río (R)**

Son depósitos de sedimentos que se encuentran en el cauce del río Lullán, generalmente han sido transportados desde grandes distancias. Litológicamente están compuestos por fragmentos rocosos heterogéneos, de formas subredondeados a subangulosos, se tienen bolos (30%), cantos (30%), gravas (30%) y arenas (10%).

## **5. PELIGROS GEOLÓGICOS**

Los peligros geológicos inactivos latentes y suspendidos identificados en el sector noroeste del cerro San Juan y alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa de tipo derrumbes, caída de rocas y cárcavas (anexo 1: Mapa 4).

### **5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa**

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, 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; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 45 y 11.3 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, la zona es considerada de moderada a alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Zavala et al., 2009).

## 5.2. Caída de rocas

El Teniente Gobernador de la municipalidad del distrito de Caraz informó que, a finales del mes de junio del 2022, reportó caídas de rocas en el Sector del Cerro San Juan, cerca de la margen izquierda del curso del río Lullán. Producto de una explosión generada por pobladores (fines de construir viviendas).

En la ladera del cerro se observó bloques inestables, que pueden ceder y generar caída de rocas. Se tienen condiciones, como ladera de pendiente fuerte y fragmentos de rocas inestables.

Por el corte de talud de la carretera, el talud se ha desestabilizado, se observa bloques inestables. Se observó cuñas, que forman bloques que pueden ceder.



**Fotografía 7.** Pobladores han invadido la ladera del Cerro San Juan. Se observa fragmentos de roca con diámetros hasta de 2m). Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192067 E, 9000059 N.

A continuación, se describe a detalle las características de dicho evento:

### 5.2.1. Características visuales del evento

El corte de talud para la construcción de viviendas y vía de acceso ha desestabilizado el talud, en la parte superior de la ladera se observa bloques inestables, que pueden ceder y moverse pendiente abajo (fotografía 8).

Se tienen las siguientes características:

- Arranque: talud rocoso fracturado, compuesto por rocas volcánicas (tobas).

- Tipo de rotura: Variado (cuña y vuelco)
- Zona de arranque: ladera
- Forma de zona de arranque: irregular a discontinua
- Características del depósito: bloques aislados de formas angulosas.
- Alcance máximo: 32 metros
- Tamaño de bloques: diámetros entre 0.40 a 2.10 m y aislados
- La pendiente de la ladera: 30° a 45°

En la ladera donde se encuentran las casas de material rústico, se observó fragmentos de rocas sueltos e inestables, que podrían desprenderse en temporada de lluvias intensas o sismos, lo que afectaría las viviendas de material rústico que se encuentran en la parte baja.



**Fotografía 8.** Ladera con fragmentos de rocas sueltas, aledaña al trazo de la trocha carrozable hacia el mirador del Cerro San Juan. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192059 E, 9000033 N.

A lo largo de la carretera que va hacia el Mirador del Cerro San Juan, se tienen afloramientos, que muestran rocas fracturadas, propensas a generar derrumbe o caída de roca, este evento afectaría la casas que se encuentran cuesta abajo (fotografías 9 y 10).

Actualmente, hacia el noreste de estos asentamientos, se ha observa antiguos derrumbes con longitudes hasta de 20 m.

Se resalta el sector Piedra Calavera, atractivo turístico, que podría verse afectado si se sigue realizando corte de talud en forma inadecuada.

La trocha carrozable que conduce al Mirador del Cerro San Juan, por el corte de talud ha desestabilizado la ladera, puede generarse caída de rocas, se aprecian cuñas (fotografía 9).



**Fotografía 9.** Trocha carrozable que conduce hacia el Mirador del Cerro San Juan. Se observa el grado de fracturamiento de la roca, como también la formación de cuñas. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192173 E, 8999891 N.



**Fotografía 10.** Bolos y cantos sueltos, que en tiempos de lluvia pueden ceder cuesta abajo y podrían afectar las viviendas que se encuentran cuesta abajo. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192077 E, 8999924 N.



A lo largo del trayecto de la trocha carrozable hacia el Mirador del Cerro San Juan, en el corte de talud, se observó bloques sueltos, por lo cual es necesario realizar desquinche o desatar los bloques sueltos, con la finalidad de estabilizar el talud.

Las rocas tobáceas están muy fracturadas y altamente meteorizadas, por lo cual los hace altamente susceptibles a generar movimientos en masa, para este caso derrumbes y caída de rocas (fotografía 11 y 12).



**Fotografía 11.** Tobas blanquecinas meteorizadas que, ante lluvias intensas o movimientos sísmicos, podrían generar derrumbes o caída de rocas. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 191996 E, 8999916 N.



**Fotografía 12.** Corte de talud realizado para la trocha carrozable, se observan un fracturamiento principal con dirección S56E. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 192064 E, 8999851 N.

### 5.3. Erosion en cárcavas

Asimismo, se observó que las viviendas asentadas sobre las faldas del Cerro San Juan a lo largo de 500m, donde se tienen procesos de cárcavas. Estos eventos en temporada de lluvias intensas podrían activarse y generar flujo de detritos, como también caída de rocas y derrumbes (fotografías 9).

Los pobladores por desconocimiento se han asentado sobre una zona inestable con procesos de erosiones de ladera (cárcavas) y con posibles caídas de rocas.

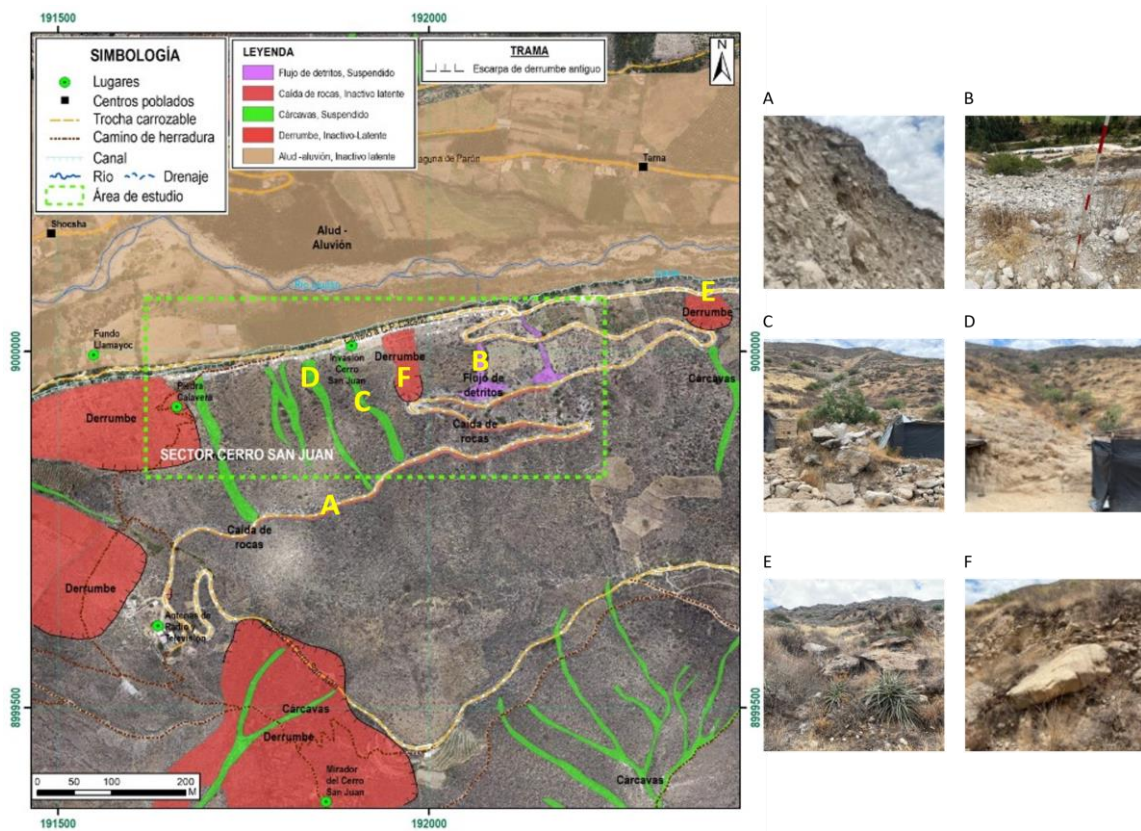
Se evidenció otros sectores propensos a generar procesos de erosiones de ladera (fotografía 13 y 14).



**Fotografía 13.** Vista de casas rústicas, asentadas sobre el cauce de una quebrada insipiente con procesos de erosiones en cárcavas, que podrían activarse en temporada de lluvias intensas, lo cual afectaría a dichas viviendas. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 191787 E, 8999990 N.



**Fotografía 14.** Material suelto en las laderas del Cerro San Juan, que ante lluvia o sismos pueden desestabilizar y afectar la parte baja. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 191714 E, 8999748 N.



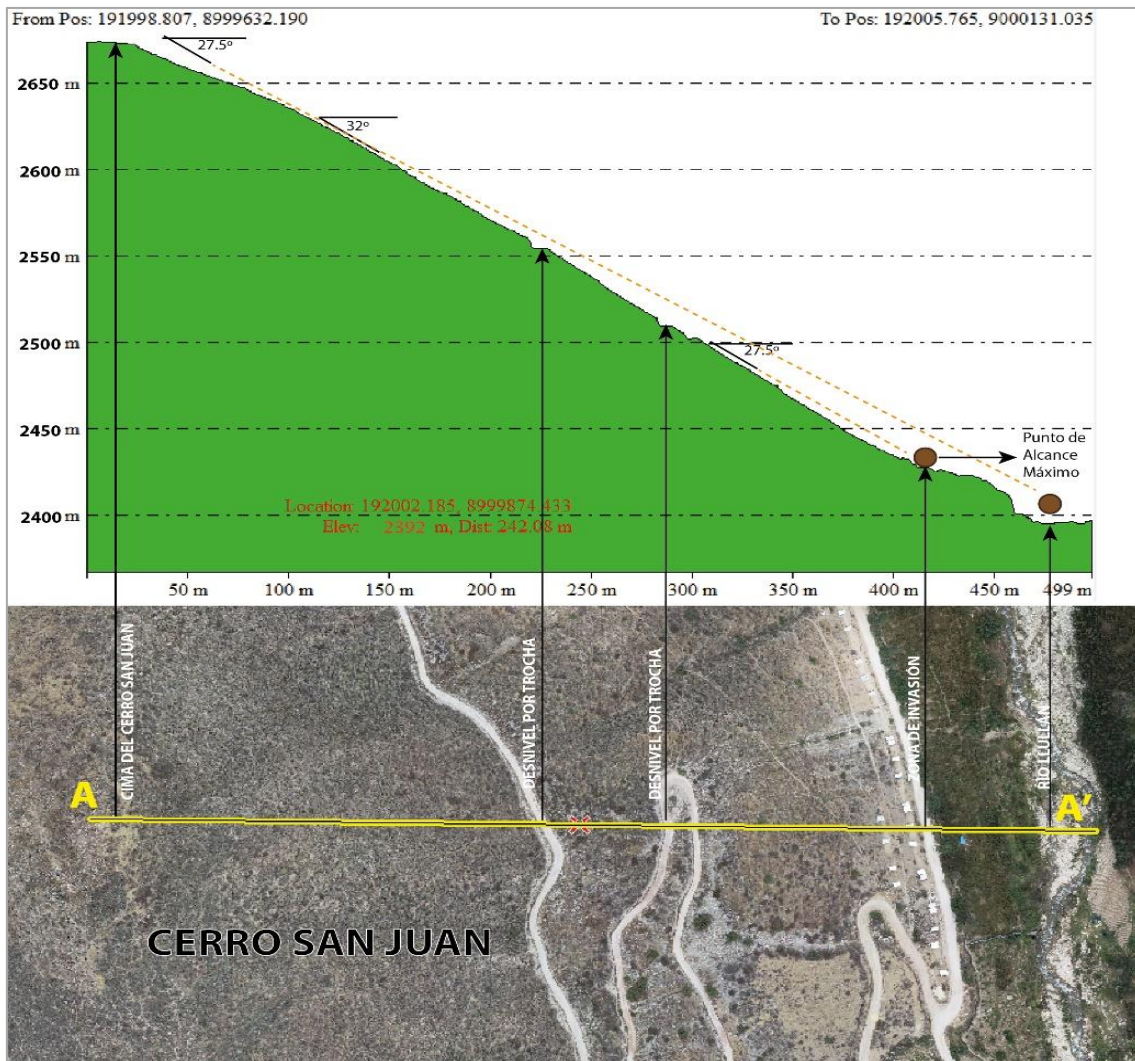
**Figura 5.** Cartografiado de peligros geológicos del noroeste del Cerro San Juan. A: Caída de rocas inactivo latente. B: Flujo de detritos suspendido. C: Cárcava suspendido. D: Cárcava suspendido. E: Derrumbe inactivo latente. F: Derrumbe antiguo inactivo latente.

### 5.3.1. Análisis de perfil transversal

Con el MDT (Modelo Digital del Terreno) de resolución 0.45 m/px, obtenido mediante levantamiento fotogramétrico aéreo con drone, en el sector del Cerro San Juan, se ha realizado un perfil transversal (figura 6), sobre el cual se realiza un análisis del relieve del terreno, destacando las siguientes características:

Según el criterio de Evans, S.G. y Hungr, O. (1993), basado en métodos empíricos, sugiere usar el análisis de caída de rocas en un terreno inclinado un “ángulo mínimo de sombra de 27.5°”, con ello se podrá determinar un alcance máximo de los bloques de roca. De acuerdo a este criterio se observa que las viviendas de material rústico ubicadas en las laderas del Cerro San Juan, se ubican dentro del alcance máximo de rocas, lo que permite deducir que, ante la ocurrencia de futuras caídas de roca, los bloques tienen gran probabilidad de impactar contra las viviendas (figura 6).

El factor detonante sería un sismo de gran magnitud, lluvias intensas o la actividad antrópica. Como evidencia de la actividad antrópica en relación a la caída de rocas, se observó cortes de talud.



**Figura 6.** Perfil transversal A-A' donde se observa el probable alcance máximo de caída de rocas sobre las casas de material rústico de los pobladores asentados en la ladera del Cerro San Juan, tomado según el Criterio de Evans, S.G. y Hungr, O. (1993).

## 6. FACTORES DE LA INESTABILIDAD DEL TALUD

### 6.1. Factores condicionantes

#### Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por tobas blanquecinas, las cuales contienen feldespatos que son más propensos a alterarse más rápido, por lo que en algunas zonas se ha observado altamente meteorizadas y muy fracturadas lo que permite mayor infiltración y retención de agua al terreno, originando inestabilidad en las laderas.
- Suelos inconsolidados, adosados al cerro, compuestos principalmente por fragmentos volcánicos angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.02 a 0.6 m, envueltos en matriz de arena media a gruesa con limos, producto de la meteorización de las tobas blanquecinas.

#### Factor geomorfológico y pendientes del terreno

- Presencia de colinas modeladas en rocas volcánicas, cuyas laderas presentan pendientes muy fuertes (25° a 45°) a muy escarpadas (>45°); lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

#### Factor hidrogeológico

- Presencia de canal de agua, el cual se encuentra a lo largo de la parte baja del sector noroeste del Cerro San Juan; la acción de las aguas de escorrentía provenientes de las partes más altas en épocas de lluvias, las cuales constantemente saturan los terrenos e inestabilizan las laderas.
- El tipo de fracturamiento que presenta roca, permite la infiltración de agua, por el grado de meteorización admite la retención de agua, lo cual genera un aumento de peso de la masa inestable. Sumado a la pendiente del terreno, se genera inestabilidad del terreno.

### 6.2. Factores detonantes o desencadenantes

- **PRECIPITACIONES:** Intensas y/o excepcionales, que se generan principalmente entre los meses de diciembre a abril, que en el último periodo 2016-2021 fue de aproximadamente 48.2 mm
- **SISMOS:** La ocurrencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

#### Factor antrópico:

- Corte de talud sin control, que ha generado inestabilidad, se aprecian bloques sueltos, los cuales pueden ceder fácilmente.

## 7. CONCLUSIONES

- 1) En el sector noroeste del Cerro San Juan, se tienen rocas sueltas que pueden ceder y generar procesos de caída de rocas, se tienen bloques de tobas con diámetro hasta 2m.
- 2) El nuevo asentamiento se ubica sobre una zona inestable, se tienen procesos de erosiones de ladera (cárcavas) las mismas que se pueden activar en temporada de lluvias.
- 3) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
  - Substrato rocoso compuesto por tobas blanquecinas el cual se encuentra muy fracturamiento y altamente meteorizado, que permiten mayor infiltración y retención de agua al terreno, originando inestabilidad sobre el terreno.
  - Presencia de suelos inconsolidados, que son de fácil remoción, estos se encuentran adosados a las laderas del cerro.
  - Laderas con pendientes muy fuertes (25°-45°) a muy escarpadas (>45°), que permite que el material inestable se desplace cuesta abajo.
- 4) El factor desencadenante para la ocurrencia de caídas de rocas y derrumbes en el sector noroeste del Cerro San Juan, se le atribuye a lluvias intensas y filtraciones de agua de la parte superior del área, que ayudan a humedecer el material de la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión, que conlleva a la inestabilidad del terreno.
- 5) Otro factor para la generación de caída de rocas, es corte de talud, que ha generado inestabilidad en la ladera.
- 6) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector, es considerado como **zona crítica** y de **peligro Alto** a la ocurrencia de caídas de rocas, derrumbes y flujos de detritos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

## 8. RECOMENDACIONES

- 1) Las autoridades competentes deben promover el asentamiento de las poblaciones en zonas seguras y salvaguardar la vida de los pobladores.
- 2) El nuevo asentamiento poblacional que se encuentra en las faldas del cerro San Juan **debe ser reubicado**, por encontrarse en una zona inestable, sujeto a caída de rocas, derrumbes y procesos de erosiones de ladera.
- 3) Desatar los bloques sueltos que se encuentran en el talud de la vía, para evitar accidentes o pérdidas humanas, estos trabajos deben de ser realizados por especialistas.
- 4) Prohibir, restringir y/o controlar la apertura de caminos de herradura, construcción de viviendas u otra actividad antrópica en la ladera del cerro, sin antes haber realizado un estudio previo de profesionales especialistas, que aseguren la estabilidad de la ladera.
- 5) Realizar charlas de sensibilización y concientización de los peligros geológicos a los que se encuentran expuestos las poblaciones aledañas al sector del Cerro San Juan, a fin de que estén preparados.



**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

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: [http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17\\_a.pdf](http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf)

Evans, S.G. y Hungr, O. (1993). The assessment of rock fall hazard at the base of talus slopes: Canadian Geotechnical Journal., V.30, p. 620-636

Fidel, L.; Zavala, B; Núñez, S. & Valenzuela, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 4. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29, 376 p., 19 mapas. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/263>.

Wilson, J.; Reyes, L.; Garayar, J. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-g y 19-i. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 60, 85 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/182>

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm).

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.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: Julio 2022). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

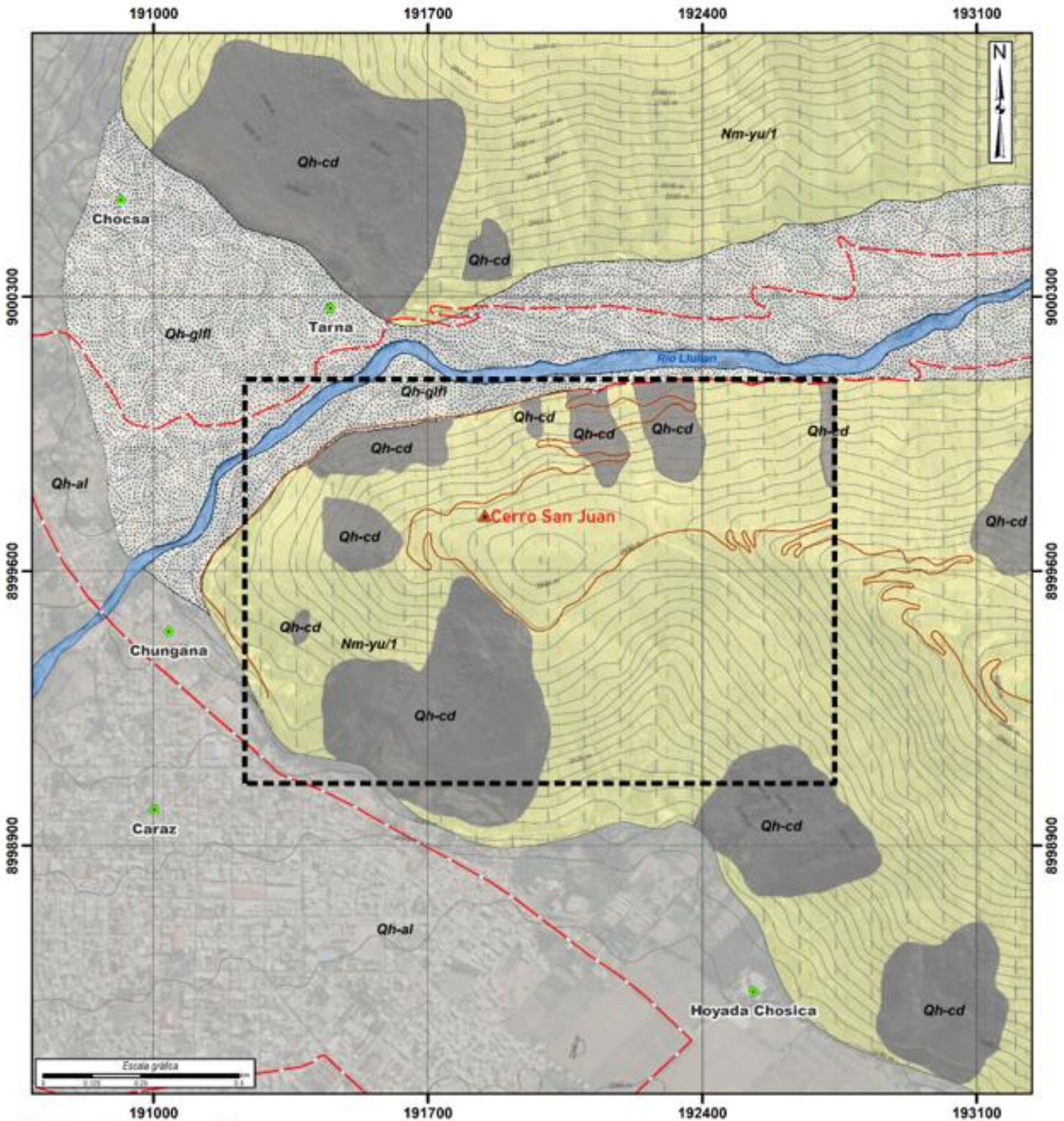
Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>.

Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

Davila, S., (2001)“Peligros geológicos por remoción de masa en el área de Incahuain y quebrada Cucush – valle del río Santa, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección General de Geología.



## **ANEXO 1: MAPAS**



LEYENDA		
Era	Serie	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Holoceno	Qh-al Depósito aluvial
		Qh-cd Depósito coluvio-deluvial
		Qh-glf Depósito glacio-fluvial
Plioceno		Nm-yu/1 Formación Yungay

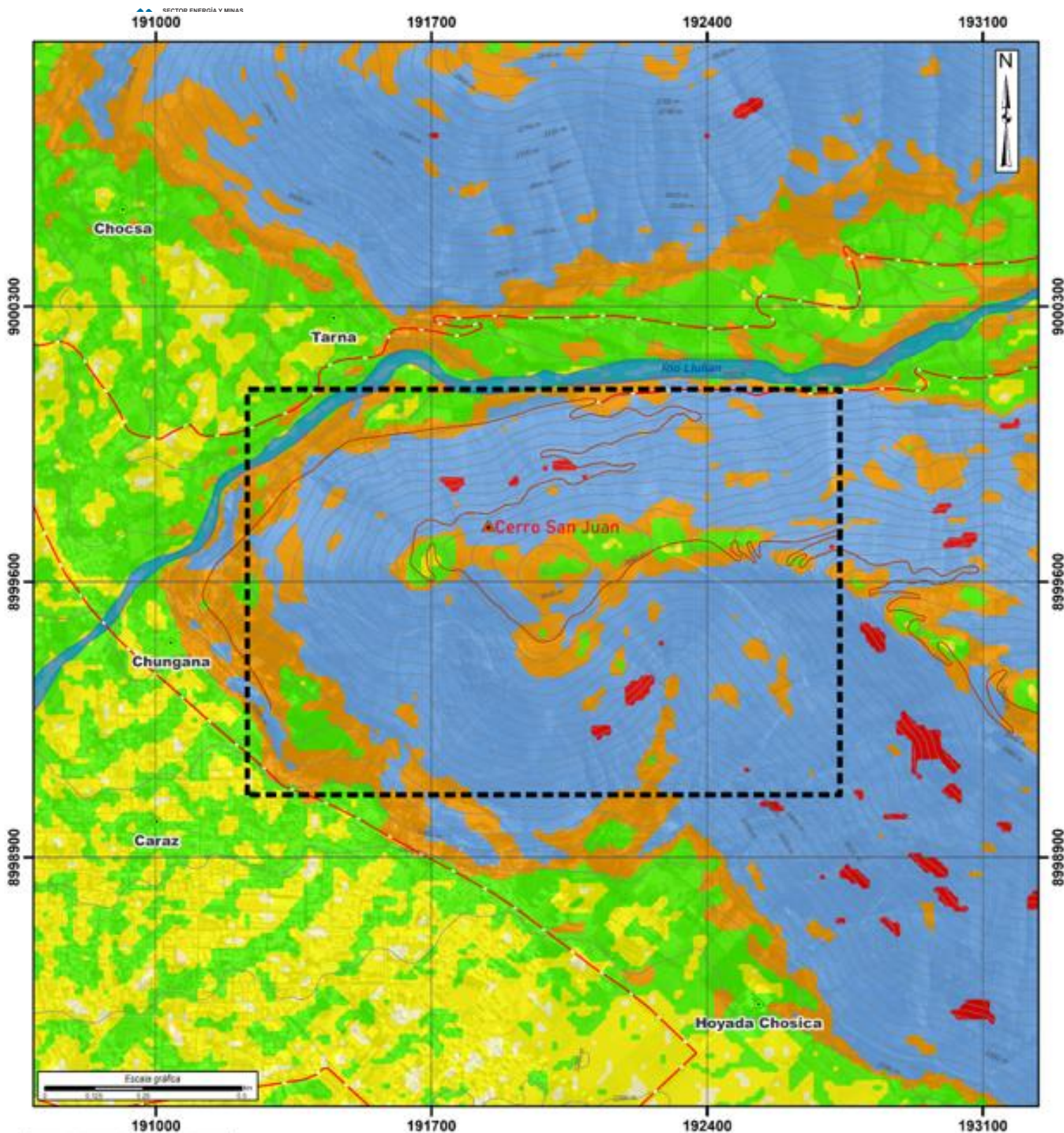
SIMBOLOGÍA	
	Cerro San Juan
	Centro poblado
	Via departamental
	Via local
	Curvas de nivel
	Área de estudio
	Rio Lullán

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: ANCASH  
 PROVINCIA: HUAYLAS  
 DISTRITO: CARAZ

**GEOLÓGIA DEL CERRO SAN JUAN Y ALREDEDORES**

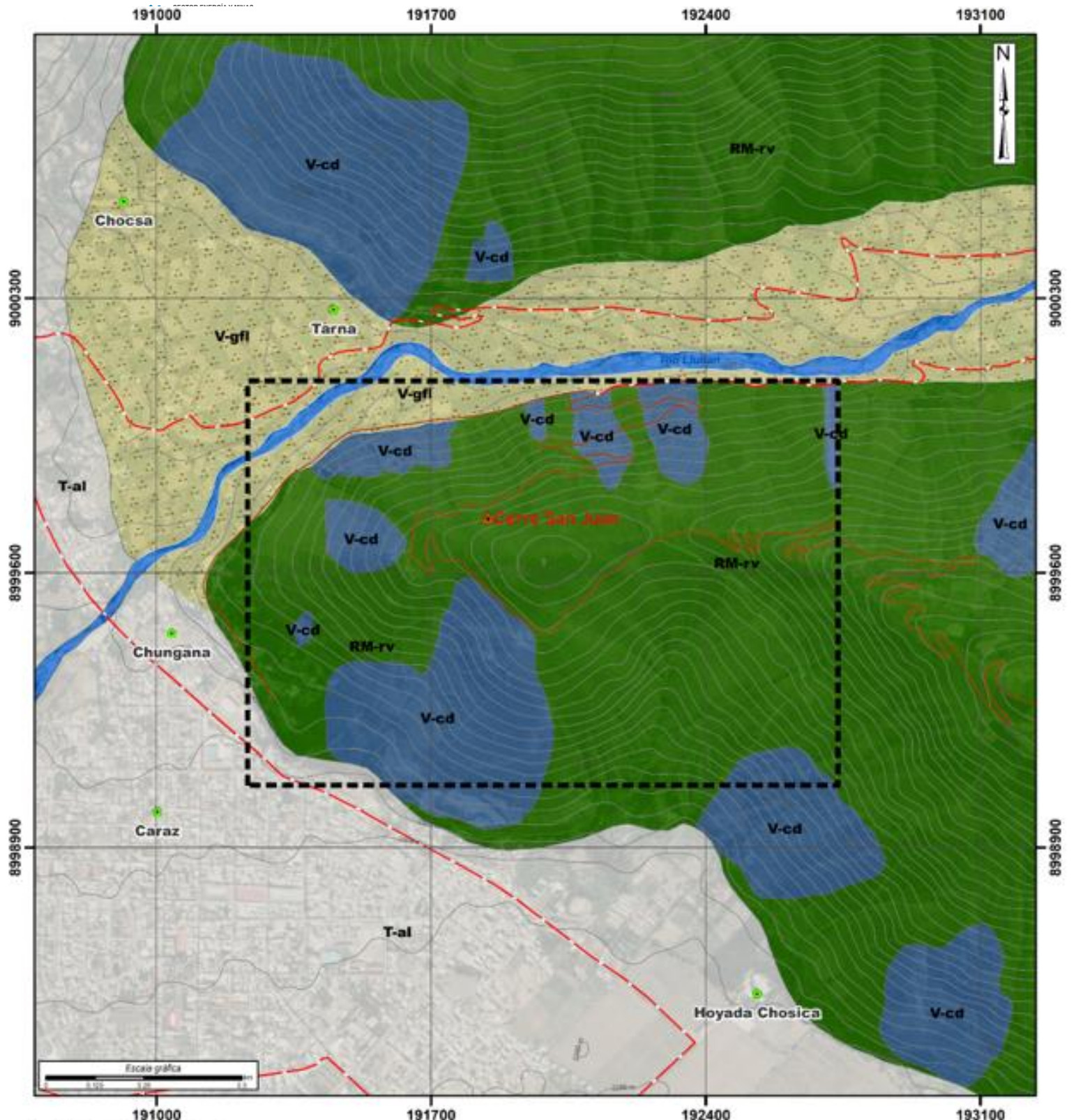
Escala: 1/13,000      Elaborado por: Sosa, N.      MAPA  
 Proyección: UTM Zona 18 Sur      Datum: WGS 84      **01**  
 Versión digital 2022      Impreso: Enero, 2023



RANGOS DE PENDIENTE	
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA	
	Cerro San Juan
	Centro poblado
	Via departamental
	Via local
	Curvas de nivel
	Área de estudio
	Rio Lluñan

 <b>DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</b>		
DEPARTAMENTO: ANCASH PROVINCIA: HUAYLAS DISTRITO: CARAZ		
<b>PENDIENTE DEL CERRO SAN JUAN Y ALREDEDORES</b>		
Escala: 1/13,000 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2022	Elaborado por: Sosa, N. Datum: WGS 84 Impreso: Enero, 2023	<b>MAPA</b> <b>02</b>



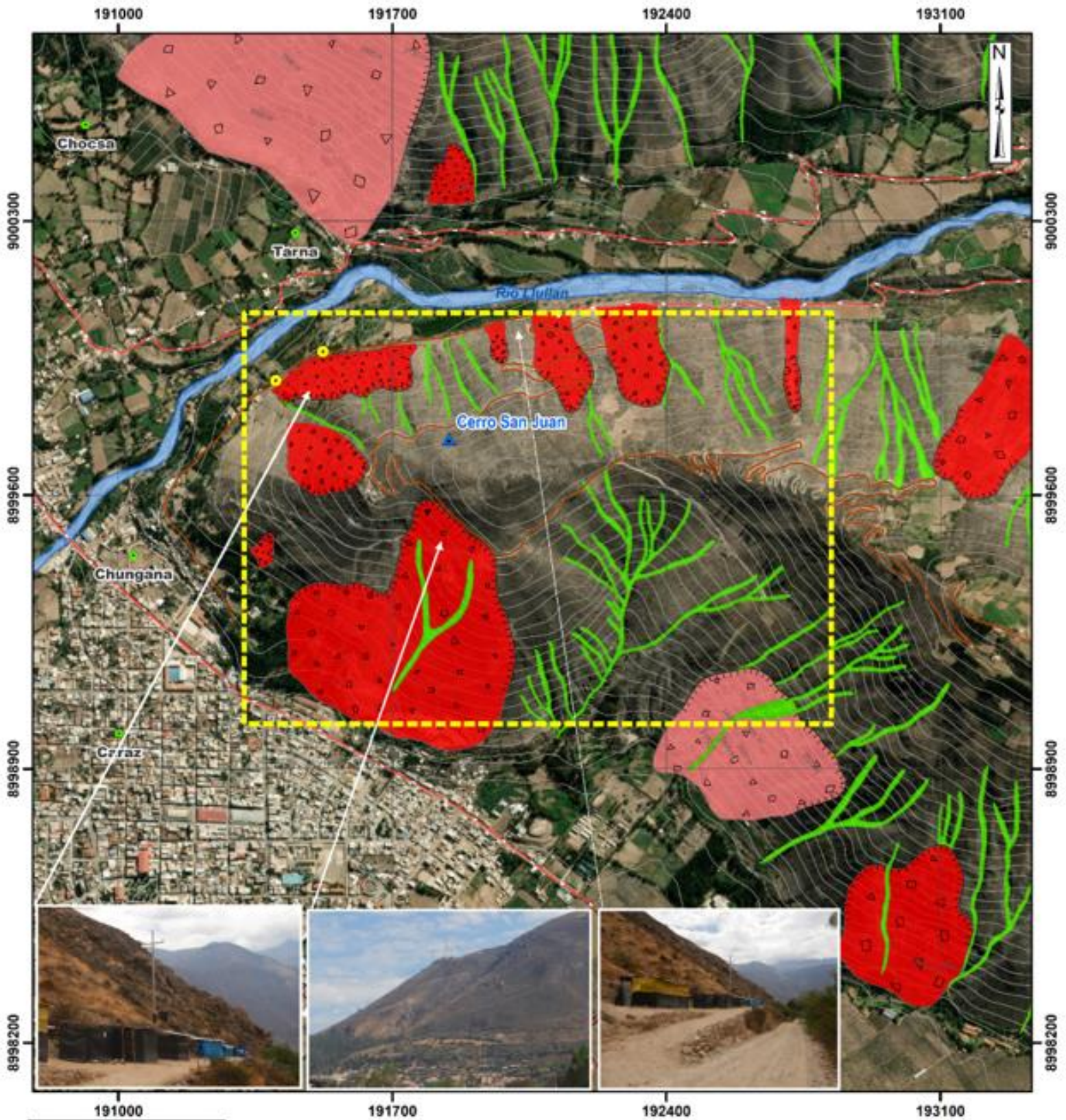
LEYENDA	
Código	Unidades geomorfológicas
RM-rv	Montaña en roca volcánica
V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
V-gfl	Vertiente glacio-fluvial
T-al	Terraza aluvial

SIMBOLOGÍA	
	Cerro San Juan
	Centro poblado
	Vía departamental
	Vía local
	Curvas de nivel
	Área de estudio
	Río Luján

  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**  
 DEPARTAMENTO: ANCASH  
 PROVINCIA: HUAYLAS  
 DISTRITO: CARAZ

**GEOMORFOLOGÍA DEL CERRO SAN JUAN Y ALREDEDORES**

Escala: 1/13,000	Elaborado por: Sosa, N.	<b>MAPA 03</b>
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2022	Impreso: Enero, 2023	



LEYENDA	
	Caida de rocas (activo)
	Caida de rocas (antiguo)
	Erosión de ladera
<b>Trama</b>	
	Desmoronamiento

SIMBOLOGIA	
	Cerro San Juan
	Centro poblado
	Vía departamental
	Vía local
	Curvas de nivel
	Área de estudio
	Río Lullan

 <b>INGEMMET</b> <small>INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO</small> <b>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</b>		
DEPARTAMENTO: ANCASH PROVINCIA: CARHUAZ DISTRITO: CARHUAZ		
<b>CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b>		
Escala: 1/13,000 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2022	Elaborado por: Sosa, N. Datum: WGS 84 Impreso: Enero, 2023	<b>MAPA</b> <b>04</b>

## **ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

## **A. Medidas de mitigación para caída de rocas y derrumbes.**

### **1) Uso de vegetación**

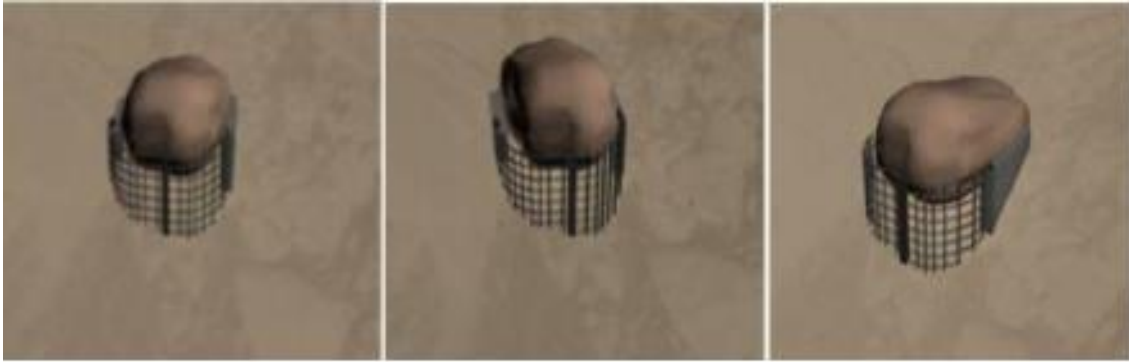
El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia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

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

### **2) Uso de barreras y mallas**

#### **a) Para bloques que sobresalen en el talud y no están sueltos**

- Construir un muro alrededor del bloque, con una altura que cubra hasta más de la mitad los bloques de mayor dimensión.
- La base del muro debe estar cimentada sobre roca fresca. Las varillas de fierro que se van a fijar al muro, deberán ser introducidas en el substrato hasta medio metro (llegar a roca fresca).
- Hacer un enmallado para la construcción de un muro, teniendo como base las varillas fijadas.
- Una vez terminado el enmallado del muro, se empieza a vaciar el concreto, hasta formar el muro con un ancho aproximado de 1 m.
- Una vez terminado el muro, se rellanará con concreto el espacio dejado entre el muro y el bloque, formando una cuña. Antes de comenzar estas actividades se debe reubicar y/o desocupar las viviendas, por fines preventivos, porque podría generarse un rodamiento de las rocas sueltas.



**Figura 1.** Se indica como quedaría el sostenimiento final.

b) Para bloques sueltos

- Desatar los bloques inestables de la ladera.
- Fragmentar los bloques inestables que tengan dimensiones menores a 1.50 m, en base al sistema de dilatación y contracción. Este proceso consiste en quemar la roca y una vez que alcance una alta temperatura (color rojo), agregar agua. Esto ocasionará una contracción muy violenta, dando como resultado su fragmentación.
- En la ladera con bloques inestables y con buena cobertura de suelo, se puede estabilizar de la siguiente manera: hacer una excavación en la parte inferior del bloque, con la finalidad que este pierda estabilidad y caiga hacia la parte excavada.
- Para fines de prevención, al momento de desatar los bloques sueltos, es muy probable que estos se desplacen cuesta abajo, por lo que es necesario poner en alerta a los pobladores de las viviendas ubicadas en la falda de la ladera.

Se recomienda la construcción de zanjas o vallas simples de contención o la ubicación de redes (malla galvanizada) para captar los bloques más pequeños que se desprendan de las laderas superiores a la zona de corte.

Además de lo anterior, es recomendable en este sector la ubicación de anclajes de refuerzo, gunita sistemática y muros de hormigón, de anclado en las zonas donde se observen procesos de desprendimientos de rocas activos.

Otro de los sistemas propuestos son: mallas ancladas, barreras dinámicas y red de anillos, utilizados en forma independiente o combinada, según las características de cada contra talud:

**Mallas ancladas:** es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos o que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero (figura 2). Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca.



Todos estos elementos poseen recubrimiento anticorrosivo salvo los elementos de anclaje (bulones intermedios, los anclajes superiores, tuerca y placas de anclaje).



**Figura 2.** Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.

Las mantas de malla ancladas pueden utilizarse para impedir el movimiento de bloques pequeños (menos de 0.6 a 1 m de diámetro) o masas subsuperficiales delgadas de roca. Sin embargo, en ocasiones las mallas ayudan a atenuar el movimiento de grandes bloques. En principio la malla anclada actúa como una membrana alrededor de la masa o bloque inestable; a su vez pueden ser reforzadas con cables, los cuales se amarran a los anclajes.

**Barreras dinámicas:** es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída de rocas, diseñado específicamente para interceptar y retener las rocas en un punto de su trayectoria de caída, disipando la energía cinética del movimiento a través de la deformación plástica de determinados elementos del sistema diseñados a tal efecto, y de la actuación elástica de elementos diseñados con determinados grados de libertad respecto del impacto recibido.

En ciertas situaciones de riesgo de caída de roca, puede que no sea práctico instalar una malla de protección contra cortinas o estabilización de la superficie debido a problemas técnicos, topográficos, de acceso o económicos. En estos casos a menudo se proporciona una solución rentable mediante la instalación de barreras dinámicas de caída de rocas en la cara de la pendiente. Las barreras dinámicas de protección contra desprendimientos se caracterizan por su capacidad de absorción de impactos. Por ello conforman un sistema muy eficaz y seguro para detener la caída de rocas y otras masas. Su configuración varía de acuerdo con la energía requerida en el impacto previsto (figura 3).



**Figura 3.** Ejemplo de barrera dinámica.

**Red de anillos:** es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída grande rocas, el que, actuando directamente sobre la zona afectada, permita fijar in situ los bloques rocosos inestables, conteniendo los mismos y por tanto eliminando el riesgo de desprendimientos. Está constituida por anillos de acero entrelazados entre sí, sin solución de continuidad y de elevada resistencia. Su configuración permite gran adaptabilidad a la morfología del talud en laderas irregulares. Los anillos trabajan en conjunto en la red, y por ello son ideales para soportar altas cargas e impactos de alta energía ya sea de forma concentrada y distribuida. La red es colocada con anclajes al terreno, conteniendo el macizo fracturado o con riesgo de desprendimiento, la resistencia de la red de anillos es muy elevada (figura 4).



**Figura 4.** Ejemplos de estabilización con red de anillos.