

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7189**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO DE RAMPAC CHICO

Departamento Áncash  
Provincia Carhuaz  
Distrito Carhuaz



NOVIEMBRE  
2021

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**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). - *Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Rampac Chico, departamento Ancash, provincia y distrito de Carhuaz*. Lima: Ingemmet, Informe técnico A7189, p

## INDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Objetivos del estudio .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Aspectos generales.....</b>	<b>4</b>
1.3.1. Ubicación .....	4
1.3.2. Accesibilidad.....	4
1.3.3. Clima .....	6
1.3.4. Zonificación Sísmica .....	7
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas .....</b>	<b>8</b>
2.1.1. Formación Chimú (Ki-ca) .....	8
2.1.2. Depósitos cuaternarios .....	8
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Pendientes del terreno.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Unidades geomorfológicas.....</b>	<b>11</b>
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	11
3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional.....	13
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Deslizamiento en el centro poblado de Rampac Chico .....</b>	<b>15</b>
Características visuales del evento.....	19
<b>4.2.1. Factores condicionantes.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.2. Factores detonantes o desencadenantes .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.3. Factores antrópicos .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.4. Daños por peligros geológicos .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3. Erosión de laderas en el centro poblado de Rampac Chico y alrededores .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3.1. Características visuales del evento .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3.3. Factores detonantes o desencadenantes.....</b>	<b>24</b>
<b>4.4. Caídas y derrumbes en los alrededores del centro poblado de Rampac Chico .....</b>	<b>24</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>29</b>

<b>ANEXO 1: MAPAS .....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO 2: GLOSARIO .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....</b>	<b>40</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, realizado en el centro poblado de Rampac Chico, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Carhuaz, provincia Carhuaz, departamento 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.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona y alrededores corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación Chimú, compuestas por areniscas cuarzosas de grano medio intercaladas con limoarcillitas de grano fino, muy fracturadas y altamente meteorizadas. De igual modo se observan por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales, constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos heterogéneos, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo arenoso-arcilloso, producto de los procesos de movimientos en masa activos.

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, configurando geoformas de Piedemonte (vertiente coluvio-deluvial) y Planicies (terrazza aluvial y abanico de piedemonte). Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa es la pendiente del terreno variable, que va de fuerte ( $15^\circ - 45^\circ$ ) a muy escarpado ( $>45^\circ$ ).

Los peligros geológicos y geohidrológicos identificados corresponden a los denominados movimiento en masa de tipo deslizamiento, erosión de ladera (cárcava), caída y derrumbes eventos que presentan una actividad geodinámica reciente. Estos procesos afectaron terrenos de cultivo de papa y maíz, en un área aproximada de 9 Ha, además de un canal de regadío de concreto y tuberías de agua potable. Así mismo, pone en riesgo un reservorio de agua y dos viviendas.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, el centro poblado de Rampac Chico, se considera con peligro **Muy Alto**, a la ocurrencia de deslizamientos y erosión de ladera, catalogándolo como Zona Crítica.

Estos movimientos en masa pueden ser detonados por lluvias intensas y/o prolongadas, filtraciones de agua al subsuelo 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 los daños que pueden ocasionar los diferentes peligros 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 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 Provincial de Carhuaz, según Oficio N° 189-2021-MPC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación del evento de tipo deslizamiento reciente ocurrido el día martes, 20 de abril de 2021 que afectó zonas agrícolas, canal de regadío de concreto (en dos tramos), tuberías de agua potable y además podría comprometer un reservorio de agua y dos viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a el Ing. Norma Sosa Senticala y el Geol. Mauricio Núñez Peredo, realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado y la cual se realizó el día 20 de julio del presente año en coordinación con representantes de la Unidad de Defensa Civil y Seguridad Ciudadana de la Municipalidad Provincial de Carhuaz.

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 en consideración de la Municipalidad Provincial de Carhuaz 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 ocurridos en el centro poblado de Rampac Chico, eventos que comprometen la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida en la zona de influencia del evento.
- 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 sirven de referencia, tales como 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” (2009). En él se contiene el inventario de peligros geológicos en la región Ancash, en el cual se registra un total de 2 129 ocurrencias.

Así mismo, de acuerdo con el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, se evidencia que el centro poblado de Rampac Chico se encuentran en **zonas de susceptibilidad muy alta**, (figura 1).

Dentro del Boletín, específicamente en el Anexo 4: Cronología y relato histórico de desastres por movimientos en masa, sismos e inundaciones producidos en la región, describe la ocurrencia del deslizamiento del pueblo de Rampac Chico, comenzó a deslizarse a las 4 de la mañana, desapareciendo 99 casas, su capilla y dos tercios de su población de 600 habitantes. Se originó por filtraciones de agua de una laguna ubicada en la falda del cerro que le servía de fuente.

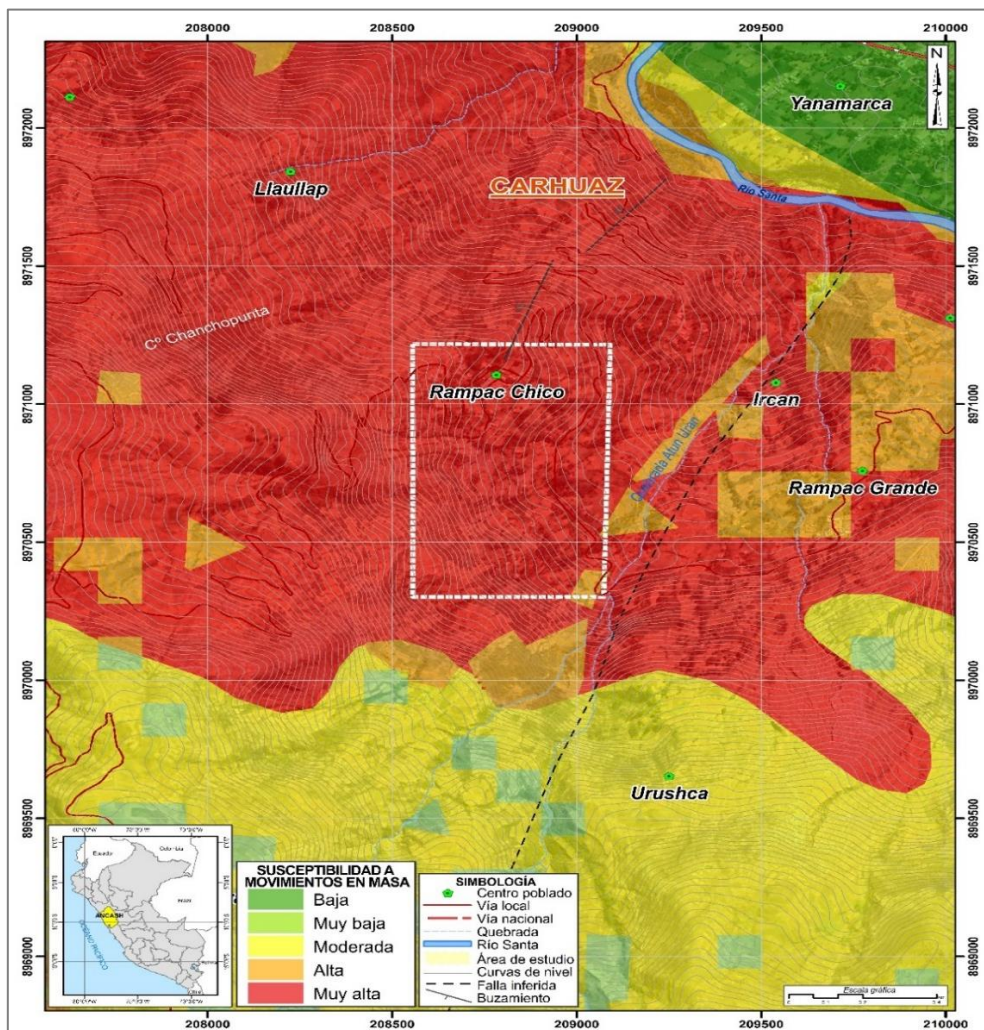


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del centro poblado de Rampac Chico y alrededores.

- B) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000 (De la Cruz & Chacaltana, 2003). Este estudio fue realizado dentro del Proyecto de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional, el cual contempla la descripción actualizada de la Formación Chimú del Grupo Goyllarisquizga, en forma detallada.
- C) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (1995). En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores que corresponde principalmente a rocas sedimentarias de la Formación Chimú del Grupo Goyllarisquizga.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El centro poblado de Rampac Chico, políticamente pertenece al distrito y provincia de Carhuaz, departamento de Ancash (figura 2), el cual se encuentra ubicado en 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	209097.42	8971215.67	-9.29	-77.64
2	209097.42	8970298.09	-9.30	-77.64
3	208551.32	8970298.09	-9.30	-77.65
4	208551.32	8971215.67	-9.29	-77.65
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	208698.98	8970550.50	-9.30	-77.65

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada del centro poblado de Rampac Chico es de 151 habitantes, distribuidos en un total de 50 viviendas, de las cuales 49 se encuentran ocupadas y 1 desocupada.

#### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), hasta el centro poblado de Rampac Chico (Ancash), 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 – Carhuaz	Asfaltada	33.5	0 horas 45 min
Carhuaz – Rampac Chico	Afirmada	7.1	0 horas 25 min



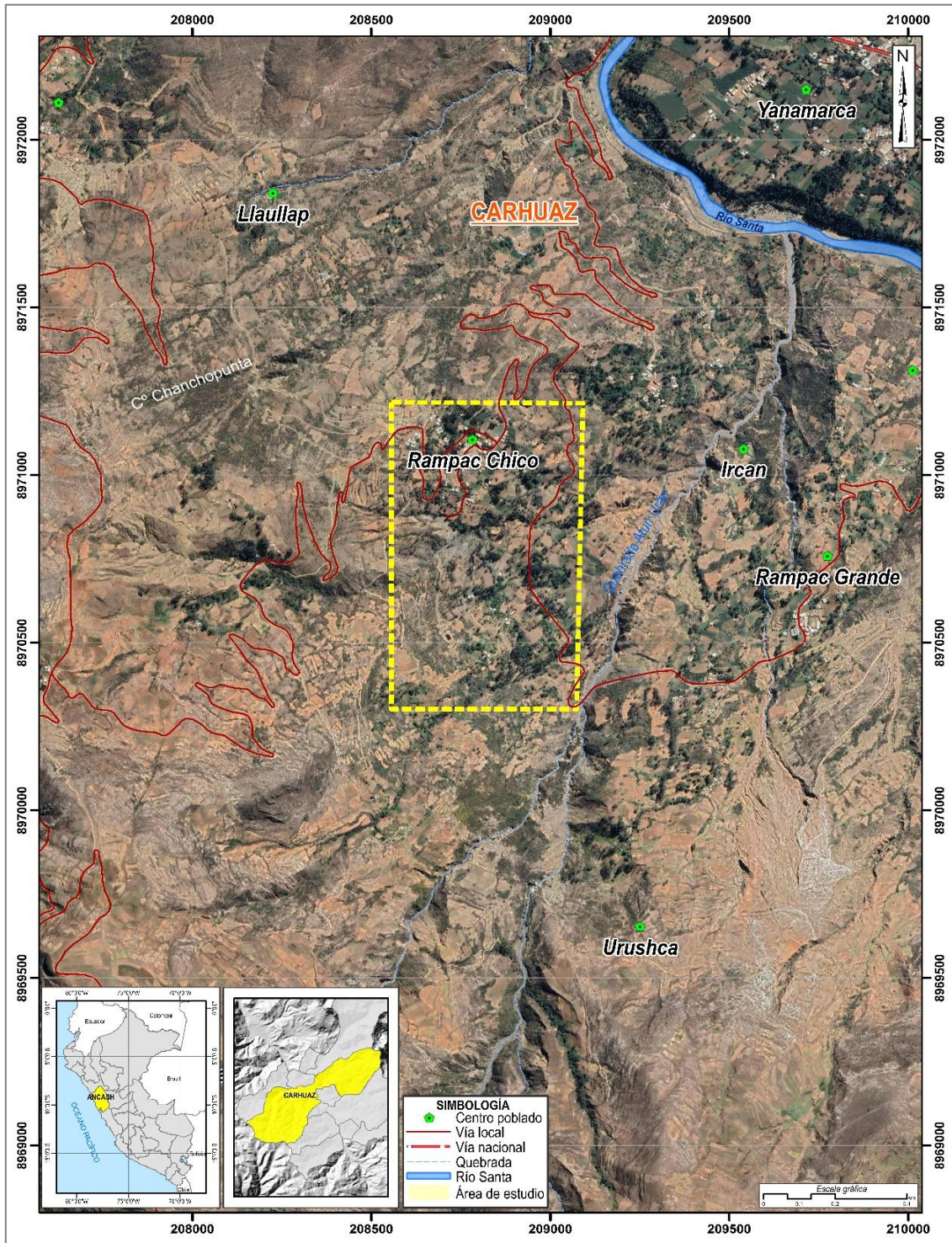


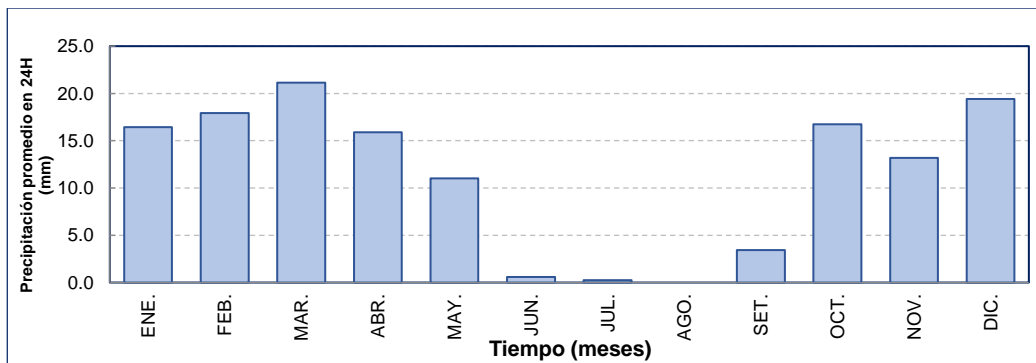
Figura 2: Ubicación del centro poblado de Rampac Chico y alrededores.

### 1.3.3. Clima

El clima en el distrito de Carhuaz es muy variado, caracterizado especialmente por tener un clima templado y seco en el día y tornándose frío en las noches.

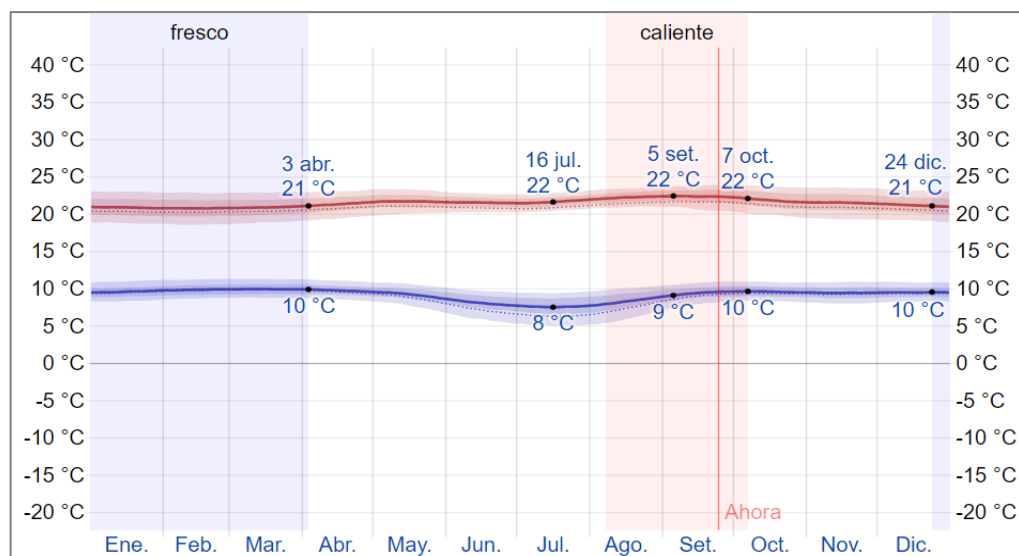
Localmente, de acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el centro poblado de Rampac Chico y alrededores está influenciada por un clima semicálido-semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa del 65% a 84%. Calificada 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 4 años (periodo 2017-2020), es de 22.6 mm. Las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo, (figura 3).



**Figura 3.** Precipitación promedio anual (periodo 2017-2020), distribuidas a lo largo del año para la estación Yungay. **Fuente:** SENAMHI.

La temperatura máxima anual oscila entre máxima de 22°C en verano y mínima de 8°C en invierno (figura 4).



**Figura 4.** Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Carhuaz. **Fuente:** Weather Spark, 2021.

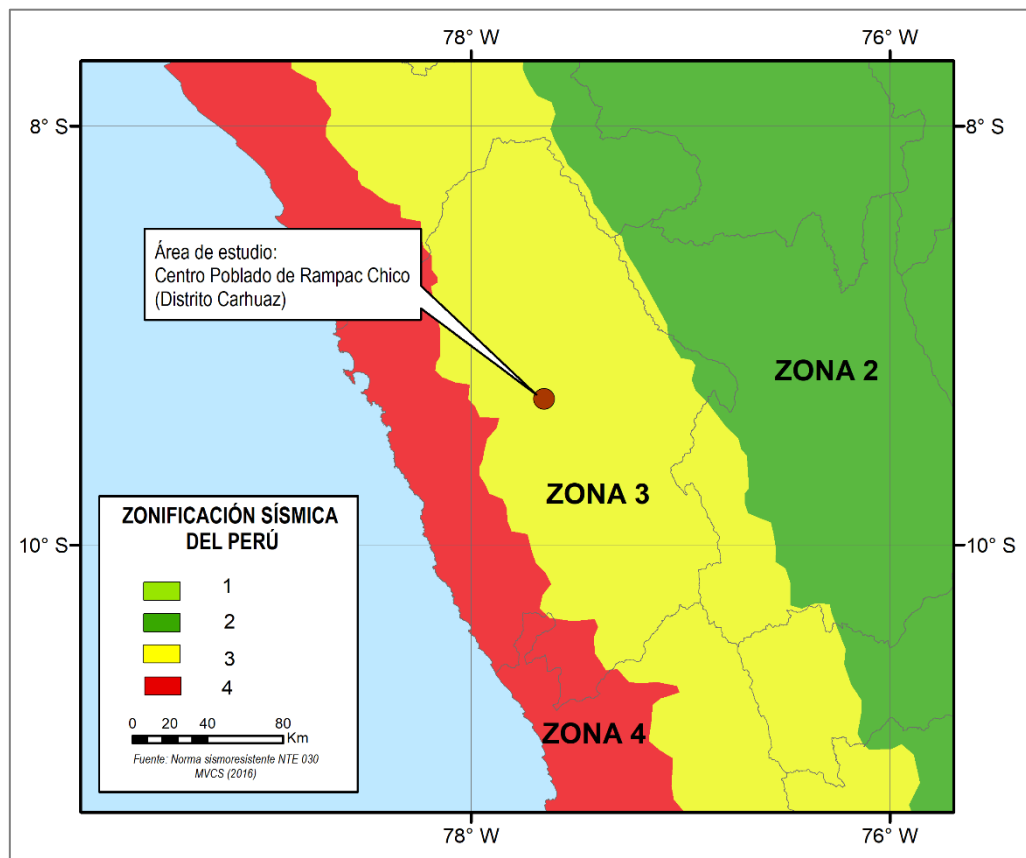
### 1.3.4. Zonificación Sísmica

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 5. 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).

Según dicho mapa, 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.

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

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10



**Figura 5.** Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Carhuaz, 19h-II, 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); 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 son principalmente de origen sedimentario de la Formación Chimú del Grupo Goyllarisquizga, así como depósitos recientes coluvio-deluviales, aluviales y fluviales. (anexo 1 – mapa 01).

### 2.1.1. Formación Chimú (Ki-ca)

La Formación Chimú del Grupo Goyllarisquizga, se encuentra conformada por areniscas cuarzosas de color blanco-grisáceo y de grano medio, intercaladas con limoarcillitas de color gris oscuro y de grano fino.

Geomecánicamente, estas rocas se encuentran muy fracturadas, con espaciamentos muy próximas entre sí (0.05 a 0.30 m) y aberturas algo abiertas (0.1-1.0 mm) F3. Además, se encuentran altamente meteorizadas A4, es decir más de 50% esta desintegrada a suelo, (figura 6).



**Figura 6.** Sustrato rocoso conformado por la intercalación de areniscas cuarzosas y limoarcillitas. Estas rocas se presentan muy fracturas y altamente meteorizadas.

### 2.1.2. Depósitos cuaternarios

### **Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd):**

Depósito constituido por bloques de gravas, guijarros con clastos de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo arenoso-arcilloso, acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros que han sufrido transporte, (figura 7).



**Figura 7.** Depósitos coluvio deluvial formado por fragmentos de roca angulosos de tamaño variable envueltos en una matriz limoarcilloso.

### **Depósito aluvial (Q-al):**

Conformados por depósitos de gravas y arenas redondeados a subredondeados; transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son de edad Cuaternario.

### **Depósito fluvial (Q-fl):**

Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimososa. Se le puede apreciar en el curso principal del río Santa, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son del Cuaternario.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

En el anexo 1 – mapa 2, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS).

Del cual se puede determinar que el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendiente van desde la conformación de terrenos llanos (0°-1°), pasan de inclinación suave (1°-5°) a pendiente moderada (5°-15°), conformando una amplia depresión de dirección norte sur, originada por la erosión fluvial y la actividad geodinámica. Así mismo se observa un cambio abrupto a terrenos de pendientes fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°) hasta llegar a terrenos muy escarpados (>45°), los cuales corresponde laderas de montañas, resultantes de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

En promedio, la pendiente del sector evaluado se encuentra en una ladera cuyos rangos varían entre fuerte (15°-25°) a muy escarpado (>45°). Este rango de pendiente es el resultado de la erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el siguiente cuadro 4:

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

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	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 fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y planicies.
5°a 15°	Moderado	Laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujos de detritos. En este rango se generó el deslizamiento.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies. En este rango se ubica parte del sector de Rampac Chico.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas sedimentarias, así como terrazas aluviales, que forman acantilados, vertientes de los valles.
>45°	Muy escarpado	Distribución a lo largo de laderas, cumbres de colinas y montañas sedimentarias, así como acantilados a la quebrada Atun Uran, donde se generaron la mayor cantidad de deslizamientos.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2. 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 a la erosión, denudación y sedimentación. (Vilchez, M., et al, 2019).

En la zona evaluada y alrededores se observan las siguientes unidades y subunidades geomorfológicas :

#### 3.2.1. Geoformas 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 (Villota, 2005). Así en el área evaluada se tienen:

##### 3.1.2.1. 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.

##### a) Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):

Estas subunidades 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, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas.

El área evaluada corresponde a montañas en afloramientos de rocas sedimentarias de la Formación Chimú: sus relieves se encuentran asociados a procesos dominantes de erosión de ladera, caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos. Se distribuyen en forma adyacente a las zonas de fuerte pendiente y se ubican al oeste de la quebrada Atum Uran. (figuras 8 y 9)



**Figura 8.** Vista con dirección al noroeste de la unidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs) de la Formación Chimú, ubicada entre las coordenadas UTM 8970358 N, 208691 E con una altitud de 3078 m s.n.m.



**Figura 9.** Vista de la unidad de montañas en rocas sedimentarias de la Formación Inca, Chúlec, Pariatambo en la parte alta y la Formación Chimú en la parte baja.



### 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

Esta unidad son resultado de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados:

##### a) Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material al pie de laderas, depositados por flujos de agua que lavan materiales sueltos de las laderas). Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles (figura 10). Se pueden asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos y flujos de detritos.



**Figura 10.** Vista de subunidad vertiente coluvio – deluvial, en la margen izquierda de la quebrada Atun Uran.

### 3.2.2.2. Unidad de Planicie

Están asociados a depósitos aluviales, fluviales, fluvio-glaciares, marinos y eólicos, limitados en muchos casos por depósitos de piedemontes y laderas de montañas o colinas en afloramientos rocosos. Se identificó las siguientes subunidades:

#### a) Subunidad de terraza aluvial (T-a)

Son porciones de terreno que se encuentren dispuestas a los costados de la quebrada Atun Uran, que desemboca en el 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.

#### b) Subunidad Abanico de piedemonte (Ab)

Es una forma del relieve depositacional originado en la base o pie de un frente montañoso, asociada a la descarga de sedimentos de un curso de agua (río o quebrada), drena desde un área topográficamente elevada a un área baja y plana adyacente. Esta subunidad se encuentra al pie de la quebrada Atun Uran.

## 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.

Este movimiento 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 “**desencadenante**” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores se presentan en el anexo 1 – mapa 4

### 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

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 0.45 y 0.03 cm por pixel, respectivamente.

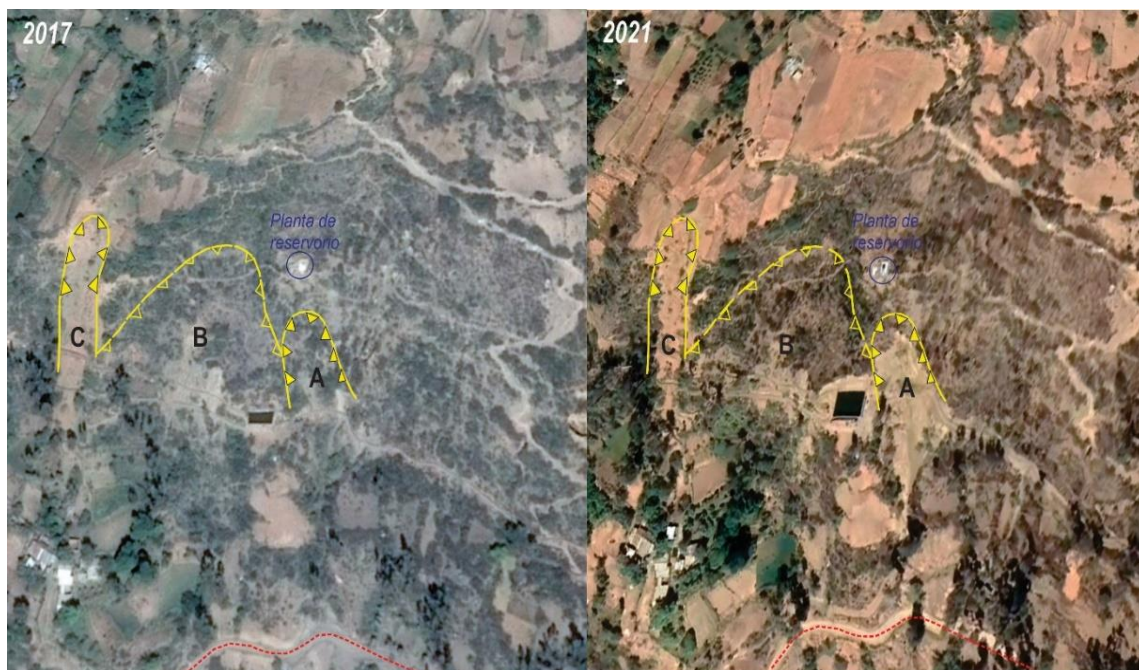
Esta información se complementó con el análisis de imágenes de satélite. En la zona de estudio se han identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

#### 4.2. Deslizamiento en el centro poblado de Rampac Chico

El área de estudio es parte de tres deslizamientos; dos activos y un antiguo los cuales se ubican al suroeste de la plaza del centro poblado de Rampac Chico, (figura 10) y detallados a continuación:

**Cuadro 5.** Ubicación de los deslizamientos identificados.

Código	ESTADO (deslizamiento)	COORDENADAS UTM		
		Norte	Este	Cota
A	Deslizamiento activo	8970546	208694	3067
B	Deslizamiento antiguo	8970492	208720	3068
C	Deslizamiento activo	8970404	208745	3071



**Figura 10.** Imágenes de Google Earth de fechas 2017 y 2021, donde se ha identificado y delimitado 3 deslizamientos: A, el cual se reactivó en abril de este año; B, deslizamiento que estuvo generando desde el 2009 y C, evento activo hasta la fecha.

- a) **Deslizamiento activo (A):** Este deslizamiento se generó el 20 de abril del 2021, se ubicado a 24 m de la planta de agua potable, que abastece a parte del distrito que se ubica en la margen izquierda del Río Santa. El evento tiene una escarpa principal de 62 m de longitud (figura 11), con salto aproximado de 2.5 m y una distancia entre la escarpa y el pie de 34 m.

Este evento afectó 46 m canal de regadío de concreto, 40 m del camino de herradura, y podría afectar nuevamente el reservorio ubicado al pie del deslizamiento (ubicado en las coordenadas UTM 8970519 N, 208706 E, Altitud:

3068 m s.n.m), construido el 2015, además de 4 viviendas también ubicadas a 155 m y tubería del agua potable ubicado al pie de la escarpa del deslizamiento.

- b) **Deslizamiento antiguo (B):** Se identificó un deslizamiento antiguo cubierto de cobertura vegetal en algunos sectores. Presenta una escarpa principal de 128 m de longitud (fotografía 1), un salto aproximado de 1m y una distancia entre la escarpa y el pie de 76 m. este evento se inició el 2009, según información de los pobladores.

Al noreste del deslizamiento (exactamente a 68 m), se ubican 7 viviendas, las que están expuestas a una reactivación, este evento afecto cultivos de maíz, papa y alfalfa hace unos 8 años atrás.

- c) **Deslizamiento activo (C):** Según lo reportado por los pobladores, este deslizamiento se habría generado el año 2004 y el cual se reactiva en temporadas de lluvia, generando gran preocupación en la población ubicada metros abajo. Tiene una escarpa principal de 42 m de longitud (figura 13), con un salto aproximado de 3 m y una distancia entre la escarpa y el pie de 72 m. Dentro de este evento se identificó emanación de agua subterránea permanente que discurre por gravedad en dirección de una vivienda a 154 m exactamente.

Este evento afectó 30 m del camino de herradura, así como cultivos de cebada, papa y alfalfa. En temporadas de lluvias este sector es intransitable, este evento se generó en 1991 y se reactivó en abril del 2021 al mismo tiempo que se generó el deslizamiento (A) según indicaciones de los pobladores de la zona.

Dentro del cuerpo del deslizamiento se identificó surgencia de aguas subterráneas, según informan los pobladores esta cada cierto tiempo se pierde y vuelve a emanar agua, las mismas que se encuentran entre las coordenadas UTM 8470384 N, 208702 N, con una altitud de 3071 m s,n,m.



**Figura 11.** Vista con dirección al suroeste desde el río Santa, donde se puede observar el deslizamiento de tipo rotacional (A) reactivado el 20 de abril del presente año.



**Figura 12.** a) Reservorio y tubería afectados con el material desplazado; b) Alcantarilla cubierta por el material del deslizamiento; c) Canal de riego de concreto afectado, se realizó la limpieza, posterior a la ocurrencia de deslizamiento, actualmente en uso.



**Fotografía 1.** Vista del cuerpo del deslizamiento antiguo, en donde se aprecia un canal de concreto de regadío, por donde discurre agua todo el año.



**Figura 13.** Vista del deslizamiento activo (C) que afecta un camino de herradura, en un tramo de 30 m.

En otro sector del centro poblado de Rampac Chico, el cual se ubica al sureste de la plaza del centro en mención, se identificaron agrietamientos longitudinales de hasta 45 m. con aberturas entre 0.5 a 0.25 cm y profundidades de hasta 1.7m. (figura 14). Estos agrietamientos se ubican en las coordenadas UTM 8970924 N, 208808 E, altitud de 2985 m s.n.m y las cuales afectan a cultivos de maíz en un área aproximada de 86,616.8544 m<sup>2</sup>.

Los agrietamientos también afectaron tuberías de agua potable, es por esta razón que los pobladores sellan cada cierto tiempo (figura 15), cabe mencionar que en este sector ya repusieron en tres oportunidades. Metros abajo se identificó más agrietamientos con dirección suroeste que están afectando cultivos de maíz como se muestra en la figura 16.

En la trocha carrozable que permite el ingreso al centro poblado de Rampa Chico, se identificaron 3 viviendas con agrietamientos que alcanzan 0.15 m de abertura y hasta 2 m de longitud, (figura 17). Así mismo se identificó una vivienda colapsada producto de agrietamientos, la cual se encuentra deshabitada por temas de seguridad, ubicadas entre las coordenadas UTM 8971033N, 208874 E con una altitud de 2972 m s.n.m, (figura 18).

Cabe mencionar que este sector no cuenta con un canal o cuneta que permita el desplazamiento de aguas vertidas por los mismos pobladores, las viviendas presentan húmedas productor de que los cultivos se encuentran a menos de 2 m, que está generando humedad

### **Características visuales del evento**

Los deslizamientos, presenta las siguientes características y dimensiones:

#### **Deslizamiento activo (A)**

- Es reciente
- Tipo rotacional.
- Escarpa principal de forma semicircular.
- Superficie de rotura: Irregular y alargada.
- Longitud de escarpa principal: 62 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 34 m.
- Salto de escarpa principal: 2.5 m.
- Presenta pendiente Muy escarpado (>45°).

#### **Deslizamiento antiguo (B)**

- Es antiguo
- Tipo rotacional.
- Escarpa principal de forma elongada.
- Longitud de escarpa principal: 128 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 76 m.
- Salto de escarpa principal: 1 m.
- Presenta pendiente muy fuerte (25° a 45°).

#### **Deslizamiento activo (C)**

- Tipo rotacional
- Escarpa principal de forma semicircular
- Longitud de escarpa: 42 m
- Desnivel entre escarpa y pie: 72 m
- Salto de escarpa principal: 3 m

#### **4.2.1. Factores condicionantes**

- Pendiente pronunciada de la ladera, de fuerte ( $15^\circ$  a  $15^\circ$ ) a muy escarpado ( $>45^\circ$ ).
- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria), en esta unidad se observa mayor frecuencia la erosión de laderas y presencia de movimientos en masa.
- Litología conformada por areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas, muy fracturadas y altamente meteorizadas.

#### **4.2.2. Factores detonantes o desencadenantes**

- PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales de 22.6 mm entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y los desestabilizan.
- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), la región Ancash se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a una sismicidad alta.
- AGUAS SUBTERRANEAS: Se encuentra bajo la superficie de la tierra ocupando el espacio entre las partículas del suelo o entre las superficies rocosas, ubicada en el deslizamiento activo (C), ubicado entre las coordenadas UTM 8470384 N, 208702 N, con una altitud de 3071 m s,n,m..

#### **4.2.3. Factores antrópicos**

- Canales de riego sin revestimiento, por donde discurre el agua permanentemente; lo que podría estar generando la saturación de terreno.

#### **4.2.4. Daños por peligros geológicos**

Los deslizamientos generaron y podría generar los siguientes daños:

##### Deslizamiento A:

- Afectó el reservorio (01), el mismo que actualmente se encuentra en uso
- Afectó 46 m de canal de regadío
- Afectó 22 m de tubería de agua potable
- Afectó 40 m de camino de herradura
- Podría afectar 01 planta de agua potable
- Podría afectar (04) viviendas

##### Deslizamiento B:



- Podría afectar (07) viviendas
- Afectó cultivos de maíz, papa y alfalfa hace unos 8 años atrás

Deslizamiento C:

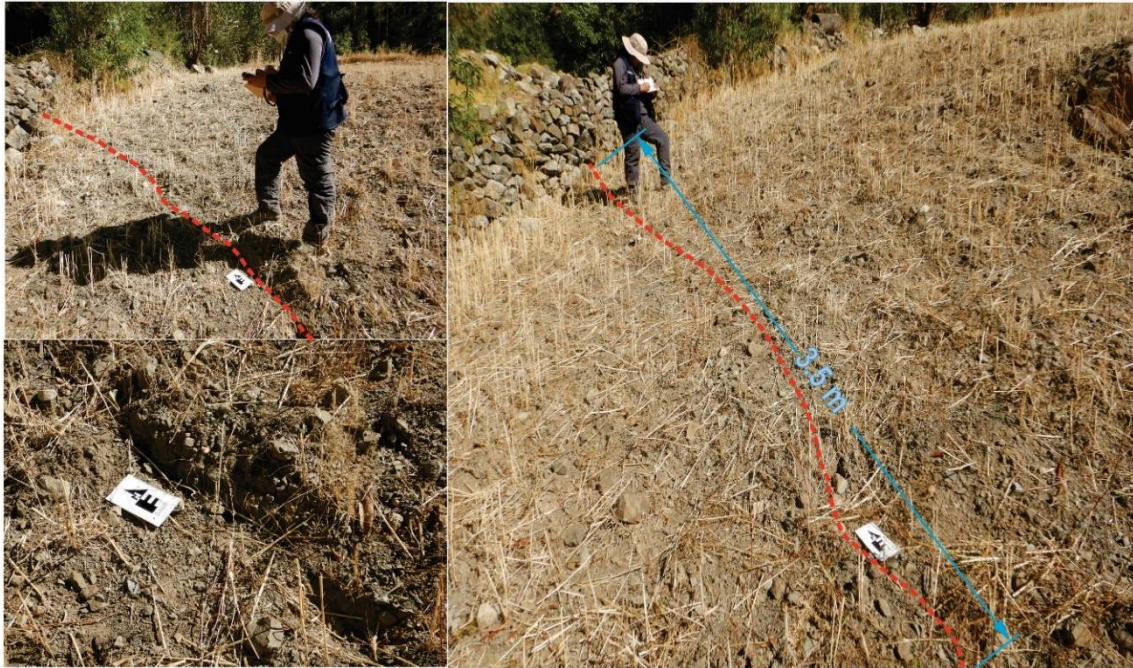
- Afectó (30 m) de camino de herradura.
- Afectó y podría afectar cultivos de cebada, papa y alfalfa.



**Figura 14.** Agrietamientos con aberturas de 0.25 cm en terrenos de cultivos, los cuales se encuentran delimitadas con líneas punteadas de color amarillo.



**Figura 15.** Vista donde se observa una tubería de agua potable, la misma que fue repuesta en dos oportunidades, producto de la presencia de agrietamientos.



**Figura 16.** Presencia de grietas que están afectando cultivos de cebada, presenta aperturas 0.2 a 0.7 cm, profundidades visibles de hasta a 0.5 cm, con longitudes de 3.5 m.



**Figura 17.** En las imágenes es posible observar los agrietamientos en las paredes de adobe de algunas viviendas de un sector del centro poblado de Rampac Chico.



**Figura 18.** Fotografías que muestran el colapso de parte de una vivienda, la cual inició con la presencia de agrietamientos.

#### **4.3. Erosión de laderas en el centro poblado de Rampac Chico y alrededores**

Se identificó en algunos sectores procesos de erosión de laderas dentro y fuera del perímetro del centro poblado de Rampac Chico, Se presenta como procesos de poco recorrido, por donde se concentra la precipitación y la escorrentía removiendo clastos y material fino del substrato rocoso.

Estas características son evidencias de que la zona estuvo sujeta a periodos de lluvias extremas a lo largo del tiempo, por lo que se puede presumir que se seguirán produciendo estos episodios de lluvias extremas en el futuro, con la consecuente continuidad de los procesos de erosión de laderas y la generación de flujos cuyo avance va en dirección del río Santa.

El proceso de erosión en cárcavas, se están originando sobre secuencias sedimentarias de la Formación Chimú.

##### **4.3.1. Características visuales del evento**

- Tipo: Cárcavas.
- Estado evolutivo: Maduro/inicial.
- Longitudes: de hasta 80 m.
- Profundidad: 0.40 cm, 10 m a más.
- Uso de terreno: cultivos.
- La pendiente varía entre fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).
- Área aproximada 102708 m<sup>2</sup>

#### 4.3.2. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera, de fuerte (15° a 15°) a muy escarpado (>45°).
- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria).
- Litología conformada por areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas, muy fracturadas y altamente meteorizadas.

#### 4.3.3. Factores detonantes o desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales de 22.6 mm entre los meses de diciembre a marzo, que saturan los terrenos y los desestabilizan.
- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), la región Ancash se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a una sismicidad alta.
- AGUAS SUBTERRANEAS: Se encuentra bajo la superficie de la tierra ocupando el espacio entre las partículas del suelo o entre las superficies rocosas.

#### 4.3.4. Factores antrópicos

- Canales de riego sin revestimiento, por donde discurre el agua permanentemente; lo que podría estar generando la saturación de terreno.

#### 4.4. Caídas y derrumbes en los alrededores del centro poblado de Rampac Chico

**Caída:** Este evento se registró el 2009, ubicada al noroeste de la plaza del centro poblado; entre las coordenadas UTM 207727 N, 8971047 E con una altitud de 3420 m s.n.m, específicamente en el cerro Chanchopunta, la misma que fue inventariada con el código 8961, como parte del Estudio de Riesgos Geológicos en las Región Ancash.

Evento que afectaba 200 m. del camino rural. Posee las siguientes dimensiones: Longitud de escarpa 60 m, con una distancia entre la escarpa y pie de 250 m cuyo depósito corresponde al desplazamiento de bloques de hasta 1m.

**Derrumbes:** Se identificaron derrumbes al sur y sureste del centro poblado; uno de los más resaltantes se encuentra, El derrumbe presenta una longitud de escarpa 87 m, con una distancia entre la escarpa y pie 155 m, el material se está depositando en medio de la quebrada; esta se ubica en las coordenadas UTM 8969987 N, 208814 E, con una altitud de 3285 m s.n.m



**Figura 19.** Vista con dirección al noroeste donde se observa derrumbes.

#### **4.4.1. Características visuales del evento**

- Tipo de rotura: Vuelvo.
- Zona de arranque: Ladera.
- Forma de zona de arranque: Irregular, discontinua.
- Características del depósito: Bloques aislados.
- Alcance máximo 250m.
- Arranque: Talud rocoso fracturado compuesto principalmente de rocas sedimentarias.

#### **4.4.2. Factores condicionantes**

- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria), en esta unidad se observa mayor frecuencia la erosión de laderas y presencia de movimientos en masa.
- Litología conformada por areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas, muy fracturadas y altamente meteorizadas.
- Pendiente pronunciada de la ladera, de fuerte ( $15^\circ$  a  $15^\circ$ ) a muy escarpado ( $>45^\circ$ ).

## 5. CONCLUSIONES

- 1) En el centro poblado Rampac Chico y alrededores, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe, así como erosión de laderas (cárcavas). El deslizamiento reciente (A) se generó el 20 de abril del presente año, un deslizamiento de tipo rotacional, que presenta una escarpa principal de 62 m de longitud, con salto aproximado de 2.5 m y un desnivel entre la escarpa y el pie de 34 m; el cual afectó un reservorio, 46 m del canal de regadío, 22 m de tubería, 40 m de camino de herradura; y podría afectar la planta de agua potable y 04 viviendas.
- 2) El deslizamiento antiguo (B) tiene una escarpa principal de 128 m de longitud, un salto aproximado de 1m y una distancia entre la escarpa y el pie de 76 m. este evento se inició el 2009, este evento afecto cultivos de maíz, papa y alfalfa hace unos 8 años atrás y podría afectar a 7 viviendas que se ubican a 68 m del evento.
- 3) En el deslizamiento activo (C) es de tipo rotacional, con escarpa principal de 42 m de longitud, salto aproximado de 3 m y una distancia entre la escarpa y el pie de 72 m; se han observado surgencias y /o emanación de agua subterránea, afectó o 30 m de camino de herradura y afecto cultivos de cebada, papa y alfalfa.
- 4) En parte del centro poblado de Rampac Chico, ubicada entre las coordenadas UTM 8970924 N, 208808 E, altitud de 2985 m s.n.m; se identificaron agrietamientos longitudinales de hasta 45 m. con aberturas entre 0.5 a 0.25 cm y profundidades de hasta 1.7 m, que afectaron cultivos en un área aproximada de 86,616.8544 m<sup>2</sup>, así como viviendas de adobe.
- 5) La erosión de laderas (cárcavas), abarcan un área aproximada de 102708 m<sup>2</sup>, los cuales cortan parte de la escarpa del deslizamiento antiguo, arrancando material detrítico, y generando flujos formando pequeños conos al pie del río Santa.
- 6) Las unidades litoestratigráficas en la zona evaluada y alrededores, son de origen sedimentaria conformada por la Formación Chimú, compuesto de areniscas cuarzosas de color blanco-grisáceo y de grano medio, intercaladas con limoarcillitas de color gris oscuro y de grano fino. Estas rocas se encuentran altamente meteorizadas (A4), es decir más del 50% esta desintegrada a suelo; algo abiertas (F3), lo que permitiría la filtración de agua proveniente de las lluvias y canales de regadío.
- 7) Las geoformas de montañas en rocas sedimentarias, piedemonte (vertiente coluvio—deluvial), presentan laderas con pendiente fuerte (15°-25°) a muy escarpado (>45°). La pendiente es un factor condicionante ante la ocurrencia de movimientos en masa.
- 8) Se considera como factor desencadenante las lluvias que se presentan entre los meses de diciembre a marzo, actividad sísmica, descrito en el capítulo I; así como la presencia de aguas subterráneas.
- 9) Por las condiciones geodinámicas (presencia de movimientos en masa y procesos de erosión de laderas), geológicas (tipo de roca y suelo de mala calidad

geotécnica), la configuración geomorfológica (laderas con pendiente fuerte a muy escarpado); y la presencia de agrietamientos en el suelo y algunas viviendas, se considera a el centro poblado de Rampac Chico de **Peligro Muy Alto** y como **Zona Crítica**, donde se pueden producir nuevas reactivaciones de movimientos en masa.


- 10) A lo anterior antes mencionado , recalcar que el perímetro del centro poblado de Rampac Chico, se encuentra dentro de una zona de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa, lo cual advierte de la alta propensión ante la ocurrencia de movimientos en masa.

## 6. RECOMENDACIONES

- 1) Los canales de riego presentes en la zona, deben ser revestidos (concreto, mampostería, terracemento, entre otros), a fin de minimizar la infiltración y saturación de terrenos. Estos trabajos deben ser realizados por un especialista.
- 2) Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización, La selección de árboles a utilizarse debe contemplar las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y alturas que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos, siendo necesario localizar dichas plantaciones forestales al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua.
- 3) Realizar el sellado de grietas abiertas en el terreno, mediante el uso de material fino (arcilla), para evitar la infiltración del agua a través de las mismas.
- 4) Implementar y realizar el monitoreo instrumental del movimiento de deslizamientos activos, identificado en la zona evaluada.
- 5) Desarrollar programas de control y manejo de cárcavas en base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (ver anexo 3- Figura 3, 5 y 6).
- 6) Realizar trabajos de sensibilización en temas de peligros geológicos masa y gestión del riesgo de desastres.



**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

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)

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 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).

Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 "diseño sismorresistente" del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 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.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: agosto 2021). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

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.

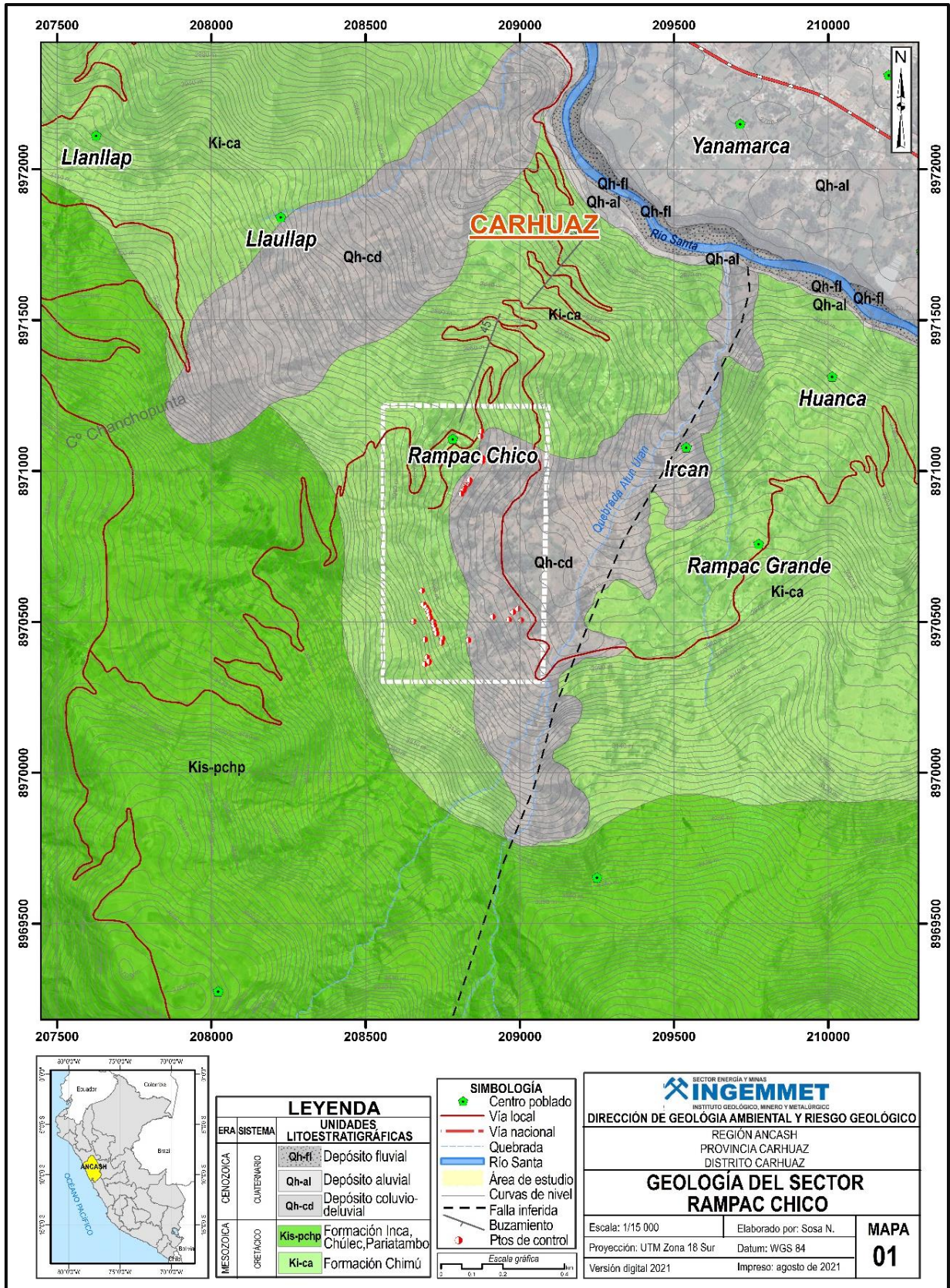
Zavala, B.; Valderrama, P.; Luque, G. & Barrantes, R. (2007). Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Áncash". INGEMMET, Informe técnico

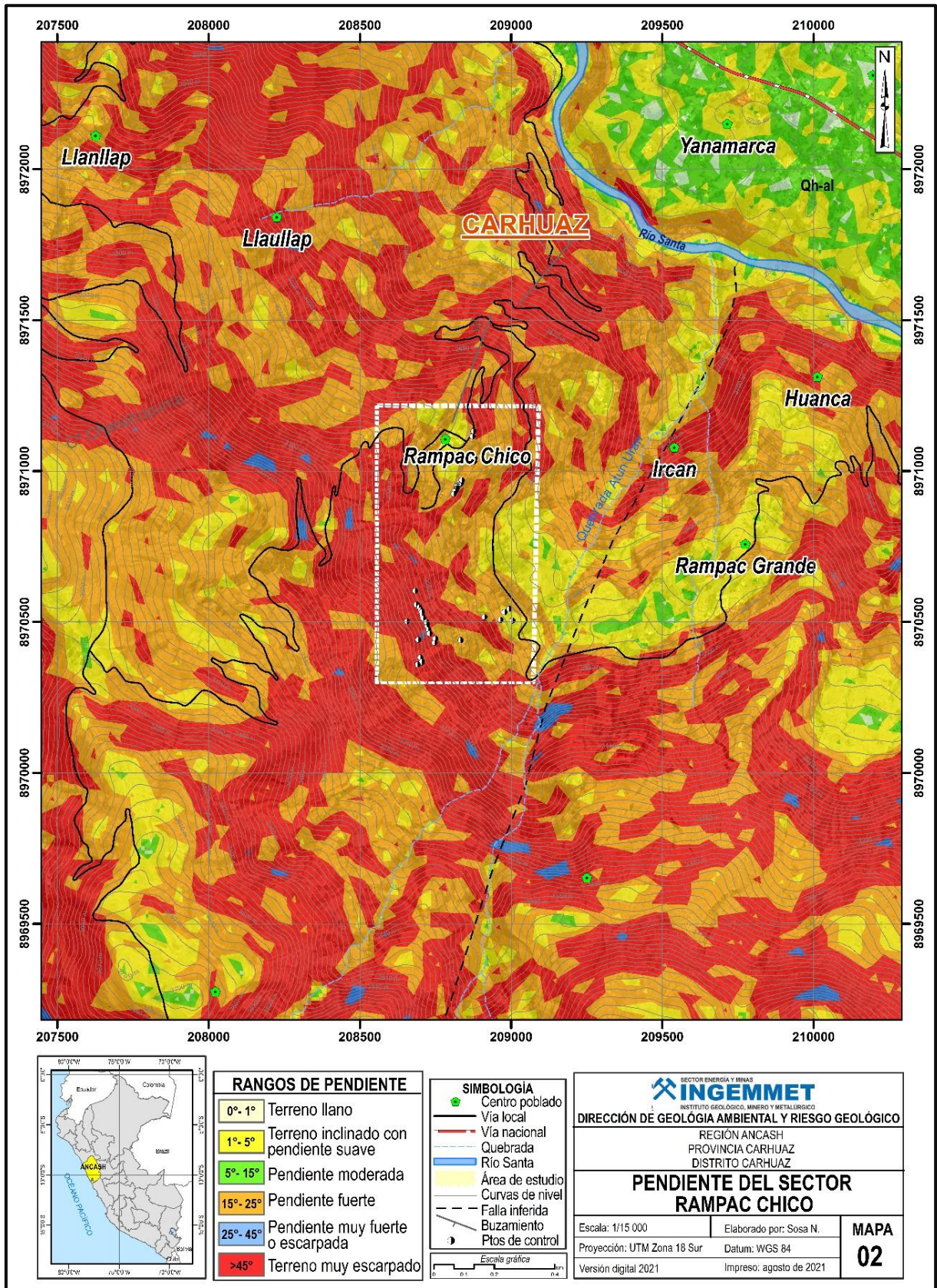
Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 38, 280p.

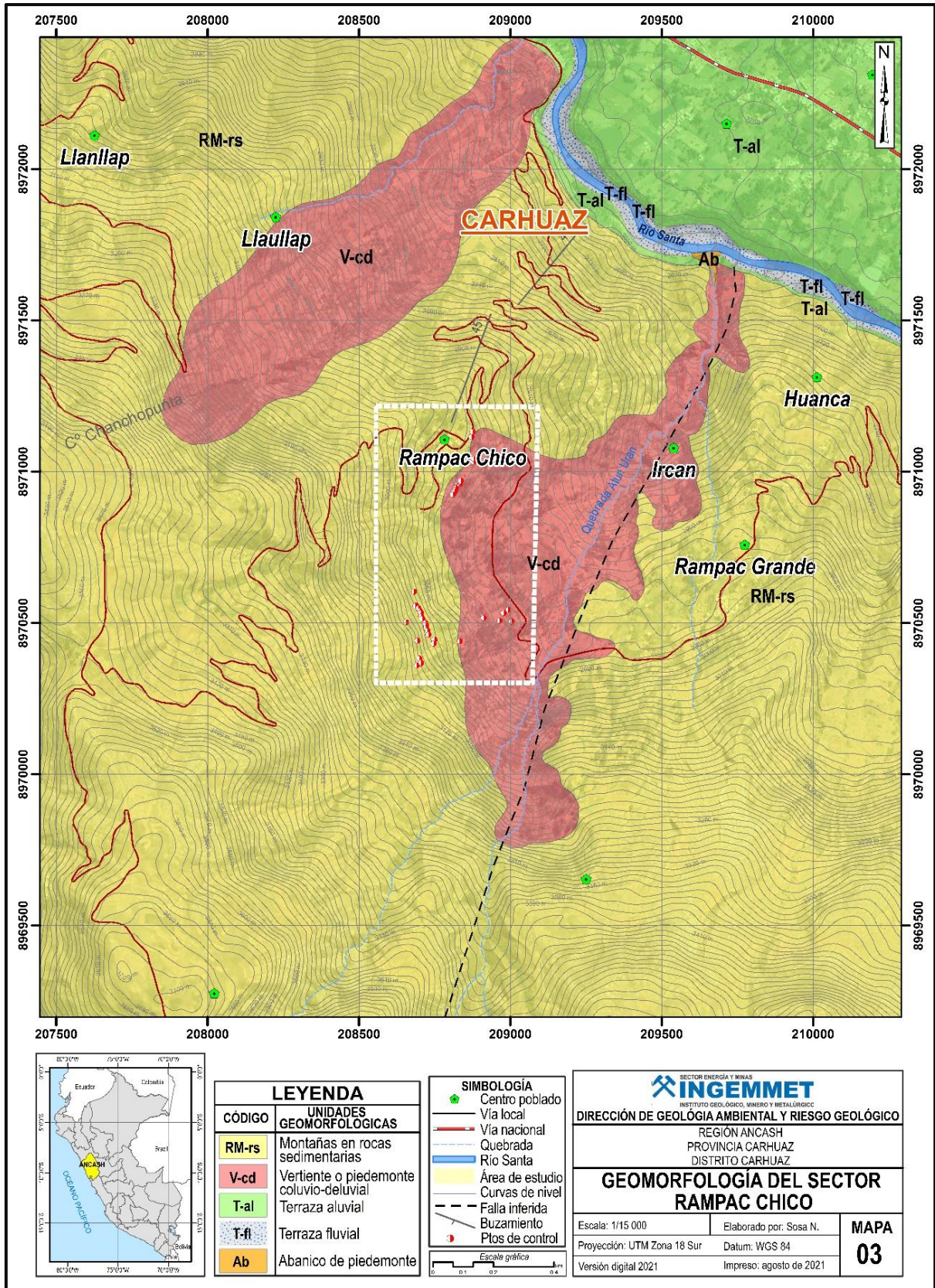
Valderrama, L.; Montenegro, E. & Galindo, J. (1964) - Reconocimiento forestal del departamento de Cundinamarca. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 86 p.

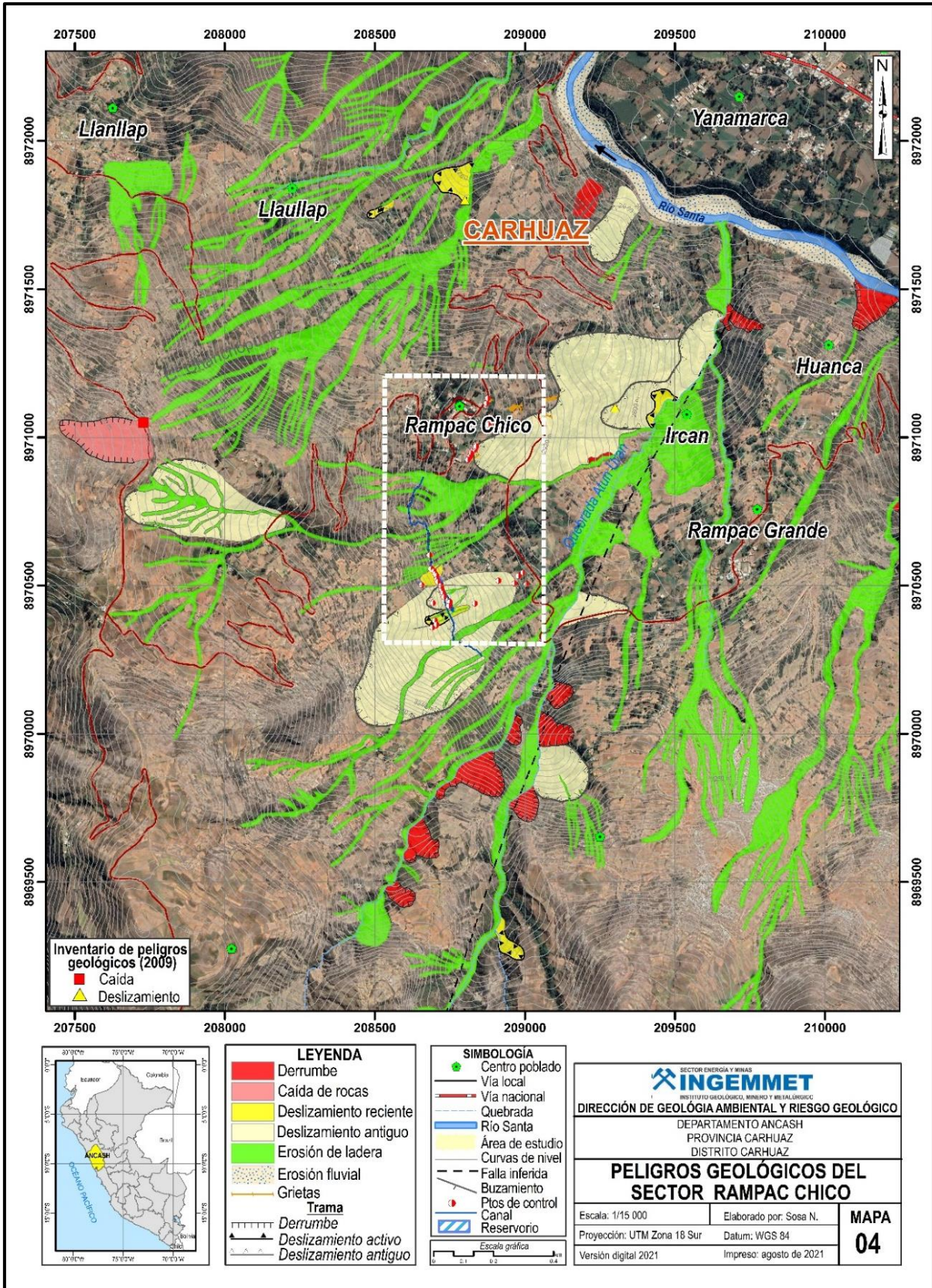
Weather Spark: informes climatológicos <https://es.weatherspark.com/>

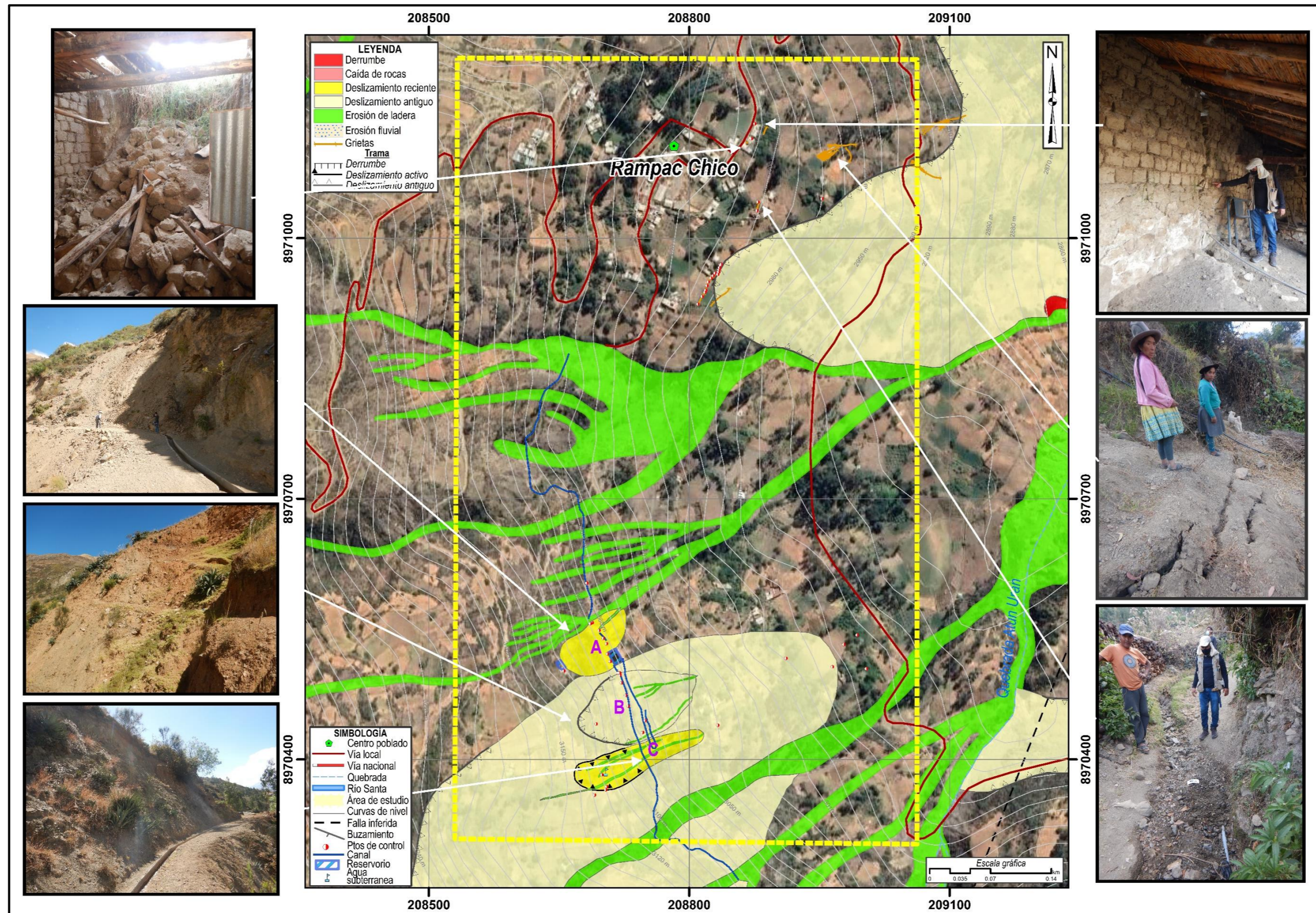
## **ANEXO 1: MAPAS**











## **ANEXO 2: GLOSARIO**



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

**Movimiento en Masa:** Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

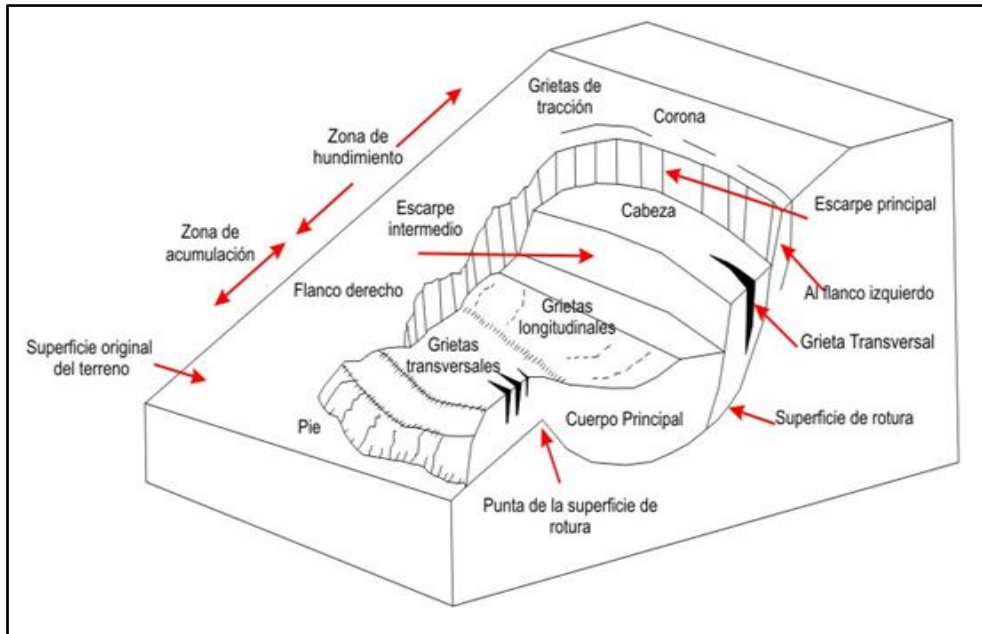
**Susceptibilidad:** La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

**Escarpe:** 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

**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. (figura 1)

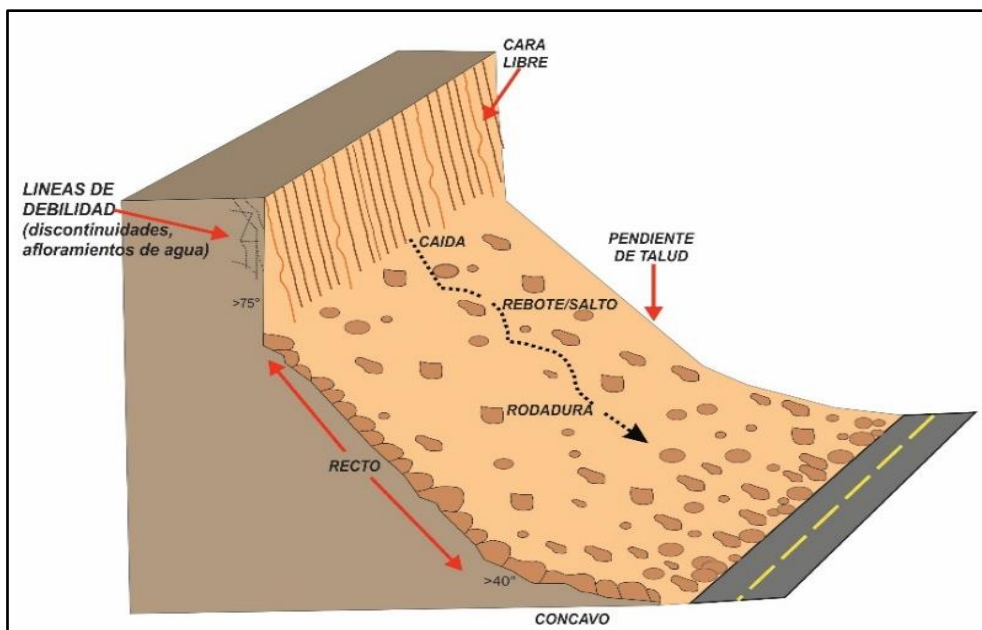
**Deslizamiento rotacional:** En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. 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.

**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.



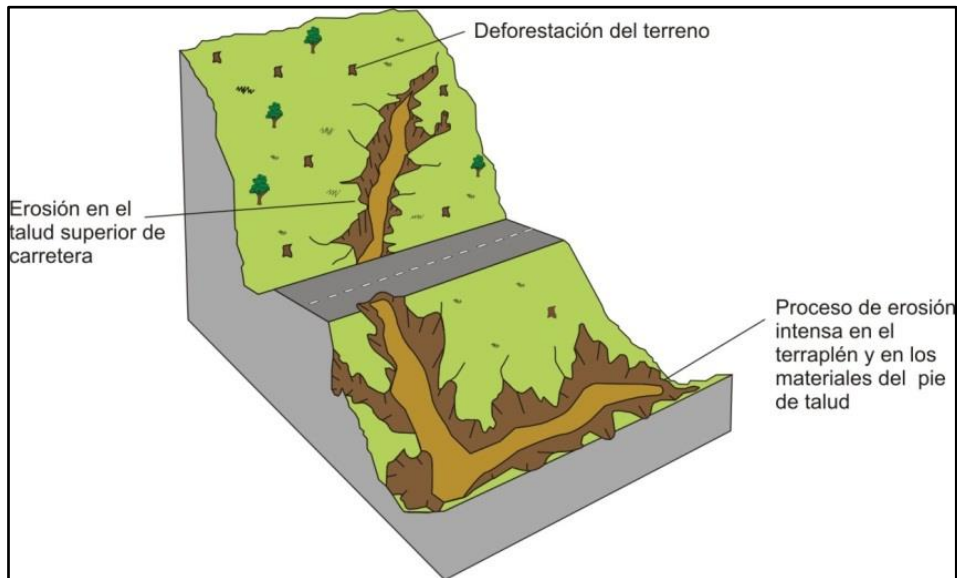
**Figura 1.** Partes de un deslizamiento rotacional.

**Derrumbe:** Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad. Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vilchez, 2019).



**Figura 2.** Esquema de Derrumbe (Vilchez 2015).

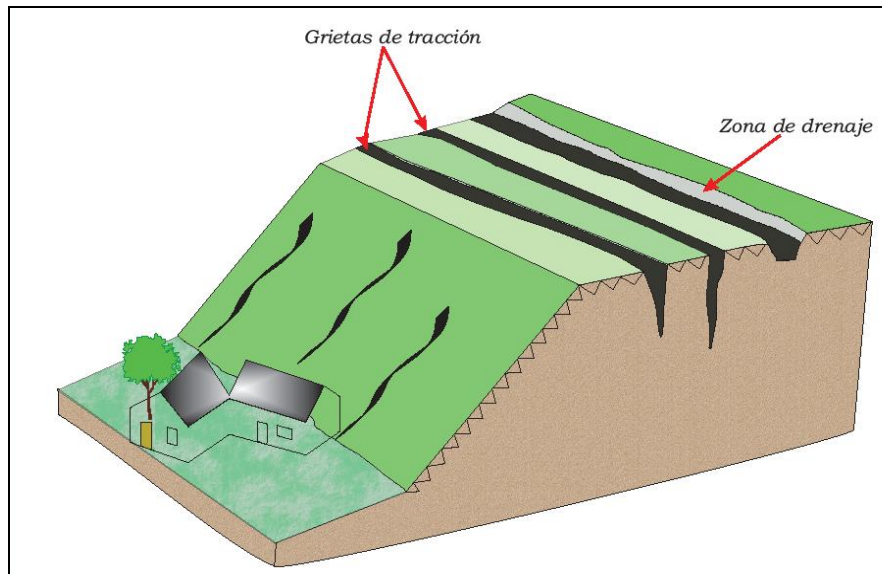
**Erosión de laderas:** Este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia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



**Figura 3.** Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

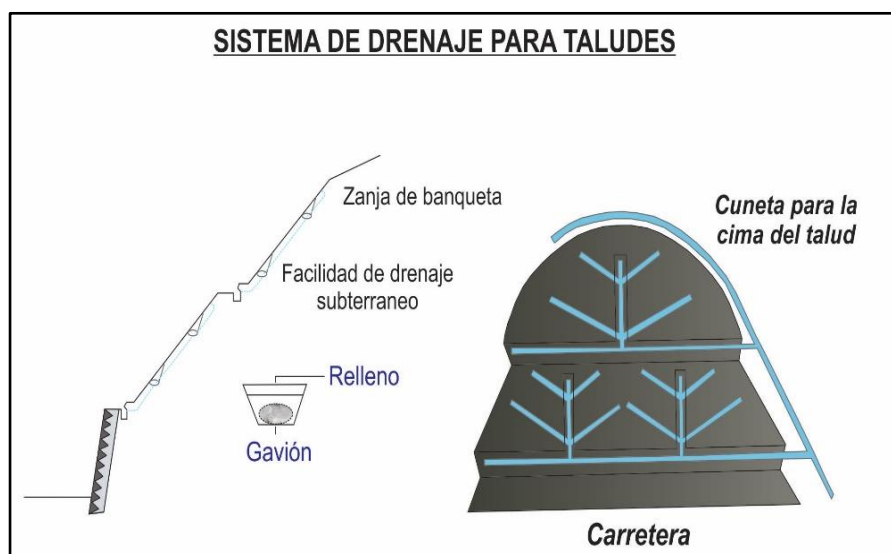
## **ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

- a) Construir zanjas de coronación. Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 1).



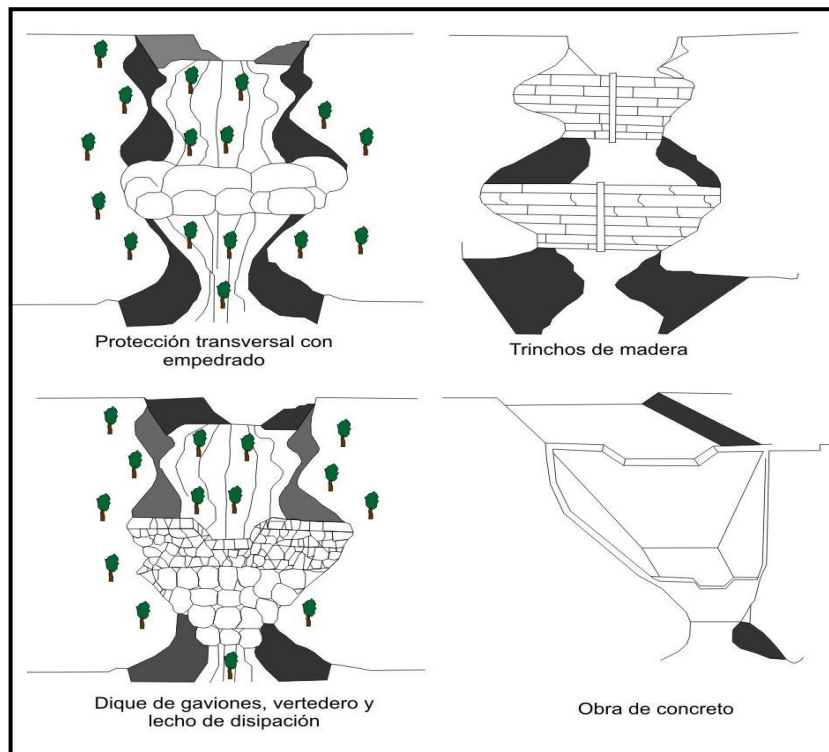
**Figura 1.** Canales de coronación.

- b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado: Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 2). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua.

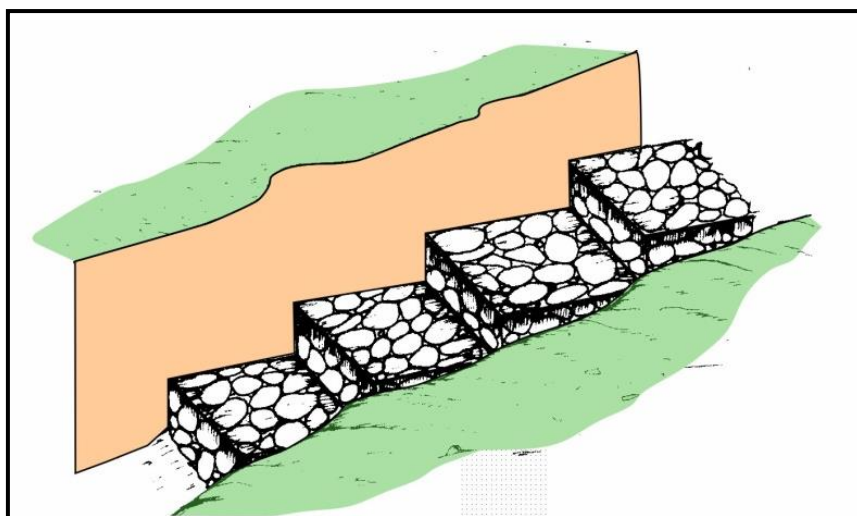


**Figura 2.** Drenaje tipo espina.

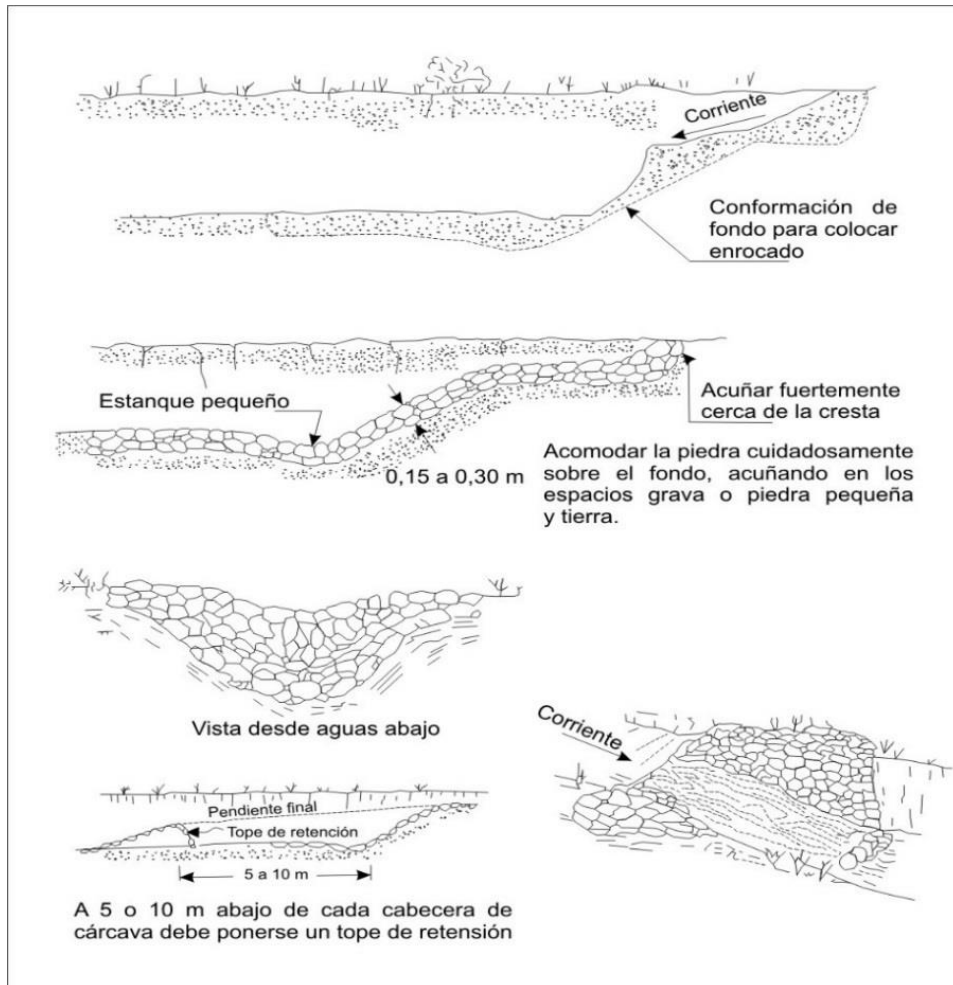
- c) Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso: Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de hierro, las cuales deben estar colocadas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



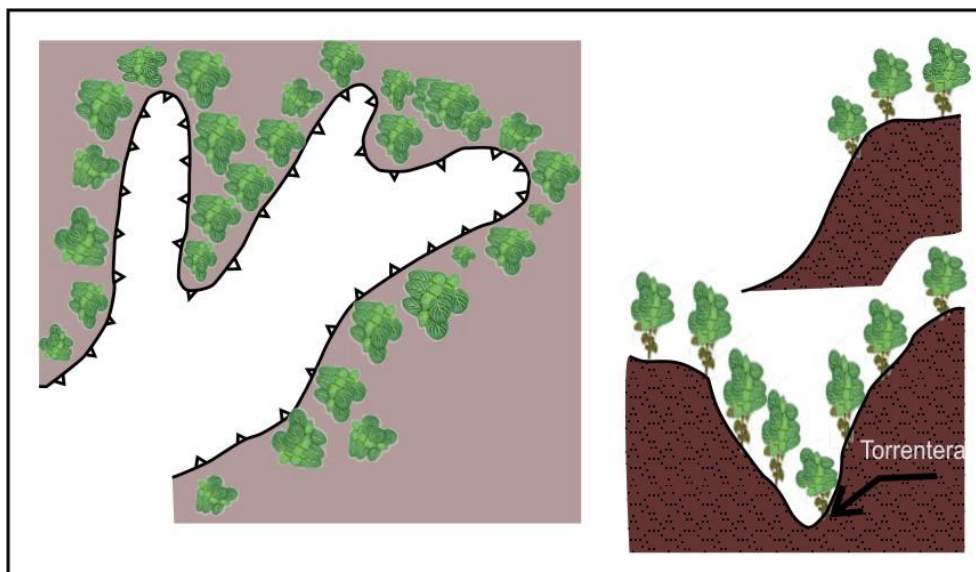
**Figura 3:** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas. (Instituto Nacional de Vías-Ministerio de Transporte Republica de Colombia, 1998)



**Figura 4:** Protección del lecho de la cárcava o quebrada.



**Figura 5:** Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de erosión (adaptado de Valderrama et al., 1964)



**Figura 6:** Vista de planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.