

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7059

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CHACAPA Y ALREDEDORES

Región Ancash
Provincia Carlos Fermín Fitzcarrald
Distrito Yauya



INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1.1. Antecedentes y trabajos previos..... | 2 |
| 1.2. Objetivos..... | 3 |
| 2. ASPECTOS GENERALES..... | 5 |
| 2.1. Ubicación y accesibilidad..... | 5 |
| 2.2. Clima..... | 7 |
| 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS..... | 7 |
| 3.1. Formación Chicama (Js-ch)..... | 7 |
| 3.2. Formación Chimu (Ki-chi)..... | 9 |
| 3.3. Formación Santa-Carhuaz (Ki-saca)..... | 9 |
| 3.4. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-co/d)..... | 11 |
| 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS..... | 11 |
| 4.1. Pendiente del terreno..... | 11 |
| 4.2. Unidades geomorfológicas..... | 11 |
| 4.2.1. Unidad de montaña..... | 12 |
| 4.2.2. Unidad de piedemonte..... | 15 |
| 5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA..... | 16 |
| 5.1. Conceptos teóricos..... | 16 |
| 5.1.1. Deslizamiento..... | 16 |
| 5.1.2. Derrumbe..... | 17 |
| 5.2. Deslizamiento de Chacapa: Antecedentes..... | 18 |
| 5.2.1. Sector “Chacapa”..... | 23 |
| 5.2.2. Sector “Yauya”..... | 28 |
| 5.3. Causas principales del deslizamiento..... | 31 |
| 5.4. Condiciones geodinámicas del terreno..... | 31 |
| 6. MEDIDAS CORRECTIVAS Y/O PREVENTIVAS..... | 34 |
| 6.1. Medidas de control de deslizamientos, derrumbes y erosión en cárcavas...34 | |
| a) Corrección por modificación de la geometría del talud..... | 34 |
| b) Corrección por elementos resistentes..... | 35 |
| c) Correcciones Superficiales..... | 37 |
| d) Corrección por drenaje..... | 38 |
| 6.2. Medidas de control para zonas de flujos y cárcavas..... | 40 |
| CONCLUSIONES..... | 46 |
| RECOMENDACIONES..... | 47 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 48 |

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CHACAPA Y ALREDEDORES

(Distrito Yauya, provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash)

RESUMEN

El presente informe consigna la “Evaluación de peligros geológicos en el sector Chacapa y alrededores”, localizado en el distrito de Yauya, provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash.

Geológicamente, en el área de Chacapa afloran secuencias sedimentarias de la Formación Chicama, conformadas por limoarcillitas y areniscas de grano fino, y hacia el tope calizas con areniscas y limoarcillitas bituminosas de las formaciones Santa – Carhuaz, de acuerdo a la descripción que realiza Wilson *et al* (1967) en el mapa geológico del cuadrángulo de Pomabamba (18-i). Desde el punto de vista geotécnico son rocas con características mecánicas de mala calidad, no aptas para construir obras civiles de importancia, ya que se encuentran intensamente fracturadas y meteorizadas.

Geomorfológicamente, en el sector Chacapa se tienen dos geoformas bien definidas: “montaña en roca sedimentaria” (RM-rs), que ocupa la mayor parte del área estudiada; y “Vertiente coluvio deluvial” (V-co/d), conformada por la acumulación de materiales heterogéneos de tamaños variados en las bases de las laderas de las montañas y escarpes, asociados a movimientos en masa (derrumbes, deslizamientos, deslizamiento-flujos y avalancha de detritos).

En el área evaluada ocurre un movimiento complejo (deslizamiento-flujo), activo y de recurrencia periódica. Además en el cuerpo del deslizamiento, parte inferior de la margen izquierda de la quebrada Maribamba, se identificaron zonas con derrumbes. El deslizamiento tiene unas dimensiones totales, aproximadas, de 2,280 m de longitud y 1,060 m de ancho lo cual genera un área con material inestable de 2´416,800 m², con una corona con 750 m de longitud aproximada.

Dadas las observaciones de campo e interpretaciones geológico-geodinámicas donde se nota la afectación en viviendas y terrenos superficiales y el hecho del fallecimiento de dos personas por un derrumbe de rocas el pasado 16 de Agosto de 2019, se concluye que la zona de Chacapa y alrededores es considerada de **Peligro muy alto** en temporada de lluvias y ante la ocurrencia de un eventual movimiento sísmico. Adicionalmente el área inspeccionada es considerada como **Zona Crítica** por el INGENMET.

Finalmente, se brinda la recomendación que se considera importante, que las autoridades competentes inicien un programa de reforestación, zanjas de coronación en la parte superior de la corona del deslizamiento; así como, servirá para derivar el agua de escorrentía, fuera del área inestable e implementar un sistema de monitoreo en el deslizamiento. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar la ocurrencia de los daños que puedan ocasionar los procesos identificados, como también evitar la generación de nuevos eventos que causen daños en las personas e infraestructura.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, rector de la geología nacional, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) a través de la ACT.7: “Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel Nacional”, a los fenómenos de remoción en masa. La evaluación de esta clase de fenómenos naturales tiene como objetivo y alcances contribuir con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica. Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona un informe geológico final que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como conclusiones y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos o la generación de desastres futuros en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

INGEMMET realiza esta labor dentro del marco del Acuerdo Nacional, que en su capítulo III: “Competitividad del país”, desarrolla el punto N° 19: “Desarrollo sostenible y gestión ambiental”.

1.1. Antecedentes y trabajos previos

El alcalde de la municipalidad distrital de Yauya, mediante Oficio N°052-2019-MDA/A, de fecha 04 de febrero del año 2019 solicitó a nuestra institución una evaluación técnica de peligros geológicos en el centro poblado y distrito Yauya.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a los profesionales Dulio Gómez Velásquez y Manuel Rosas Casusol, especialistas en peligros geológicos, para realizar la evaluación técnica, en el sector previamente mencionado, la cual se realizó durante los días 05 y 06 de setiembre del año pasado, previa coordinación con autoridades locales.

La evaluación técnica se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (Fotografías y GPS), cartografiado y redacción del informe final.

Este informe, se pone en consideración de las autoridades y funcionarios competentes de los diferentes organismos del Estado, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

Como trabajo previo se recopiló información de la base de datos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico y del Repositorio Institucional del INGEMMET, se revisaron estudios anteriores realizados por INGEMMET en la zona del distrito de Yauya y alrededores:

- a) Informe técnico N° A6591: “Evaluación Ingeniero – Geológica de los deslizamientos de Yauya y Tambo Real (Luque, G. et al., 2012), donde se realiza la evaluación y se concluye que el deslizamiento traslacional de Yauya es activo y de recurrencia periódica, el cual se comportó como un flujo, con escarpas sucesivas de forma irregular y superficie plana, que afectó un tramo de la trocha carrozable Yauya-San

Nicolás. También, se ha realizado como medida de prevención solo una leve reforestación por encima del flanco izquierdo y parte del cuerpo principal del deslizamiento.

- b) Boletín N° 38, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos de la región Ancash” (Ingemmet, 2009), que contiene el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región, donde se determina que los alrededores del distrito de Yauya se ubican en una zona de muy alto a alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes o movimientos complejos. El distrito está emplazado en una zona donde el substrato rocoso es de mala calidad, es decir, en rocas sedimentarias clásticas (areniscas, cuarcitas, arcillitas, arcillitas carbonosas) y vertiente (coluvio – deluvial), con morfología de laderas de montañas de muy fuerte pendiente (25°a 45°). (Ver Figura N° 01).
- c) Informe técnico N° A6550: “Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Ancash”, (Zavala, B. et al., 2007), que identifica como zona crítica N°15 el sector Yauya–Huarijirca, quebrada Maribamba, área afectada por deslizamiento activo y de recurrencia periódica. Con escarpas sucesivas, de forma irregular, superficie plana, presenta saltos principales con 35-40m., asentamientos y desviaciones de cauce.
- d) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca (17-h), Tayabamba (17-i), Corongo (18-h), Pomabamba (18-i), Carhuaz (19-g) y Huari (19-i)”, (Wilson, J. et al., 1995), que ubica la zona donde se asienta el distrito de Yauya y describe la geomorfología, estratigrafía, rocas intrusivas, geología estructural y geología económica del área en mención, a escala 1/100,000. El área de estudio se encuentra en la Hoja 18-i, “Mapa Geológico del Cuadrángulo de Pomabamba”, en la parte sureste de la hoja.

1.2. Objetivos

- Realizar la caracterización y evaluación de los peligros geológicos en el sector de Chacapa y zonas aledañas (distrito Yauya, provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash).
- Realizar la cartografía detallada de peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, así como sus efectos en la zona de estudio.
- Brindar las recomendaciones pertinentes, para mitigar los efectos del deslizamiento.

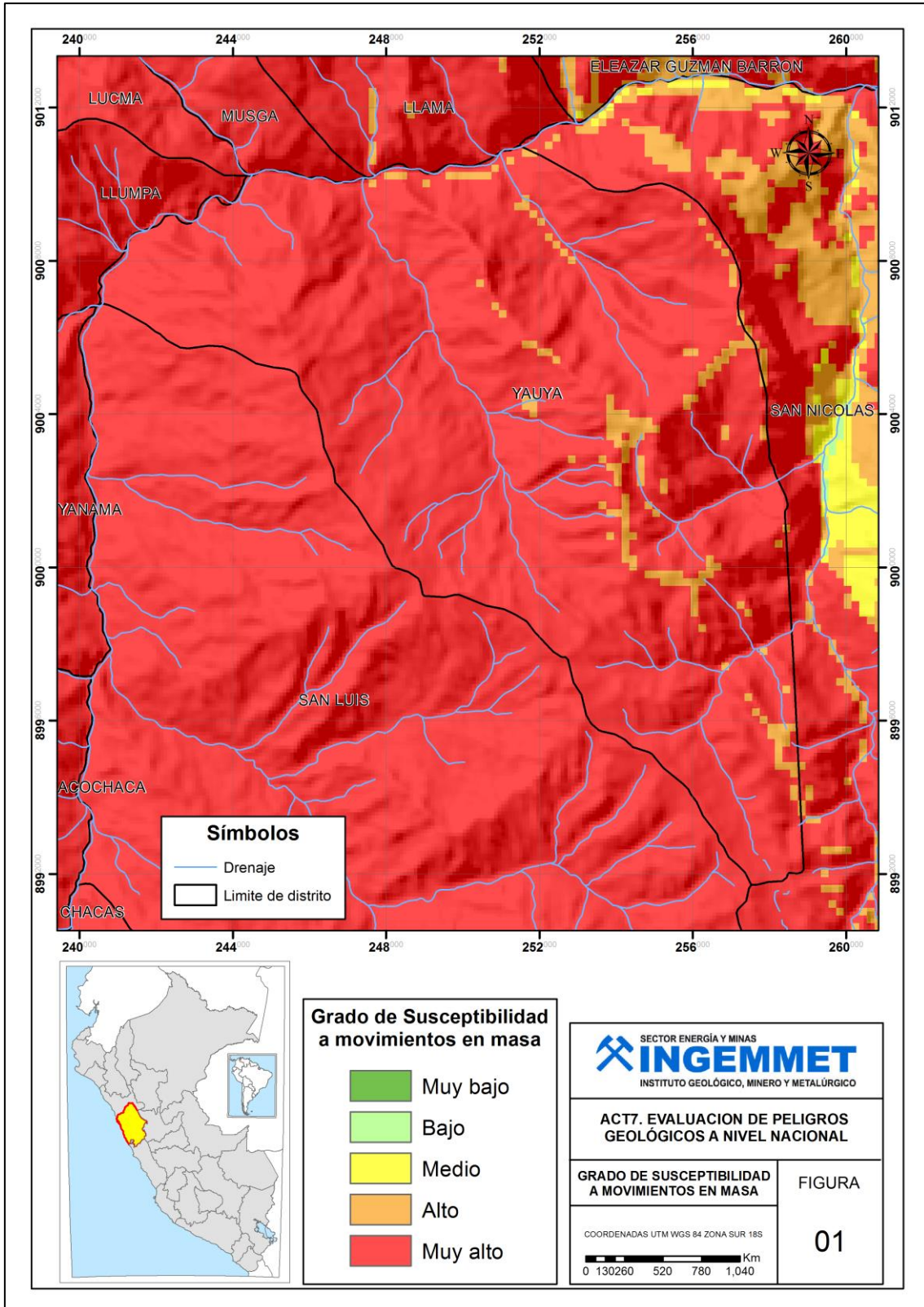


Figura N° 01.- Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Ancash, se observa el distrito de Yauya, se ubica en una zona de Muy Alto a Alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa de tipo: deslizamiento, derrumbes o movimientos complejos (Ingemmet, 2009).

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. Ubicación y accesibilidad

El sector de Chacapa se **ubica** en la parte superior del centro poblado de Yauya que es la capital del distrito del mismo nombre, provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash (Ver Figura N° 02), a una altitud aproximada de 3,360 m s.n.m., entre las siguientes coordenadas UTM:

Tabla N° 1: Coordenadas de ubicación del sector Chacapa.

| SECTOR | VÉRTICE | NORTE | ESTE |
|---------|---------|---------|--------|
| CHACAPA | 1 | 9006024 | 248874 |
| | 2 | 9004884 | 247568 |
| | 3 | 9004191 | 248286 |
| | 4 | 9005241 | 249418 |

Políticamente el área de estudio se encuentra en el distritos de Yauya, provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, departamento de Ancash. Se ubica en el "Callejón de Conchucos", parte oriental de la región Ancash.

Para **acceder** por vía terrestre desde Lima hasta el distrito de Yauya, existen dos rutas posibles:

- I) Lima – Huaraz – Carhuaz – Punta Olímpica – Chacas – San Luis – Yauya.
- II) Lima – Conococha – Catac – Túnel Kahuish – San Marcos – Huari – San Luis – Yauya.

Los tiempo y recorrido para llegar a Yauya se describen en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Forma de acceder al sector Chacapa (distrito Yauya).

| Vía | De | A | Kms | Tiempo (hr) | Estado de Vía |
|--------------|----------|----------|------------|--------------|-------------------------|
| Terrestre | Lima | Barranca | 202 | 3:20 | Asfaltada/Buena |
| Terrestre | Barranca | Huaraz | 220 | 4:00 | Asfaltada/Buena |
| Terrestre | Huaraz | San Luis | 134 | 3:55 | Asfaltada/Buena |
| Terrestre | San Luis | Yauya | 39 | 2:10 | Afirmada/Regular a Mala |
| Total | | | 595 | 13:25 | |

La brigada de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET realizó la primera ruta, llegando al distrito de Yauya con un tiempo de 13:25 horas de

viaje, por una carretera asfaltada, en buenas condiciones de conservación de la vía, hasta el distrito de San Luis, a 39 km de distancia de Yauya.

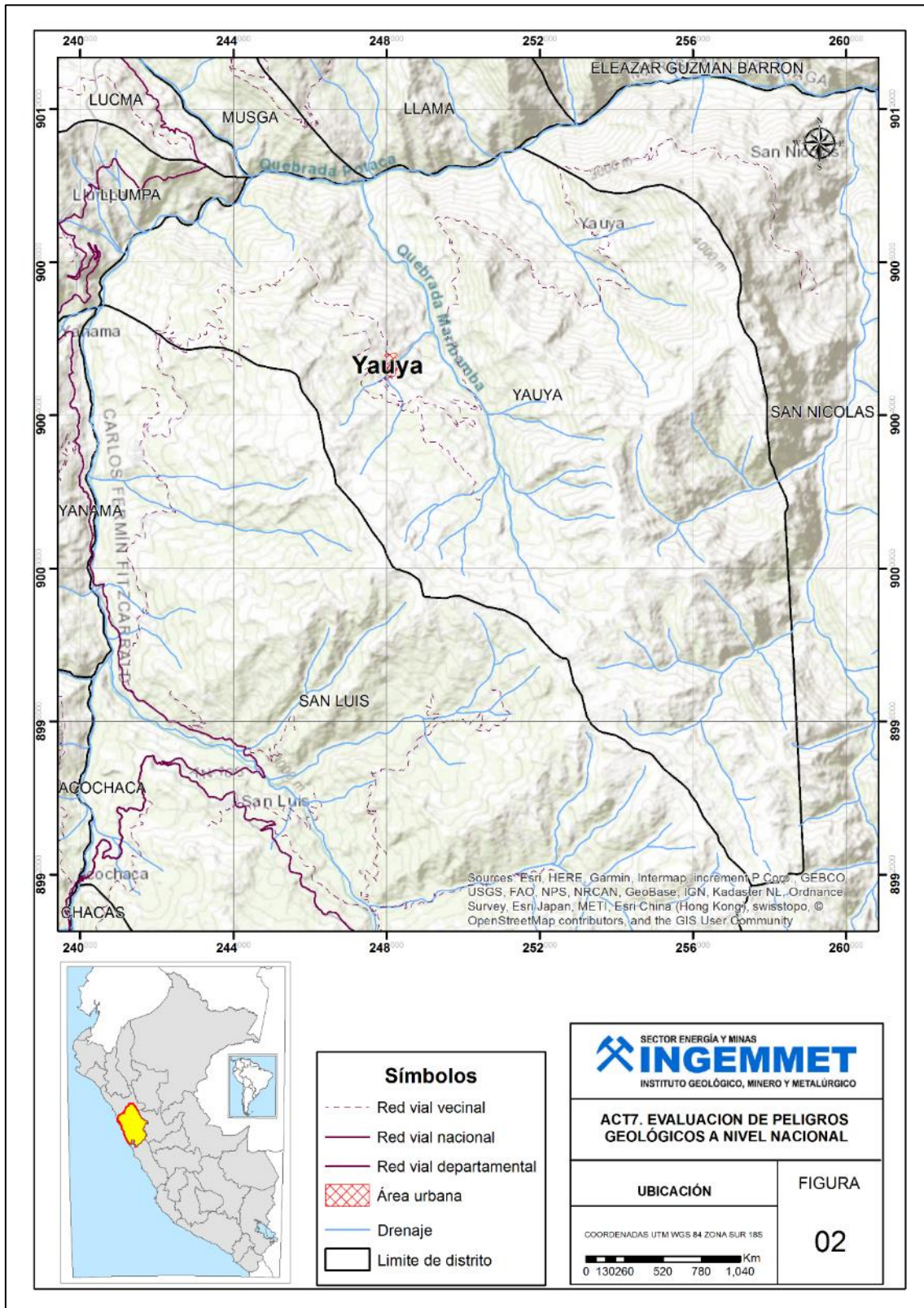


Figura N° 02.- Mapa de ubicación del centro poblado y distrito de Yauya, afectado por movimientos en masa, dentro de la provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash.

2.2. Clima

Las zonas evaluadas se caracterizan por tener un clima semiseco y semifrío, y húmedo (SENAMHI, 1988). Actualmente no cuenta con una estación hidrometeorológica. Según el mapa de isoyetas de precipitaciones anuales acumuladas varían de 500 a 700 mm en periodo lluvioso normal (Setiembre-Mayo) y de 1600 a 1800 mm con presencia de El Niño (SENAMHI, 2003). (Ver Figura N° 03)

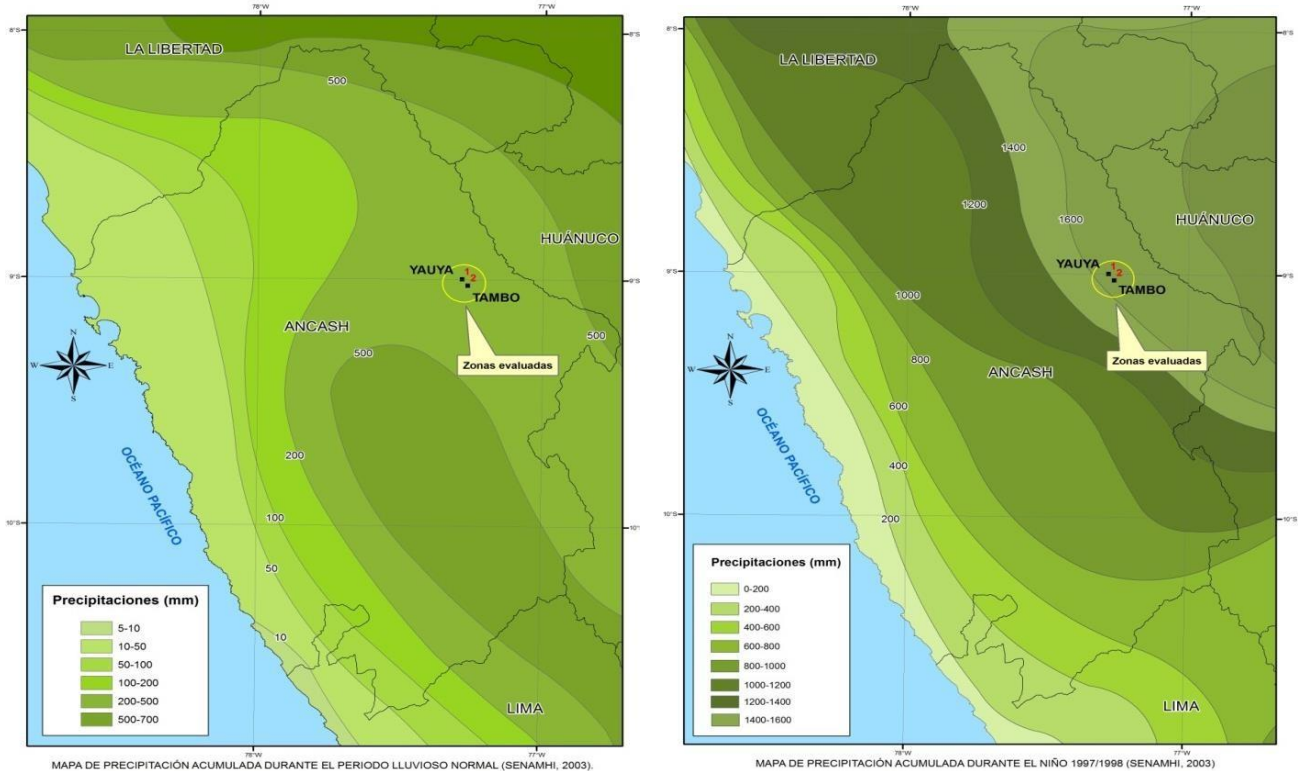


Figura N° 03.- Isoyetas de precipitación en lluvias normales (izquierda) y en presencia de El Niño 1998 (derecha). Fuente: SENAMHI, 2003.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el área evaluada, de acuerdo a las observaciones de campo realizadas en la presente inspección, y a los estudios geológicos realizados y consignados en la base de datos del INGEMMET, afloran las siguientes unidades litológicas: (Ver Figura N° 04)

3.1. Formación Chicama (Js-ch)

Esta unidad litológica consiste en la intercalación de limoarcillitas y areniscas de grano fino; la secuencia estratigráfica puede presentar grosores hasta 200 m aproximadamente. Aflora en las zonas inferiores del área estudiada.

Desde el punto de vista geotécnico las rocas que pertenecen a esta unidad litológica tienen características geomecánicas de mala calidad, los estratos se encuentran intensamente diaclasados y fracturados. (Ver Fotografía N° 01) (Ver figura N° 04).

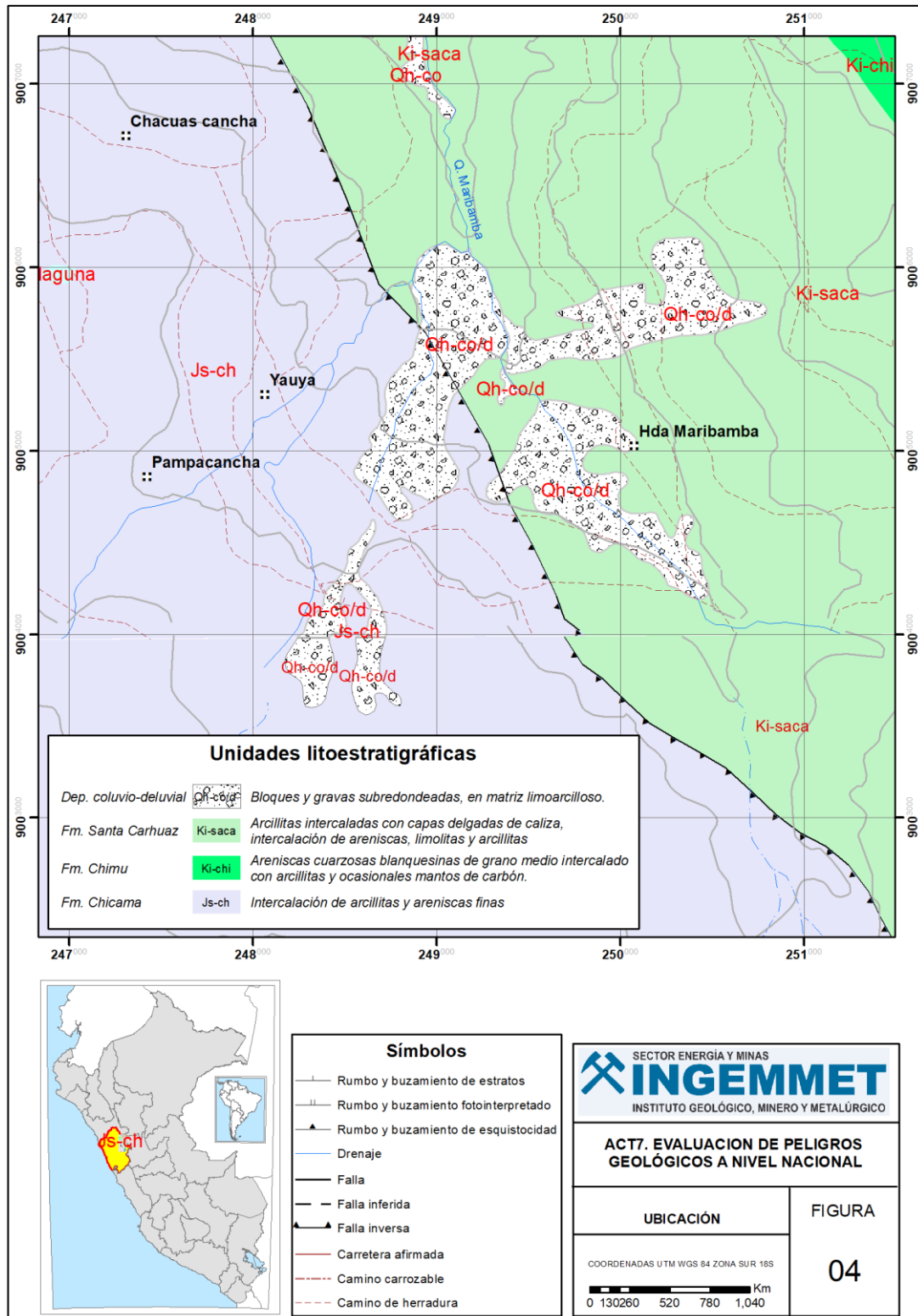


Figura N° 04.- Mapa geológico del distrito de Yauya y zonas adyacentes, en él se observan las unidades litoestratigráficas aflorantes más importantes del área inspeccionada.



Fotografía N° 01.- Vista de un afloramiento de areniscas con intensa meteorización y fracturamiento de la Formación Chicama, en las inmediaciones del centro poblado de Yauya. La pendiente promedio es de 40°.

3.2. Formación Chimu (Ki-chi)

Suprayace a la Formación Chicama. Está compuesta por areniscas cuarzosas, blanquecinas, de grano medio, intercaladas con limoarcillitas pardo amarillentas y mantos de carbón.

Desde el punto de vista geotécnico son rocas con características mecánicas de mala calidad, no aptas para construir obras civiles de importancia, ya que se encuentran con intensa meteorización y fracturamiento. (Ver Fotografía N° 02) (Ver Figura N° 04).

3.3. Formación Santa-Carhuaz (Ki-saca)

La **Formación Santa**, que ocurre en la base de la secuencia estratigráfica, está constituida por secuencias de calizas micríticas, algo dolomíticas, bituminosas, intercaladas con limoarcillitas; calizas con intercalaciones de margas; limoarcillitas intercaladas con areniscas y calizas grises.

La **Formación Carhuaz**, que aflora hacia el tope de la secuencia estratigráfica, está constituida por areniscas, ortocuarzitas, areniscas cuarzosas, limoarcillitas que se intercalan con areniscas piritosas y con nódulos ferruginosos. (Ver Figura N° 04).

Desde el punto de vista geomecánico ambas secuencias sedimentarias son muy fracturadas y moderada a intensa meteorización, por lo tanto se clasifican como de mala calidad geotécnica.



Fotografía N° 02.- En la vista se observa un afloramiento de limoarcillitas intercaladas con mantos de carbón con espesores superiores a 1 m, pertenecientes a la Formación Chimú; con fuerte meteorización. La secuencia se ubica en la parte media a inferior del sector Chacapa. La pendiente promedio está en el rango de 35° - 40°



Figura N° 05.- En la vista se observa un depósito de materiales coluvio-deluviales en la margen izquierda del cuerpo del deslizamiento, en la parte superior del valle, en el sector Chacapa. La pendiente promedio está en el rango de 40° - 45°.

3.4. Depósitos coluvio-deluviales (Qh-co/d)

Estos depósitos del Cuaternario reciente están constituidos por fragmentos gruesos de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos y sueltos como arena, limo y arcilla, como matriz en menor proporción. Su distribución es caótica, se les encuentra en las laderas de los valles y al pie de los barrancos escarpados.

Estos depósitos forman suelos de color pardo amarillento y gris oscuro con bloques angulosos que poseen diámetros variables (menores a 0.25 m) en matriz arcillo – limosa. (Ver Figuras N° 04 y 05).

En el área de estudio estos depósitos se ubican en la parte central del sector Chacapa hacia la parte norte-noreste de la zona evaluada (Ver Figuras N° 04 y 12).

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El área de estudio presenta unidades geomorfológicas definidas como montaña en roca sedimentaria (RM-rs) y vertiente coluvio deluvial (V-co/d).

También presenta una topografía agreste. El relieve es abrupto con terrenos accidentados, de flancos escarpados, en algunas zonas cortados por profundos valles y quebradas. (Ver Figura N°05).

4.1. Pendiente del terreno

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de unidades geomorfológicas, además del relieve, es la pendiente de los terrenos. La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

La pendiente en las laderas que conforman el área estudiada varía entre 25° a 45°, factor que condiciona el relieve abrupto en las cadenas montañosas de la zona, las cuales pertenecen al flanco oriental de la Cordillera Blanca. (Ver Fotografías N° 01 y 02).

Por ello es propenso, considerando solo el factor pendiente (figura N° 7), que ocurran movimientos en masa en laderas de montañas (deslizamientos, derrumbes y caída de rocas) acumulándolos en cauces de quebradas, que también facilitan el escurrimiento superficial, como el fácil acarreo de material suelto en las laderas como cauces, respectivamente, pudiendo originar huaicos en épocas de lluvias.

4.2. Unidades geomorfológicas

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, ocupan el del área total de la región. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

4.2.1 Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de la base local, se conocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento y de glaciación).

En el contexto general se encuentran conformados por alineamientos alargados, consolidados por rocas de tipo sedimentaria, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión.

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

Esta subunidad geomorfológica ocupa la mayor parte del área estudiada. Presenta cerros con altura superior a 300 m desde su línea base, con laderas que presentan anticlinales y sinclinales. Presenta pendientes erosionadas que varían desde fuertes hasta abruptas (25° - 50°).

Litológicamente está compuesta por secuencias sedimentarias jurásicas y cretácicas (limoarcillitas, areniscas, arcillitas carbonosas y secuencias calcáreas) de las formaciones Chicama, Santa-Carhuaz y Chimú, las cuales se caracterizan por presentar caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos, y avalanchas de rocas. También se originan flujos de detritos o huaicos en áreas con procesos de erosión de laderas. (Ver Figuras N° 06 y 08)

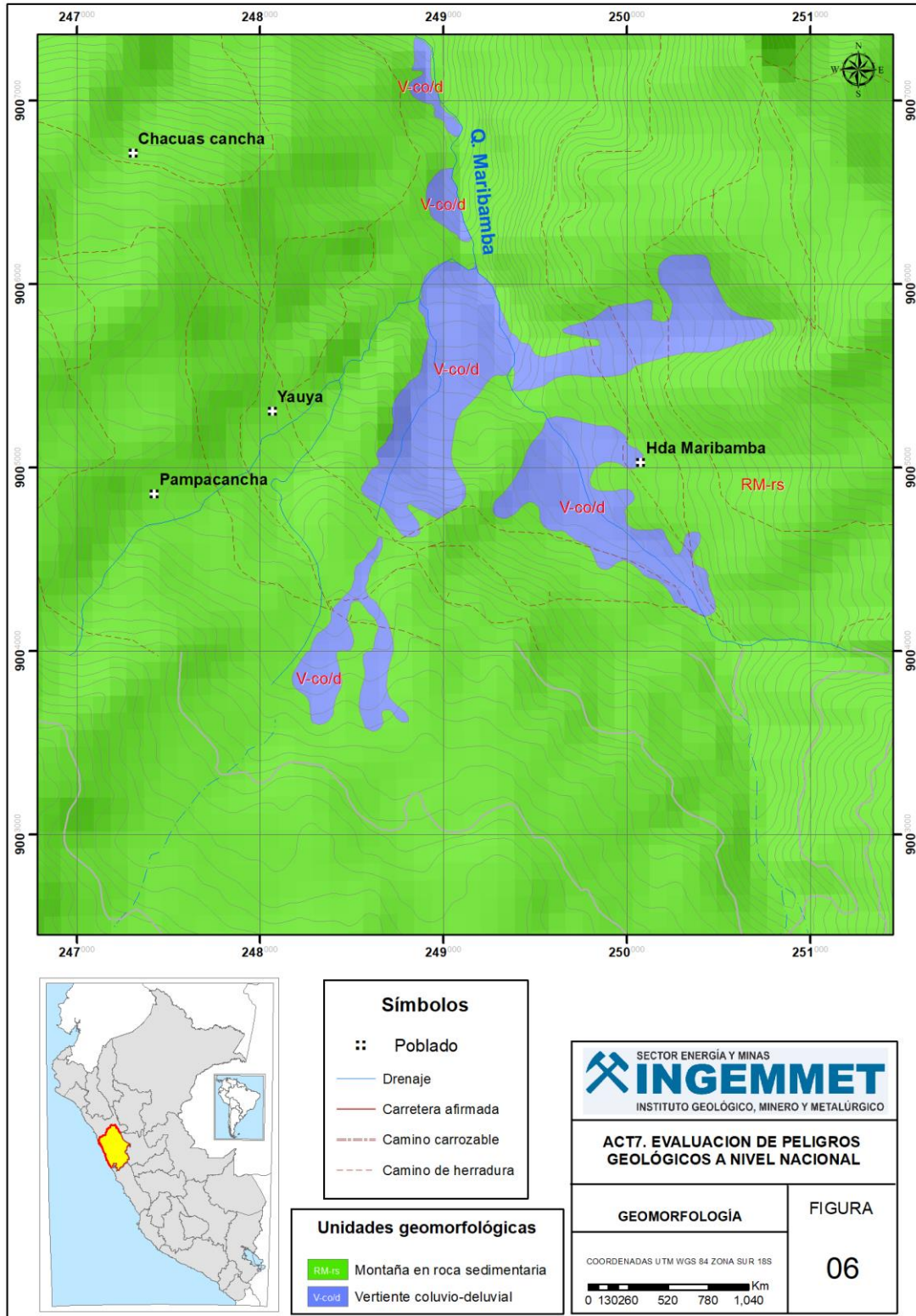


Figura N° 06.- Mapa geomorfológico del distrito de Yauya, mostrando las unidades geomorfológicas más importantes del área de estudio.

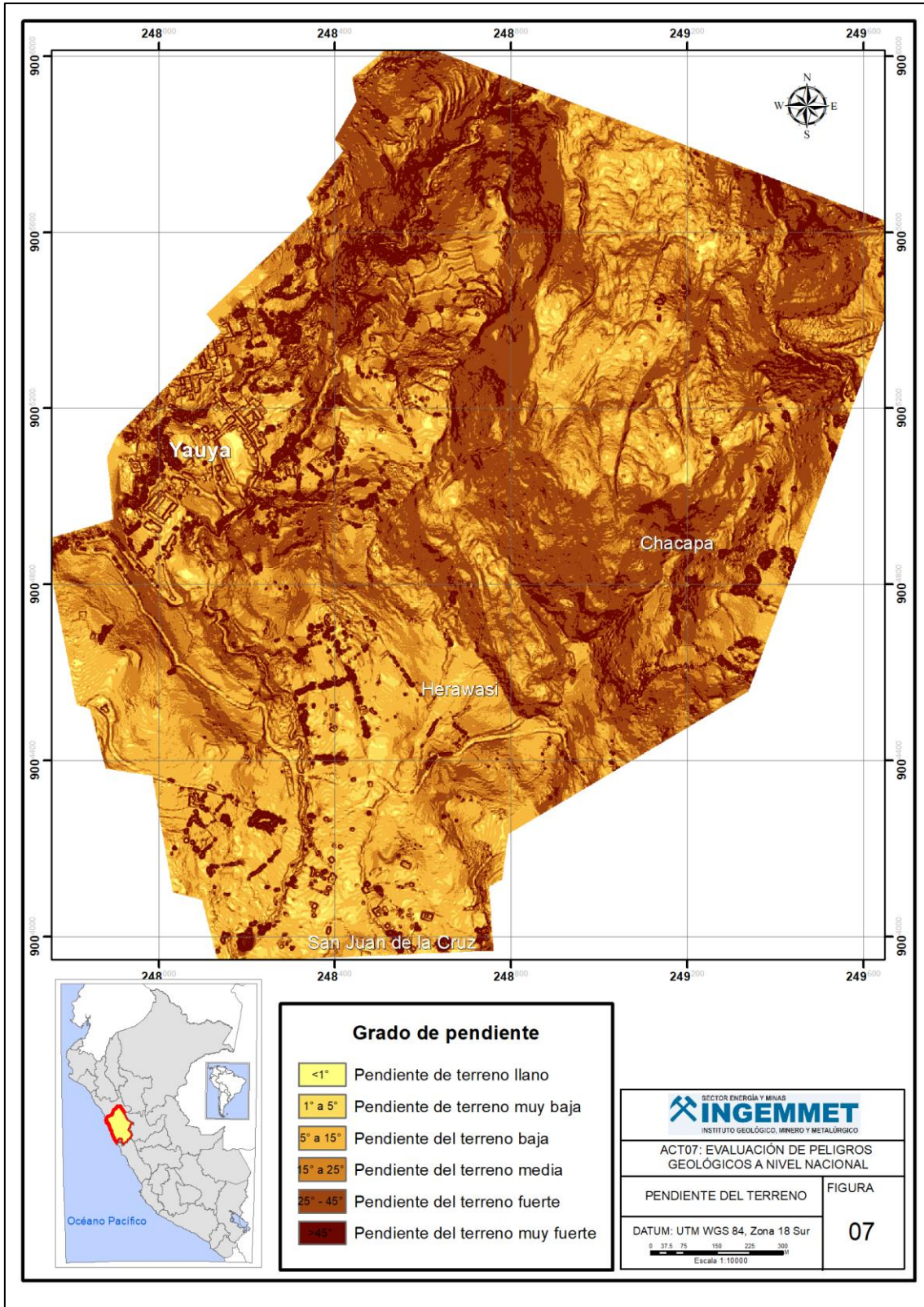


Figura N° 07.- Mapa de pendientes, mostrando los diferentes grados de pendiente del terreno en el distrito de Yauya y zonas aledañas. En el área de evaluación predominan las pendientes de grado medio a fuerte, con zonas puntuales de grado muy fuerte.

4.2.2. Unidad de Piedemonte

Está formado por una serie de conos de deyección y esparcimiento que se ubican a lo largo de todos los ríos que abandonan la vertiente de la Cordillera hacia la llanura amazónica, formando extensos y amplios abanicos aluviales; los más antiguos se localizan a una altura aproximada de 500 msnm, forman niveles escalonados de mesetas ligeramente inclinadas hacia el este, con superficies moderadamente disectadas a redondeadas bastante homogéneas y de baja pendiente. Los más recientes son bastante planos a ligeramente ondulados; van perdiendo altura hasta desaparecer confundidos con los relieves de la llanura aluvial.

Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-co/d)

Esta unidad geomorfológica es producto de la acumulación de materiales heterogéneos de tamaños variados en las bases de las laderas de las montañas y escarpes, de magnitud cartografiable, asociados a movimientos en masa (derrumbes, deslizamientos, deslizamiento-flujos y avalancha de detritos), los cuales pueden reactivarse a manera de deslizamientos, derrumbes, o sufrir procesos de erosión de laderas (surcos, cárcavas). Está constituida por fragmentos gruesos, heterogéneos, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla, como matriz. Su distribución es caótica. Forman suelos de color pardo amarillento y gris oscuro con bloques angulosos que poseen diámetros variables (menores a 0.25 m) en matriz arcillo-limosa. (Ver Figuras N° 06 y 07).



Figura N° 08.- Unidad geomorfológica de Montaña en roca sedimentaria (RM-rs), con pendientes erosionadas, de fuertes a abruptas, en la vista la pendiente supera los 45° de inclinación.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras, por efecto de la gravedad (Cruden, 1991 en PMA: GCA, 2007).

Los movimientos en masa representan procesos geológicos superficiales, que involucran la remoción de masas rocosas con características inestables, depósitos inconsolidados de diferente origen, competencia y grado de cohesión, o la combinación de ambos, por efecto; de la gravedad (Medina, 2014).

Los peligros geológicos identificados en el área de estudio están asociados principalmente a deslizamientos, con derrumbes y flujos de detritos (huaicos).

5.1. Conceptos teóricos

Los movimientos en masa en el área de estudio están relacionados estrechamente a factores como lluvias de gran intensidad o de gran duración asociadas a eventos excepcionales. Los factores condicionantes o intrínsecos que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa son la litología (calidad de la roca y permeabilidad), morfología y pendiente del terreno.

5.1.1. 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.

Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos, según la forma de la superficie de rotura por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007). En la Figura N° 09, se representan las partes principales de un deslizamiento.

Los deslizamientos rotacionales se caracterizan porque la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca.

Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, 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 (PMA: GCA, 2007).

Para el caso de sector Chacapa y alrededores, los deslizamientos formados son de tipo rotacional, donde la masa desplazada se ha desplazado sobre una superficie curva y cóncava, como se puede esquematizar en las figuras N° 09 y 10.

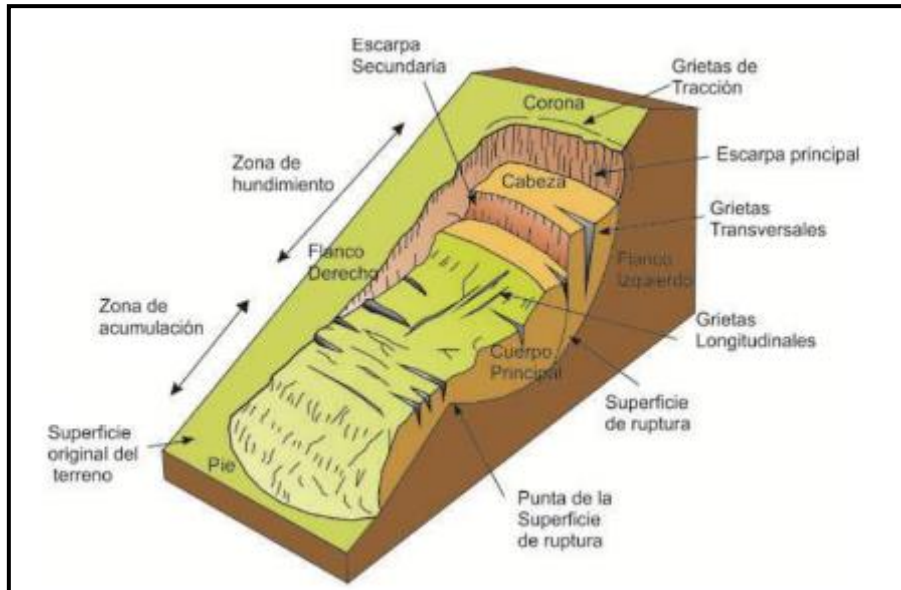


Figura N° 09.- Esquema de un deslizamiento rotacional. **Fuente:** Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas (PMA: GCA, 2007).

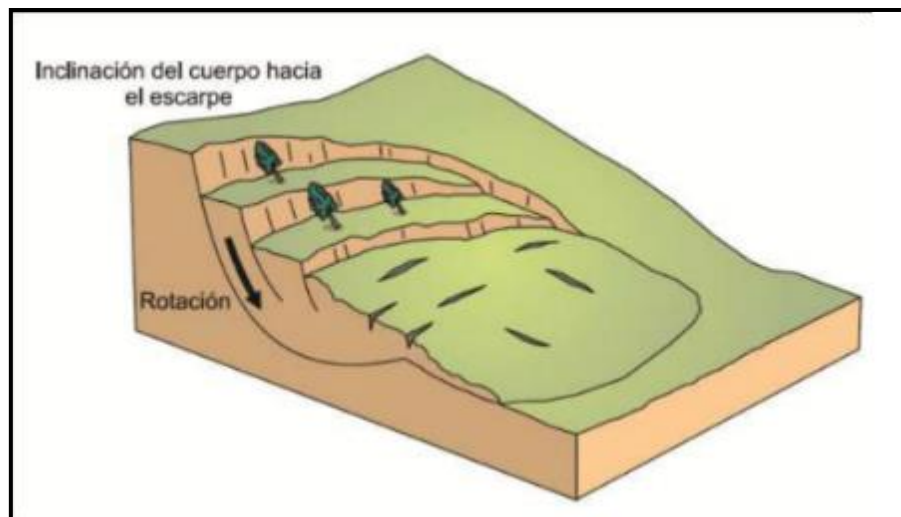


Figura N° 10.- Se muestra la inclinación del cuerpo del deslizamiento y la forma cóncava que tiene la masa inestable. **Fuente:** Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas (PMA: GCA, 2007).

5.1.2 Derrumbe

Es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Forma en la base un depósito caótico de material grueso, es producido por el socavamiento de la base de riveras fluviales, áreas costeras, acantilados rocosos, en laderas de moderada a fuerte pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópica (cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas. En la zona de estudio estos fenómenos se dan en la parte baja de la ladera por efectos de la erosión fluvial (Quebrada Maribamba).

5.2. Deslizamiento de Chacapa: Antecedentes

En el sector Chacapa, el 16 de agosto de 2019 a las 06:00 horas, ocurrió un movimiento en masa (deslizamiento-flujo), que ocasionó el fallecimiento de dos personas (madre e hijo) que se encontraban al interior de su vivienda. Además afectó a 08 personas (damnificadas) y 04 viviendas (inhabitables). (Ver Figura N° 11)

El factor desencadenante fueron las lluvias ocurridas entre los meses de enero y marzo del año 2019, con precipitaciones anuales acumuladas en un rango de 500 mmm a 700 mm en periodo lluvioso normal.

Las causas principales son roca de mala calidad (moderada a intensa meteorización e intensamente fracturada y) y la pendiente del terreno, que varía entre fuerte y abrupta.

Es importante precisar que la zona se caracteriza por ser bastante accidentada, con sectores donde ocurre una importante actividad geodinámica, la cual afecta de manera directa a la infraestructura local, por los constantes deslizamientos, actividad erosiva e intensas precipitaciones pluviales en épocas de lluvias, así como también se podría afectar eventualmente ante la actividad sísmica.

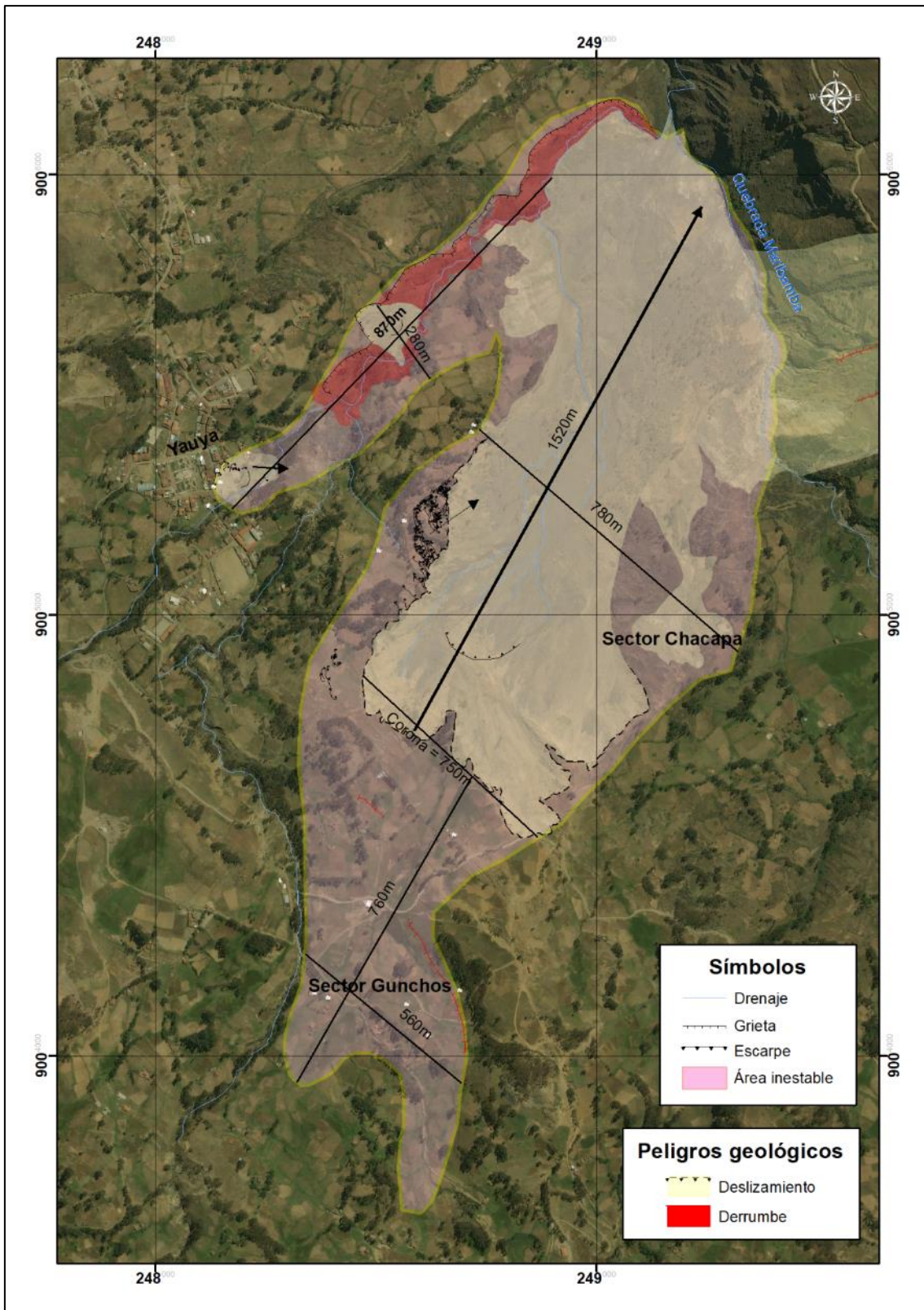


Figura N° 11.- Vista general del deslizamiento de Chacapa, nótese la forma cóncava que tiene la masa inestable, compuesta por los sectores Gunchos, Chacapa y Yauya, donde se observan zonas de derrumbe (de color rojo oscuro), en la parte superior de la vista.



Figura N° 12.- Sector Gonchus, área inestable con grietas con ancho promedio de 3 cm – 5 cm, longitud visible de 17 m y rumbo N15°E. Constituyen el primer sistema de grietas que aflora en superficie.



Figura N° 13.- Sector Gonchus, grietas con apertura promedio de 3 cm – 10 cm, longitud visible de 15 m y rumbo N55°E. Constituyen el segundo sistema de grietas que aflora en superficie, transversal al primer sistema.



Fotografía N° 03.- Sector Gonchus, grietas en las paredes de las viviendas, con apertura promedio de 5 cm – 10 cm, longitud visible de 1.5 m – 2.5 m, y rumbo N10°E.



Fotografía N° 04.- Sector Gonchus, grietas en la superficie del terreno, con apertura promedio de 8 cm – 25 cm, longitud visible de 10 m, y rumbo N02°E.



Figura N° 14.- Sector Gonchus, pozo séptico del centro poblado Rayán, obra de material noble construida por la municipalidad distrital de Yauya en 2012. Actualmente presenta un asentamiento promedio de 0.50 m.



Figura N° 15.- Sector Gonchus, parte lateral izquierda del área inestable. En la vista se observa una zona de con un asentamiento promedio de 0.75 m.

5.2.1. Sector “Chacapa”

Se ubica en la parte central de toda el área de deslizamiento, entre los 3,361 m s.n.m. y 3,220 m s.n.m. aproximadamente, ocupando la mayor parte del área inestable, desde la corona de deslizamiento hasta el río Maribamba, con una superficie de 1,520 m de longitud y 780 m de ancho, aproximadamente. (Ver Figura N° 11)

Presenta grietas en la superficie del terreno, con aperturas que varían entre 10 cm y 90 cm (Ver Fotografías N° 05, 06, 07, y 08) (Ver Figura N° 18), también presenta grietas subverticales en las paredes de las viviendas, con aperturas que varían entre 5 cm y 15 cm, y acentuada inclinación, ambos factores determinan la no habitabilidad de las viviendas. En el sector Chacapa existen seis viviendas en condición de no habitabilidad. (Ver Fotografía N° 10)

El área inestable del sector Chacapa, en su parte superior, presenta zonas de hundimiento con un desnivel o “salto” de 1.80 m en un área donde la pendiente supera los 35° de inclinación. (Ver Figuras N° 16 y 18)

En el área denominada Surco Rumi, perteneciente al sector Chacapa, se observa el desplazamiento de la pirca del principal camino de herradura hacia el distrito de Yauya, en 0.60 m de longitud en superficie, como consecuencia del deslizamiento de toda el área circundante. (Ver Figura N° 18)

En la zona estudiada se reconoció un movimiento complejo (deslizamiento rotacional-flujo de detritos), que se intensificó en el mes de setiembre de 2019. (Ver Fotografía N° 09)



Figura N° 16.- Sector Chacapa, parte superior. Zona de deslizamiento en un área con pendiente promedio de 36°. En la vista se observa un “salto” del terreno de 1.80 m.



Fotografía N° 05.- Sector Chacapa, área denominada Surco Rumi; grietas con aperturas de 15 cm – 25 cm, profundidad promedio de 0.70 m, longitud visible en superficie de 10 m, rumbo: N30°W.

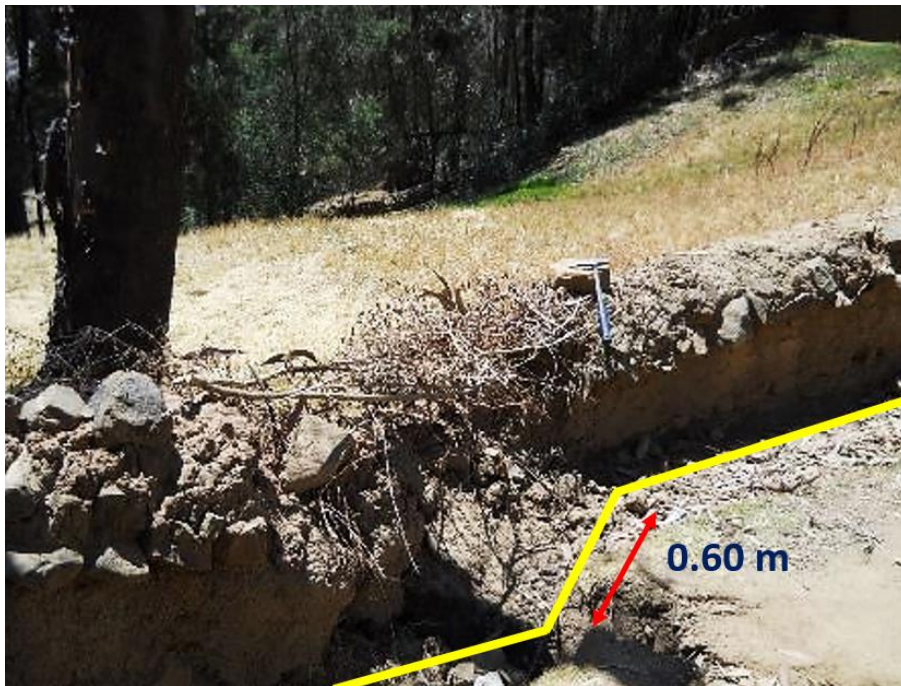


Figura N° 17.- Sector Chacapa, área denominada Surco Rumi; se observa el desplazamiento de la pirca del principal camino de herradura hacia el distrito de Yauya, en 0.60 m, como consecuencia del deslizamiento de toda el área circundante.



Fotografía N° 06.- Sector Chacapa, grieta con apertura de 45 cm, profundidad de 2.80 m, longitud promedio visible en superficie de 75 m – 80 m, rumbo N30°W. Los pobladores de Chacapa manifestaron que en mayo de 2019 era una fisura y en agosto de 2019 evolucionó a una grieta.



Fotografía N° 07.- Sector Chacapa, grieta con apertura promedio de 80 cm – 90 cm, profundidad de 1.70 m, longitud visible en superficie de 50 m, rumbo N35°W. Los pobladores de Chacapa manifestaron que la grieta se había formado 15 días antes de la inspección geológica.



Figura N° 18.- Sector Chacapa, área inestable con presencia de grietas con aperturas de 75 cm en promedio (ver zona derecha de la vista), y “saltos” del terreno con desniveles de 1.50 m.



Fotografía N° 08.- Sector Chacapa, área inestable afectada por grietas subparalelas, con longitudes en superficie que varían de 2 m a 10 m, aperturas de 10 cm a 30 cm, y profundidades que alcanzan los 3 m.



Fotografía N° 09.- Sector Chacapa, área inestable. Vista panorámica del deslizamiento desde su margen izquierda, se observa un deslizamiento rotacional, flujo de detritos (movimiento complejo), con caída permanente de rocas en una pendiente superior a 50°.



Fotografía N° 10.- Sector Chacapa, área inestable. Vivienda de adobe y techo de madera con tejas, presenta grietas en las paredes y acentuada inclinación, lo cual determina su condición de no habitabilidad. Las grietas, subverticales, presentan aperturas que varían entre 5 cm – 15 cm.

5.2.2. Sector “Yauya”

Se ubica desde la parte central hasta la zona noreste del área de deslizamiento, a manera de una franja, entre los 3,220 y 3,170 m s.n.m. aproximadamente, ocupando la parte norte-noreste del área inestable, desde la parte alta del centro poblado de Yauya hasta la parte inferior de la quebrada Maribamba, con una superficie de 870 m de longitud y 280 m de ancho, aproximadamente. (Ver figura N° 11)

En la superficie del terreno, en la zona donde se ubican viviendas, se presenta grietas con aperturas que varían entre 0.80 m y 1.40 m (Ver Fotografías N° 11 y 12), además las paredes de las viviendas están inclinadas, con grietas con aperturas que varían entre 4 cm y 10 cm, en ambos factores determinan la no habitabilidad de las viviendas. (Ver fotografía N° 13).

El área inestable del sector Yauya, en su parte inferior, hacia el lecho del río Maribamba, presenta zonas de asentamiento con desniveles que varían entre 0.25 m y 0.60 m, y zonas de derrumbe, en un área donde la pendiente es superior a 25° grados de inclinación. (Ver figura N° 19).

Desde el sector Yauya se puede observar, en forma panorámica, el deslizamiento-flujo (movimiento complejo) de Chacapa, margen izquierda de la quebrada Maribamba. Es un deslizamiento recurrente con ocurrencias periódicas desde la década del 80 del siglo pasado. (Ver figura N° 20).



Fotografía N° 11.- Sector Yauya, grieta con apertura de 1.40 m, “salto” de 0.50 m, profundidad promedio de 1.60 m, longitud visible en superficie de 35 m, rumbo N25°W.



Fotografía N° 12.- Sector Yauya, grieta con apertura promedio de 0.80 m a 1.20 m, profundidad promedio de 3.00 m, longitud visible en superficie de 30 m, rumbo N20°W.



Fotografía N° 13.- Sector Yauya, parte posterior de una vivienda del distrito de Yauya, se observan grietas subverticales, desde el piso hasta el techo, con apertura promedio de 4 cm – 10 cm, longitud visible de 2.00 m. Vivienda seriamente dañada, con paredes inclinadas.



Figura N° 19.- Sector Yauya, parte inferior del distrito de Yauya, margen izquierda de la quebrada Maribamba, se observa el deslizamiento del terreno superficial con "saltos" de 0.25 m a 0.60 m en promedio, a manera de "escalones", en una pendiente superior a 25°. Los troncos de los árboles presentan una ligera inclinación en contra de la pendiente.



Figura N° 20.- Sector Yauya, vista panorámica del deslizamiento-flujo de Chacapa, margen izquierda de la quebrada Maribamba. Es un deslizamiento que se viene reactivando desde la década del 80, según manifestación de los pobladores de Yauya. En la vista la pendiente supera los 35° de inclinación.

5.3. Causas principales del deslizamiento:

- Substrato rocoso de mala calidad, muy fracturado y moderada a intensa meteorización. La meteorización es principalmente fisicoquímica, lo cual genera un suelo areno-limoso. (Ver fotografía N° 14)
- El substrato rocoso está conformado por una secuencia sedimentaria de calizas con areniscas y limoarcillitas bituminosas. El fracturamiento en las rocas permite la infiltración del agua, mientras que las limoarcillitas la retienen, causando la inestabilidad del terreno. (Ver fotografías N° 01 y 02)
- Los depósitos superficiales coluvio – deluviales, constituidos por fragmentos gruesos de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos y sueltos como arena, limo y arcilla, como matriz en menor proporción. Su constitución permite la retención y saturación del suelo. (Ver figura N° 07)
- El rango de la pendiente en la zona del deslizamiento varía entre fuerte y muy fuerte, fluctuando entre los 20° y 45°, con zonas puntuales mayores a 50° de inclinación (pendiente abrupta). (Ver fotografías N° 01, 02 y 09) (Ver figuras N° 07, 08, 13, 16, 19, 20, 21 y 22)
- Las precipitaciones pluviales, que se producen en el área evaluada y que incrementan su intensidad en verano (diciembre – marzo). Constituyen el factor desencadenante del evento geodinámico.
- Los depósitos medianamente a mal consolidados, permeables e inestables, que incrementan sus propiedades erosivas con el agua. (Ver figura N° 21)
- El tipo de riego (por gravedad) en la zona, contribuye a que las aguas se infiltren y saturen el suelo, lo cual ocasiona un aumento en el peso de la masa inconsolidada, aumentando la inestabilidad de la ladera. (Ver figura N° 23)
- La **deforestación** indiscriminada para aumentar los terrenos de cultivo y el riego inadecuado, la suma de ambos factores incrementan la inestabilidad del substrato rocoso. (Ver figura N° 22)

5.4. Condiciones geodinámicas del terreno:

- Sobre el cuerpo del deslizamiento se tienen bloques y fragmentos de rocas con intensa meteorización y fracturadas, distinguiéndose calizas, areniscas y limoarcillitas bituminosas, principalmente; también se observan troncos de árboles. Todos estos materiales sueltos son de mala calidad y fácil remoción. (Ver fotografías N° 09 y 14)
- Estos depósitos poco consolidados, permeables e inestables, se ven afectados por la infiltración de agua de lluvias que ocurren principalmente en la época de verano (enero – marzo) de cada año, y que ocasionan la saturación del suelo.
- De producirse un movimiento sísmico de mediana a gran magnitud que afecte el área de Chacapa y zonas aledañas, o se incrementen las lluvias intensas, sumado al factor “pendiente” (20° a 50° de inclinación en el cuerpo del deslizamiento), ocasionaría que la masa inestable del terreno se deslice, este desplazamiento alcanzaría la quebrada Maribamba (**Ver Figura N° 11**)

- Se presentan grietas longitudinales y paralelas al borde de la escarpa de deslizamiento, con aperturas entre 15 cm - 30 cm, por donde se infiltra fácilmente el agua de lluvia, contribuyendo a desestabilizar la ladera. (Ver Fotografía N° 24)



Fotografía N° 14.- Substrato rocoso de mala calidad. Secuencia de areniscas con intensa meteorización y fuerte fracturamiento, generando suelos residuales (arenolimosos oxidados). La meteorización es principalmente de tipo fisicoquímica.



Figura N° 21.- Secuencia sedimentaria de areniscas intercaladas con limoarcillitas bituminosas. La pendiente superior a 40° (muy fuerte) y el suelo saturado de agua (infiltración de precipitaciones pluviales y riego por gravedad) incrementan la inestabilidad de la ladera.



Figura N° 22.- Zona deforestada para ganar terrenos de cultivo, y con malas prácticas de riego (por gravedad), que originan el aumento de la inestabilidad del substrato rocoso. En la vista se observa que la zona se ha deslizado y presenta una pendiente superior a 45° (abrupta).



Figura N° 23.- Parte superior de la corona de deslizamiento, se observan grietas de tracción paralelas al borde de la escarpa con aperturas de 15 cm – 30 cm en promedio, por donde se infiltra el agua de lluvia, contribuyendo a desestabilizar la ladera.

Dadas las observaciones de campo e interpretaciones geológico-geodinámicas donde se nota la afectación en viviendas y terrenos superficiales y el hecho del fallecimiento de dos personas por un derrumbe de rocas el pasado 16 de Agosto de 2019, se concluye que la zona de Chacapa y alrededores es considerada de **Peligro muy alto** en temporada de lluvias y ante la ocurrencia de un eventual movimiento sísmico. Adicionalmente el área inspeccionada es considerada como **Zona Crítica** por el INGGEMMET (Zavala et al, 2009).

6. MEDIDAS CORRECTIVAS Y/O PREVENTIVAS

Las siguientes medidas propuestas tienen como finalidad minimizar la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa como deslizamientos, caídas de rocas, derrumbes y huaicos en el área de Chacapa y alrededores, así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias.

Es muy importante que las comunidades sepan comprender, identificar y estar alertas ante la aparición de señales de riesgo por movimientos en masa. La aparición de grietas en la cresta de los taludes y laderas, los asentamientos, hundimientos y “saltos” diferenciales del terreno, los cortes del talud, abultamientos en el pie del talud, y la geología que compone estos terrenos son aspectos esenciales que deben ser comprendidos por los gobiernos locales y la comunidad.

6.1. Medidas de control de deslizamientos, derrumbes y erosión en cárcavas

a) Corrección por modificación de la geometría del talud

Tratamiento de taludes con escalonamiento, se puede emplear cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o desde antes que se produzca, y su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca, indeseables en todos los casos y si se coloca en ellas zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobre todo cuando es de fácil meteorización y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de rocas. (Ver figura N° 24).

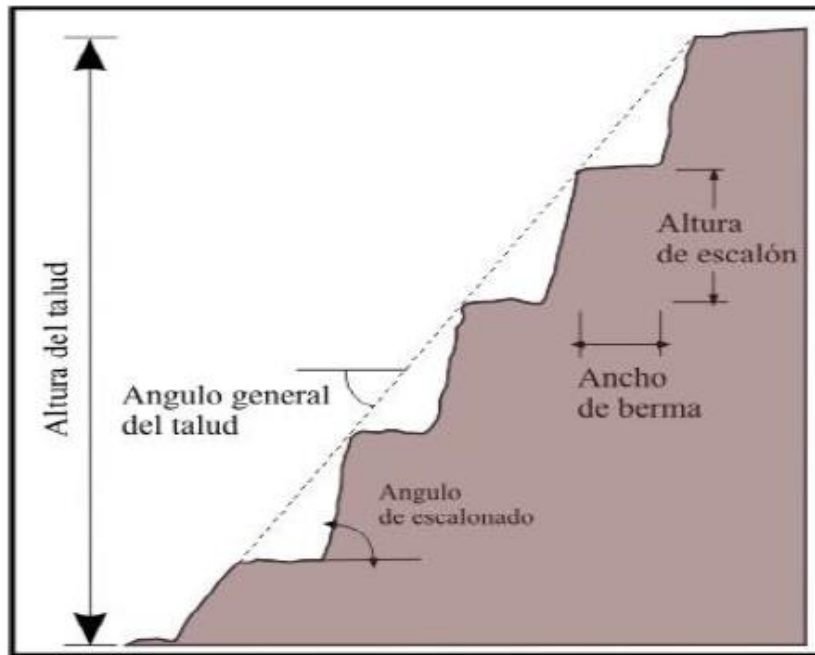


Figura N° 24.- Esquema de un talud con bermas intermedias (Tomado de INGEMMET, 2000). Sería un buen control en el principal cuerpo de deslizamiento, en el sector Chacapa, y en la parte inferior del sector Yauya (hacia la quebrada Maribamba).

c) Corrección por elementos resistentes

Muros, se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes, para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie. Los muros se pueden clasificar en tres grupos: (Ver figura N° 25)

- Muros de sostenimiento, se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- Muros de revestimiento, su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la meteorización y erosión, además de proporcionar un peso estabilizador.
- Muros de contención, generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro (como gaviones). (Ver figura N° 25)

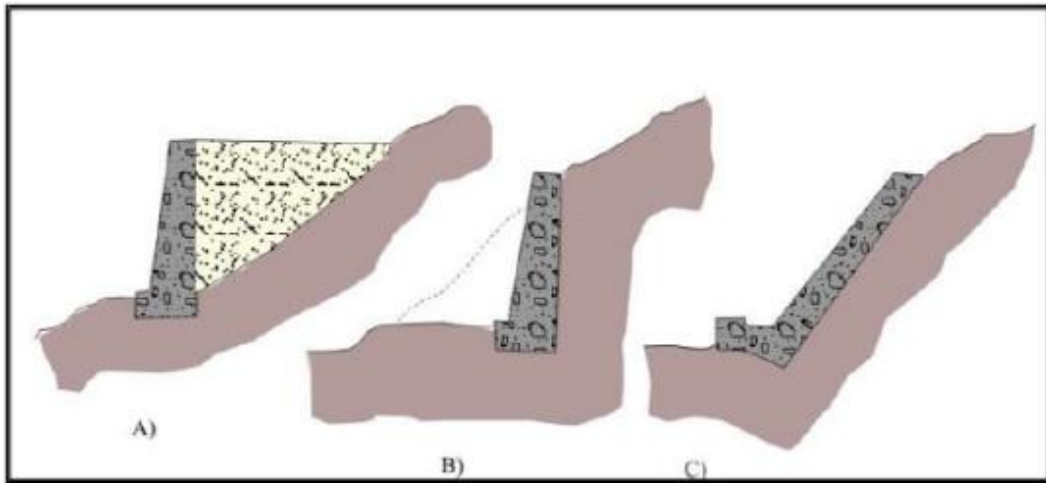


Figura N° 25.- Tipos de muros: A) Sostenimiento, B) Contención, C) Revestimiento (INGEMMET, 2000).

Descabezamiento y construcción de tacones de tierra o escollera. La extracción de material de la coronación, disminuye el peso en la parte superior del talud y en consecuencia disminuyen las fuerzas que favorecen la rotura del talud. La eliminación de escasas cantidades de terreno produce aumentos apreciables del coeficiente de seguridad. Al acumular material en el pie del talud se crea un tacón cuyo peso hace que las tensiones normales aumenten, y como consecuencia de ellas aumenta la resistencia del talud. (Ver figura N° 26).

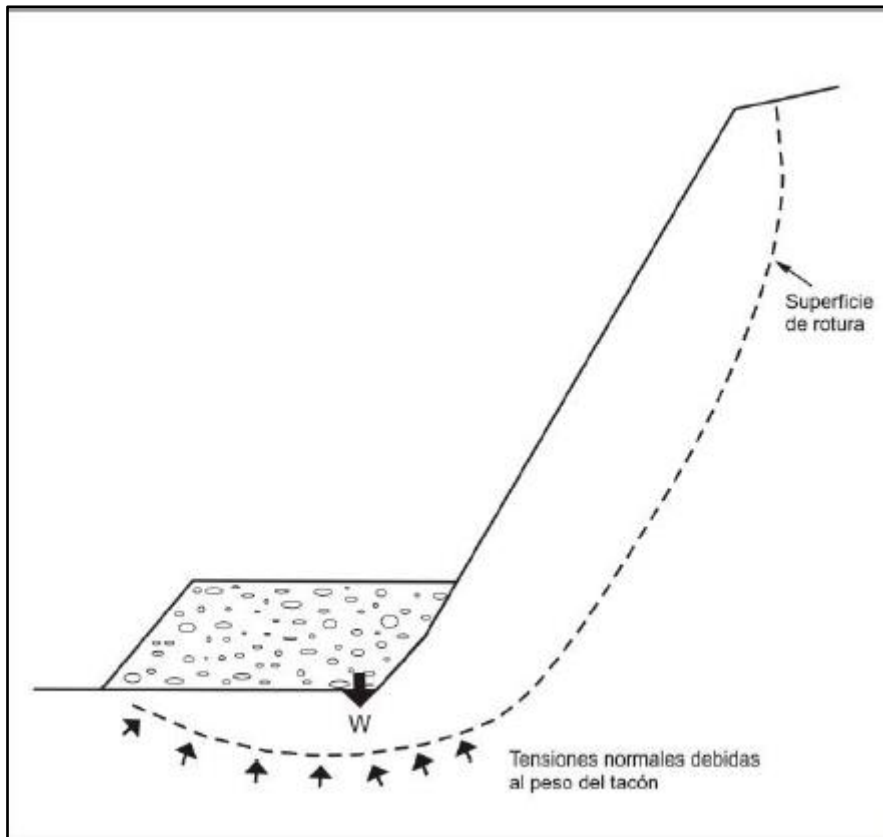


Figura N° 26.- Tación de tierra o escollera en el pie de un talud.

c) Correcciones Superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud, con una acción que afecta sólo a las capas más superficiales del terreno con el fin de evitar la erosión y meteorización de la superficie de la ladera:

Sembrado de taludes. Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos (fotografía N° 15) (figura N° 27), entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo, ya que las raíces profundas de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan y la absorción de agua por estas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.



Fotografía N° 15.- Ladera reforestada en parte y terraceo para control de deslizamiento, erosión y reptación de suelos.



Figura N° 27.- Forestación de laderas para estabilización en cuerpo de deslizamiento.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmante. Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno.

d) Corrección por drenaje

Con el drenaje se trata de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la posible superficie del deslizamiento. Ello hace que las presiones efectivas sean mayores, y en consecuencia que aumenten las fuerzas de fricción, que se oponen al deslizamiento de la masa de terreno. El drenaje se puede diseñar en superficie o en profundidad (figura N° 28).

El propósito del drenaje en superficie es recoger las aguas superficiales o las aguas bombeadas procedentes de los drenajes profundos y evacuadas lejos del talud, evitándose su infiltración.

Con el drenaje en profundidad se pretende deprimir el nivel freático con objeto de disminuir las presiones intersticiales.

Dren longitudinal

Consiste en un tubo poroso o perforado, paralelo al muro situado sobre el talón del mismo.

Se pueden llevar a cabo medidas complementarias con la instalación de capas de drenaje longitudinales o inclinadas detrás del muro, muy útil para evitar los efectos de las heladas y para reducir significativamente las presiones de filtración que se desarrollan después de lluvias intensas (figura N° 29).

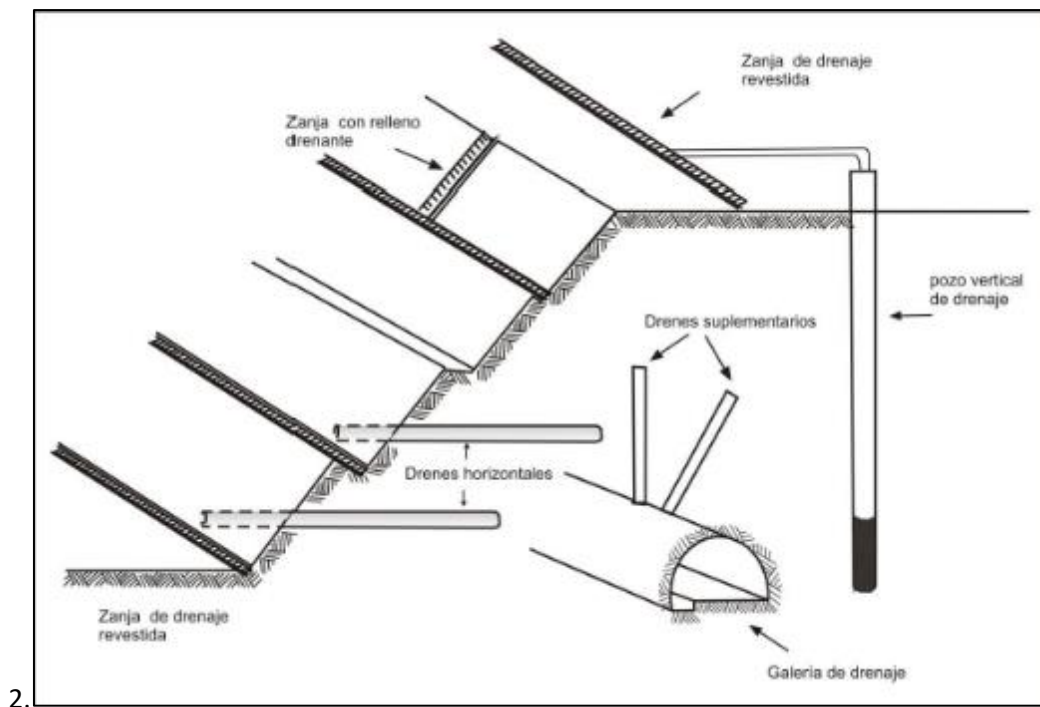


Figura N° 28.- Diversos procedimientos de drenaje de talud.

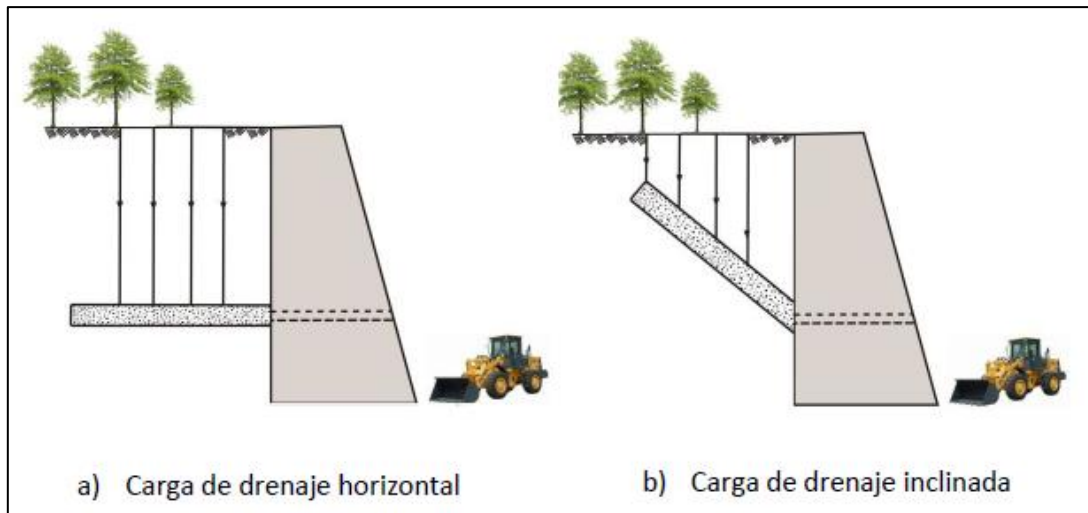


Figura 29.- Instalación de capas de drenaje detrás de un muro.

6.2. Medidas de control para zonas de flujos y cárcavas

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos. Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que cabe destacar:

- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración (figura N° 30), con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas (Ver Figura N° 31), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas (figura N°32).
- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 33, 34, 35 y 36) (fotografía N° 16).

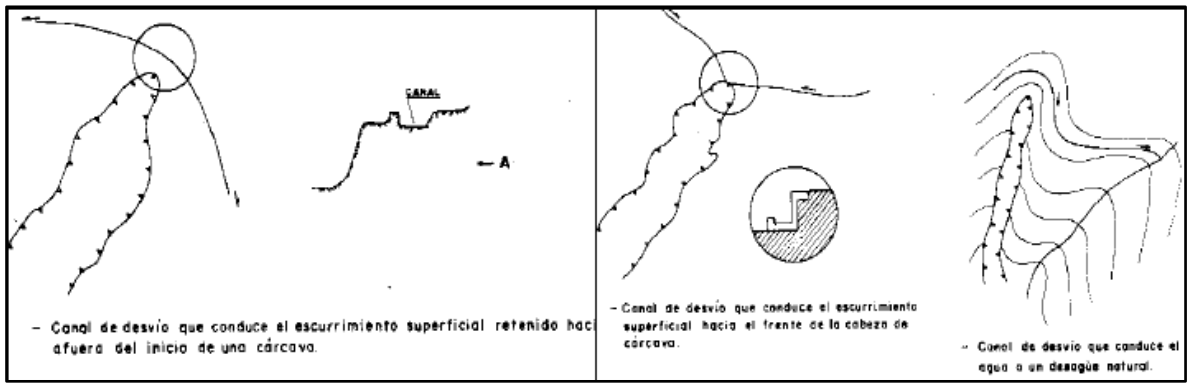


Figura 30.- Canales de desvío.

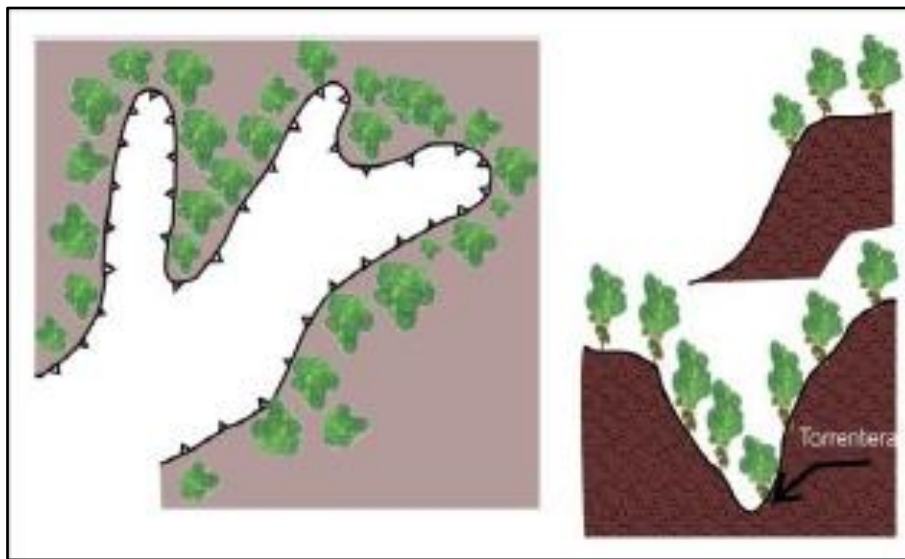


Figura 31.- Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

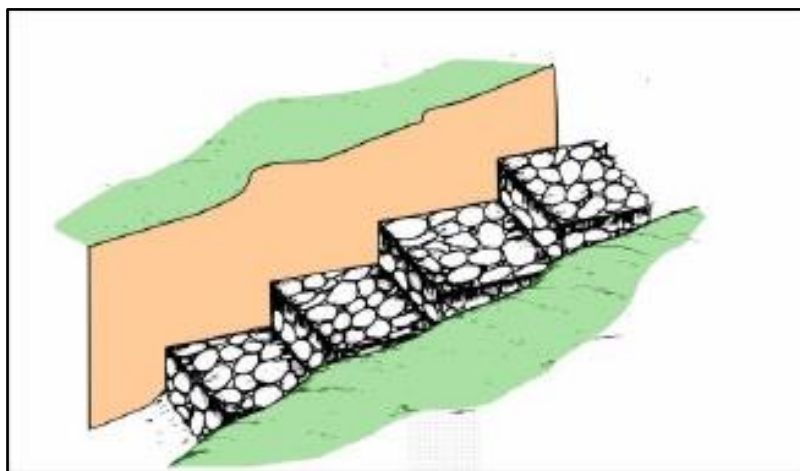


Figura 32.- Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

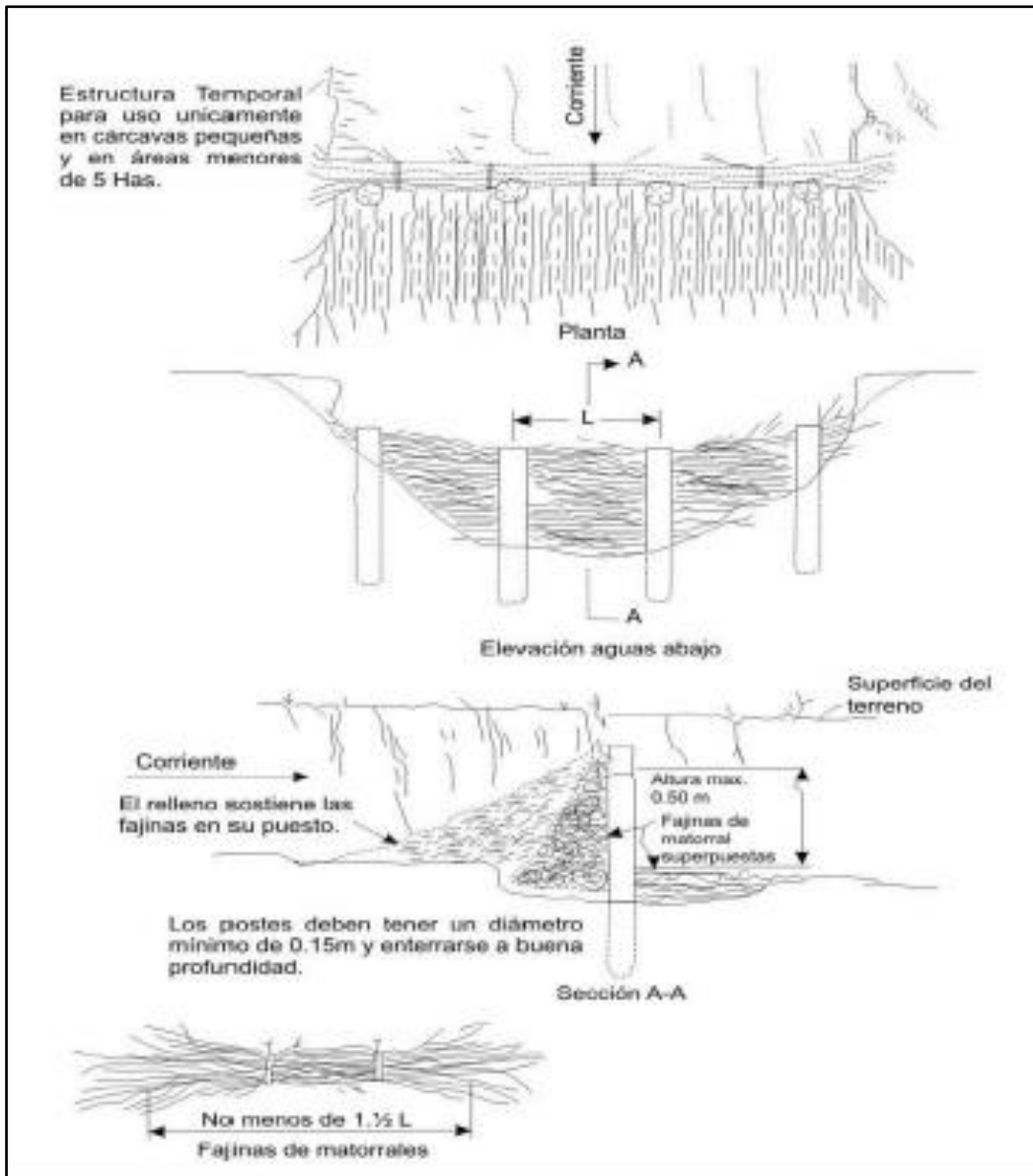


Figura 33.- Trincho de matorral (tipo hilera de postes). Adaptado de Valderrama et al. (1964)

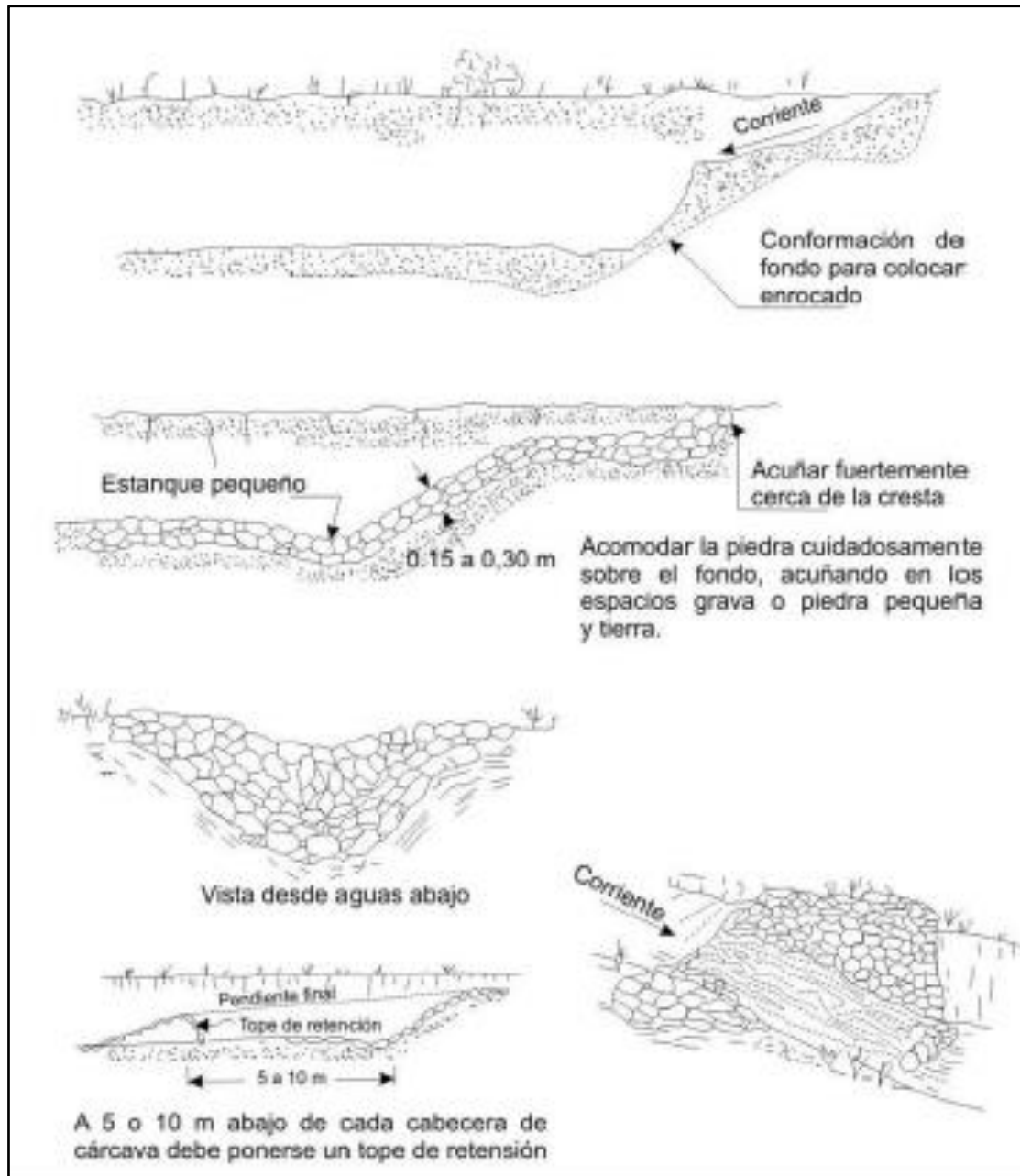


Figura N° 34.- Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina. Adaptado de Valderrama et al. (1964)

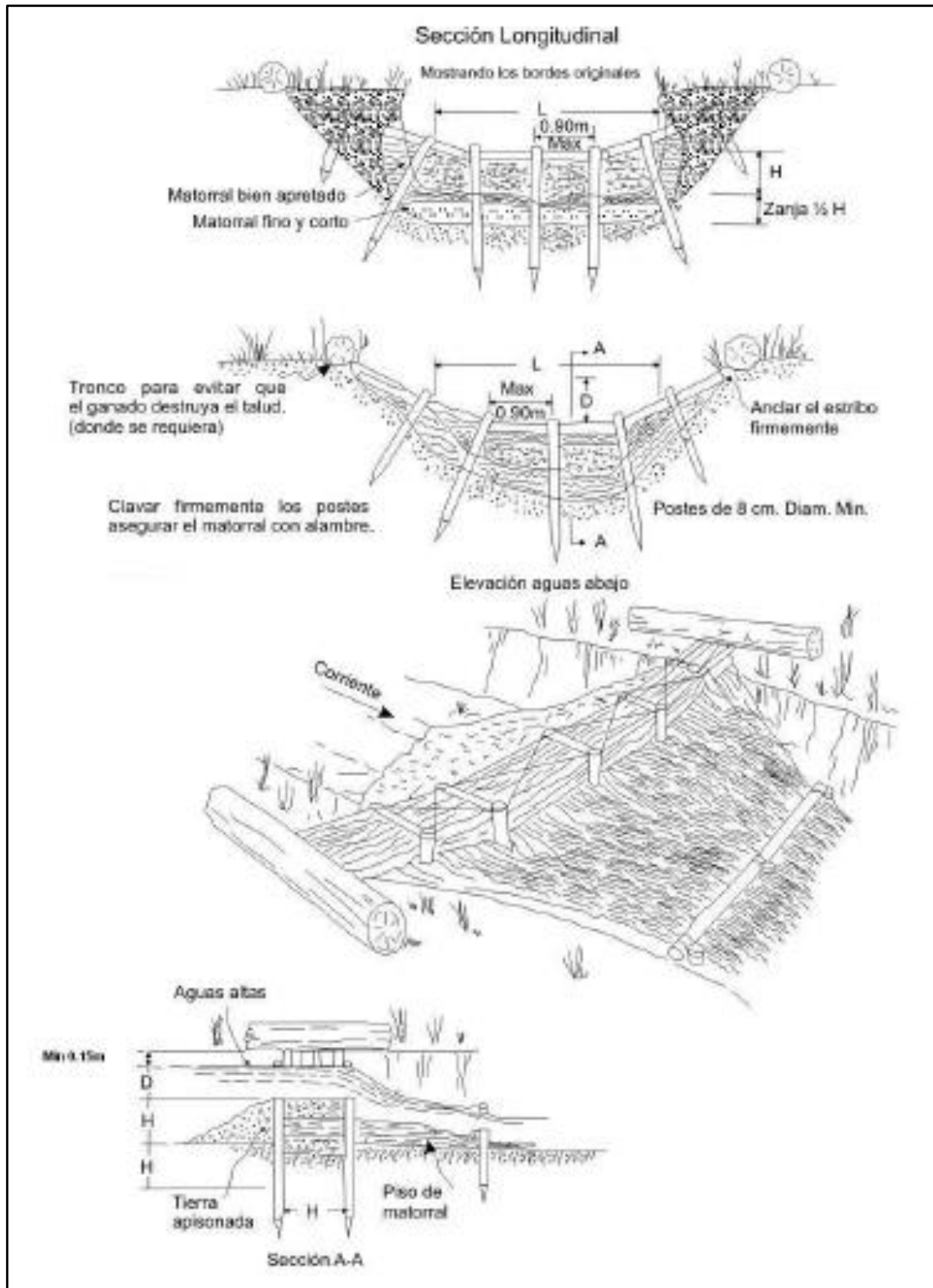


Figura N° 35.- Trincho de matorral tipo doble hilera de postes. Adaptado de Valderrama. (1964)

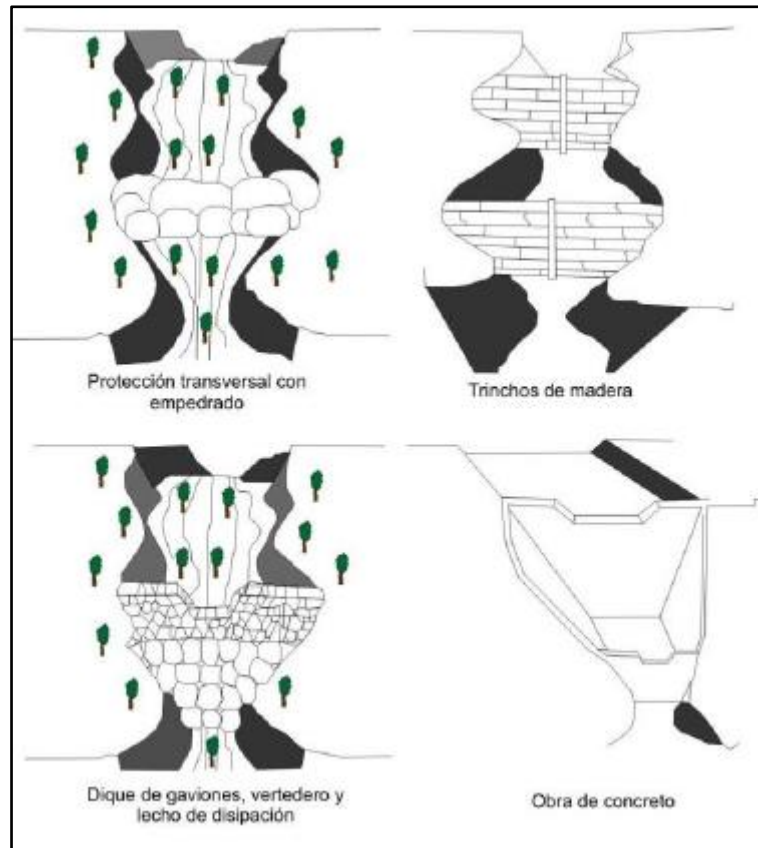


Figura N° 36.- Obras hidráulicas transversales para control de erosión en cárcavas (Tomado de S. Nuñez).



Fotografía N° 16.- Ejemplo de evacuación de aguas superficiales y control de erosión en cárcavas, mediante trinchos escalonados.

CONCLUSIONES.

- a) Los sectores de Chacapa y Gonchus, presentan un relieve abrupto en las cadenas montañosas de la zona, las cuales pertenecen al flanco oriental de la Cordillera Blanca, con laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°), de flancos escarpados que forman vertientes coluvio – deluvial.
- b) Los sectores y sus alrededores, se ubican en un área de Alto grado de susceptibilidad a peligros por movimientos en masa de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujos de detritos (huaico) y erosión de ladera.
- c) El peligro geológico por movimientos en masa que ocurre en la zona de Chacapa y alrededores es activo y de recurrencia periódica. Es un movimiento complejo que consiste en un deslizamiento rotacional - flujo de detritos, con zonas de derrumbe en la parte inferior de la margen izquierda de la quebrada Maribamba, contigua al distrito de Yauya. Para una mejor comprensión y caracterización del deslizamiento, este ha sido dividido en tres sectores: Gonchus, Chacapa y Yauya. Este evento se encuentra en proceso de reactivación, desencadenado por el sismo del 26 de mayo 2019 (Lagunas-Loreto).
- d) El proceso por movimientos en masa de Chacapa, ha sido condicionado por las características del sustrato rocoso, el cual consiste en una secuencia sedimentaria de mala calidad, con rocas muy meteorizadas y fracturadas.
- e) La deforestación de las laderas en los sectores en estudio y el riego inadecuado, las rocas de mala calidad almacenan agua y la transmiten lentamente, saturando el sustrato rocoso.
- f) El factor desencadenante del deslizamiento son las lluvias intensas que se presentan entre los meses de Noviembre – Marzo, que aceleran el proceso geodinámico.
- g) Dadas las observaciones de campo e interpretaciones geológico-geodinámicas donde se nota la afectación en viviendas y terrenos superficiales y el hecho puntual del fallecimiento de dos personas por un derrumbe de rocas el pasado 16 de Agosto de 2019, se concluye que la zona de Chacapa y alrededores es considerada de **Peligro muy alto** por las condiciones actuales en **peligro inminente** en temporada de lluvias y ante la ocurrencia de un eventual movimiento sísmico. Adicionalmente el área inspeccionada es considerada como **Zona Crítica** por el INGEMMET (Zavala et al, 2009).

RECOMENDACIONES

1. Para estabilizar el deslizamiento en los sectores de Chacapa, Yauya y Gonchus se debe construir un sistema de drenaje (longitudinal y transversal) combinado con muros (sostenimiento y contención) y gaviones al pie del talud. Estos trabajos deben ser realizados por personal técnico especializado en la materia.
3. Las zanjas de drenaje (impermeabilizadas) se deben de construir sobre la cabecera del deslizamiento, con la finalidad de colectar las aguas de las lluvias y drenarlas hacia las quebradas alternas, evitando que se infiltren en las grietas. El sistema de drenaje debe estar constituido por tuberías de PVC o mangueras.
4. Debido a las condiciones de inestabilidad de las laderas se debe realizar escalonamiento en los taludes y colocar diques o trinchos transversales para el control de erosión en cárcavas. Así como sistemas de drenaje para la evacuación de aguas superficiales.
5. Realizar trabajos de drenaje en las cárcavas y terrenos de cultivo adyacentes, para controlar el flujo de aguas de regadío y así evitar la infiltración excesiva y la erosión superficial. Cambiar el método de riego, no usar el riego por gravedad, éste método satura el terreno y lo degrada. Se debe orientar y capacitar a la población para que usen las técnicas de riego por aspersión o goteo, con la finalidad de controlar la infiltración de agua.
6. Se deben de realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización, con árboles de raíces profundas. Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de las cárcavas y en las zonas circundantes a éstas.
7. No talar ni quemar árboles para ganar terrenos para la agricultura, ésta mala práctica facilita la generación de deslizamientos, derrumbes y erosión de suelos en la zona evaluada. Más bien se debe incentivar los trabajos de sembrado de taludes.
9. Conformar una brigada para que conformen un sistema de alerta temprana, principalmente en el período de lluvias, para que ésta realice vigilancia del terreno, con la finalidad de realizar posibles acciones de evacuación. Esta brigada deberá de comunicar algún cambio notorio en el relieve y cuerpo del deslizamiento.
10. Implementar un sistema de monitoreo en el deslizamiento de Chacapa, especialmente en la época de lluvias, para controlar su movimiento. Se puede realizar mediante la colocación de estacas entre la zona donde se produce el movimiento y las zonas estables. En lo posible realizar un monitoreo instrumental. Coordinar para ello con el Gobierno Regional de Ancash.



HUGO DANILLO GOMEZ VELASQUEZ
ING. GEÓLOGO
CIP N° 135772



César Augusto Chacaltana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Crozier, M.J. & Glade, T. 2005. Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach, en Glade, T., et al. ed., Landslide hazard and risk: Chichester, England, John Willey & Sons, Pág. 2–40.
- Cruden, D. M. 1991. A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 43, Pág. 27–29.
- Luque, G. & Delgado, F. 2012. Evaluación Ingeniero – Geológica de los deslizamientos de Yauya y Tambo Real (distrito Yauya, provincia Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash). INGEMMET. Informe Técnico N° A6591, 33 Pág.
- Monge, R., Valencia, M. & Sánchez, J. 1998. Geología de los cuadrángulos de Llochegua, río Picha y San Francisco. INGEMMET. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 120, 253 Pág.
- Núñez, S. & Albinez, L. 2015. Peligro por Deslizamiento en el Sector La Sacilia (distrito Toribio Casanova, provincia Cutervo, región Cajamarca). INGEMMET. Informe Técnico N° A6686, 38 Pág.
- Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, 404 Pág.
- Suárez, D. J. 1998. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, Santander Colombia, 539 Pág.
- Varnes, D. J. 1978. Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, Pág. 9–33.
- 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. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 60, 79 Pág.