

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7035

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA SIPASPUJIO

Región Cusco
Provincia Cusco
Distrito Santiago



ABRIL
2020

INDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ANTECEDENTES.....	2
3. ASPECTOS GENERALES.....	3
3.1. Ubicación y accesibilidad.....	3
3.2. Clima.....	4
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS.....	4
4.1. Aspectos geológicos.....	4
4.2. Aspectos geomorfológicos.....	7
4.2.1. Unidades geomorfológicas.....	7
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	8
5.1. Conceptos teóricos.....	10
5.2. Margen derecha.....	11
5.3. Margen izquierda.....	14
6. . FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES.....	15
7. OBRAS DE MITIGACIÓN.....	16
CONCLUSIONES.....	19
RECOMENDACIONES.....	19
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	20

EVALUACIÓN GEOLÓGICA GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA SIPASPUJIO

(REGIÓN Y PROVINCIA CUSCO DISTRITO SANTIAGO)

RESUMEN

La zona de estudio se ubica en el borde Oeste de la Cordillera Oriental. Políticamente se localiza en el distrito de Santiago, provincia y región Cusco.

Litológicamente, en la quebrada Sipaspujio, afloran rocas sedimentarias del Cretácico al Cuaternario, cubierto por depósitos coluviales. En la parte alta de la quebrada, aflora la Formación Puquin, conformado por arcillitas rojas lacustres, zona donde se observa el anticlinal de Puquin, cuyo eje fallado, permitió la formación de la quebrada Sipaspujio; en la parte media afloran arcillitas lacustres con areniscas y microconglomerados fluviales de la Formación Quilque, la parte baja de la quebrada Sipaspujio canalizada confluye hacia la Av. Ejército, la margen izquierda está conformado de arcillitas rojas lacustres intercaladas con delgados niveles de areniscas feldespáticas de un sistema fluvial de la Formación Chilca y areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de arcillitas de medios fluviales de la Formación Kayra. Finalmente, la parte baja de la margen derecha, está conformado por arcillitas y arenas fluvio lacustres de la Formación San Sebastián (Carlotto, et al., 2011).

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona de estudio se ubica en montañas y colinas estructurales de rocas sedimentarias, disectado por la quebrada Sipaspujio, cuyas laderas presentan una pendiente que varían de 45° a 65°.

El 4 de febrero del presente año, en la margen derecha de la quebrada Sipaspujio, se activó un deslizamiento con tres niveles de escarpe, desencadenado por las lluvias intensas.

Por otro lado, se observó agrietamientos longitudinales de 35 cm, en el cuerpo del deslizamiento y el flanco derecho, ello indica su avance retrogresivo. Así mismo, en el tercer nivel del escarpe, se apreció un muro de gavión a punto de caer cuesta abajo.

Debido a las condiciones geológicas y de geodinámica externa que presenta la quebrada Sipaspujio, donde se ubican los Pueblos Jóvenes de Independencia y San Isidro, se le considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** ante deslizamientos, derrumbes e inundaciones.

Se recomienda la construcción de zanjas de drenaje en los flancos y sobre la cabecera del deslizamiento con la finalidad de coleccionar las aguas de las lluvias y drenarlas fuera del deslizamiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (D GAR) y la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional. Su alcance contribuye 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 hidrológicos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas y/o asociados a actividad volcánica.

Mediante oficio N° 333-2020-MP-2° FPPD-C en referencia al Oficio 0062-DODC/MPC-2020, mediante el cual requieren el informe las acciones implementadas. El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a la geóloga Katerin Ramirez Talavera, para realizar la evaluación geológica - geodinámica en la quebrada Sipaspujio, realizada el día 12 de marzo del presente año.

Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona un informe técnico que incluye resultados de la evaluación geológica - geodinámica realizada, así como recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres; para cuya evaluación se realizaron trabajos de recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos, GPS, cartografía, procesamiento de información y redacción del informe.

2. ANTECEDENTES

Entre los principales estudios realizados a nivel local en la zona se pueden apreciar:

- ✓ El día 10 de enero 2020 la Municipalidad Provincial de Cusco a través de la Oficina de Defensa Civil en una primera inspección, llegaron a observar agrietamientos y asentamiento de 10 cm en la vía Cusco – Abancay, Pueblo Joven Independencia. En la segunda inspección realizada el 4 de febrero del presente año, los agrietamientos en la vía Cusco-Abancay aumentaron hasta 35 cm, en donde algunas bolsas de piedra de gavión habían caído al cauce del río y una bolsa de gran tamaño aún se encuentra al borde del talud. Asimismo, observaron la presencia de dos indigentes que viven al borde del talud, expuestos a ser afectados por el deslizamiento.
- Concluyeron que la Vía Cusco - Abancay a la altura del Pueblo Joven Independencia, se encuentra en RIESGO MUY ALTO y de peligro inminente, por el avance de la reptación de suelo y agrietamientos.

- ✓ El “Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad de Cusco” PNUD-INDENCI 2004). El estudio determina que la quebrada Sipaspujio, se encuentra en zona de PELIGRO MUY ALTO, a la ocurrencia de deslizamientos, y en la parte baja susceptible a inundaciones.
- ✓ Boletín N° 138 Serie A: “Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000” INGEMMET, (Carlotto et al., 2011). Describen que en la quebrada Sipaspujio afloran rocas sedimentarias del Cretácico al Cuaternario, en la parte alta de la quebrada, aflora la Formación Puquín, conformado por lutitas rojas lacustres; en la parte media afloran lutitas lacustres con areniscas y microconglomerados fluviales de la Formación Quilque, la parte baja de la quebrada en la margen izquierda está conformado de lutitas rojas lacustres intercaladas con delgados niveles de areniscas feldespáticas de un sistema fluvial de la Formación Chilca y areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas de medios fluviales de la Formación Kayra. Finalmente, la parte baja de la margen derecha, está conformado por arcillitas y arenas fluvio-lacustres de la Formación San Sebastián (Carlotto, et al., 2011).

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

Geográficamente la zona de estudio se encuentra ubicada en el borde Oeste de la Cordillera Oriental. Políticamente se localiza en el distrito de Santiago, provincia y región Cusco (figura 1), cuyas coordenadas UTM WGS84 son 175861 E, 8503077 S a 3517 m s. n. m.

La zona de estudio es accesible por vía terrestre, desde Lima a través de la carretera Panamericana Sur (cuadro 1).

Cuadro 1. Accesibilidad del área de estudio

Tramo	Tipo de vía	km	Tiempo
Lima-Abancay-Cusco	Vía asfaltada	1142	25 h 0 min
Lima-Nazca-Cusco	Vía asfaltada	1102	19 h 4 min

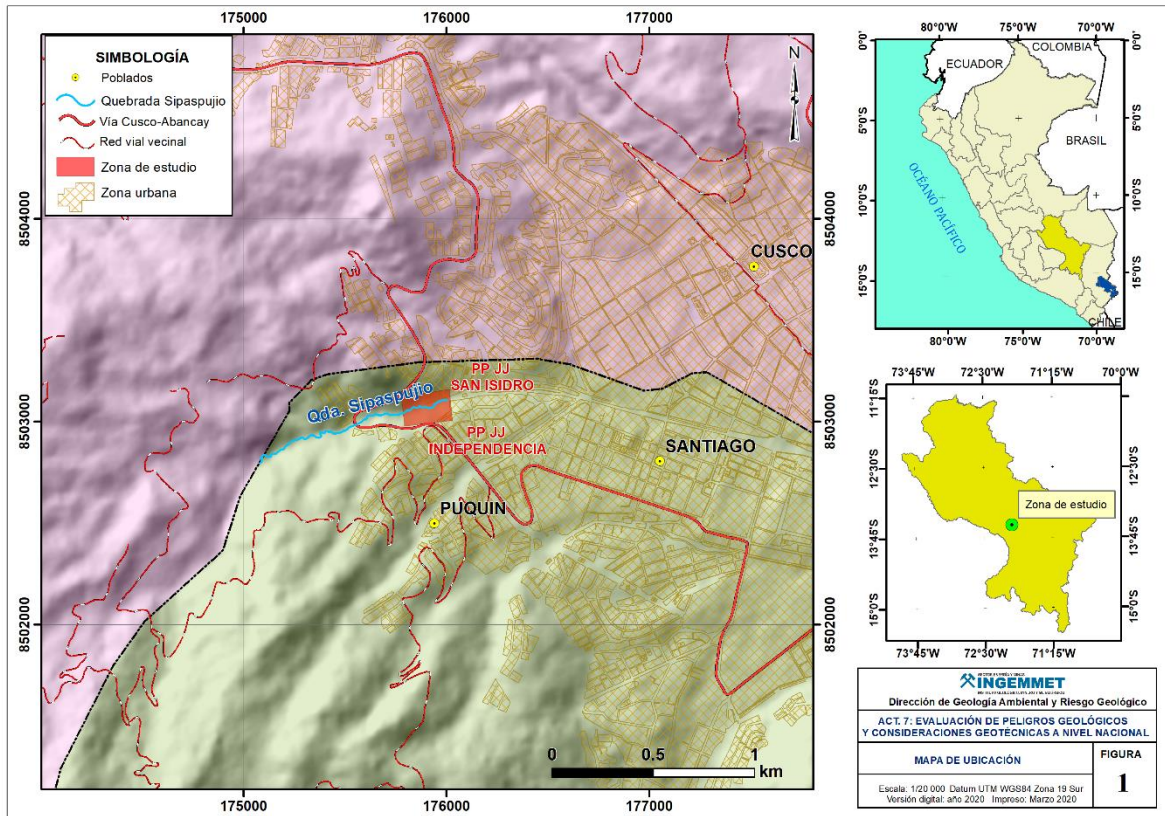


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

3.2. Clima

Según la estación Meteorológica de Perayoc – UNSAAC, la zona de estudio presenta un clima templado - seco. Las máximas precipitaciones se registran entre los meses de noviembre a marzo, con un promedio de 154 mm y una temperatura promedio anual de 12C°.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Aspectos geológicos

En la quebrada Sipaspujio, afloran rocas sedimentarias del Cretáceo al Cuaternario, cubierto por depósitos coluviales (figura 3).

Cretácico superior

a) Formación Puquín

Carlotto et al., 2011, la divide a esta unidad en tres miembros:

- a) *Miembro M1*, conformado por arcillitas rojas lacustres,
- b) *Miembro M2*, compuesto por calizas, margas y arcillitas negras y verdes asociados a yesos laminares.
- c) *Miembro M3*, conformado por intercalaciones de arcillitas y areniscas feldespáticas de color rojo de origen fluvial, se encuentra moderadamente meteorizada, susceptible a movimientos en masa.

Esta unidad aflora en la parte alta de la quebrada Sipaspujio, en el anticlinal de Puquín, cuyo eje fallado, permitió la formación de la quebrada Sipaspujio (figura 2).



Figura 2. Afloramiento de la Formación Puquín.

Paleoceno inferior

b) Formación Quilque

Afloran en la parte media de la quebrada Sipaspujio, litológicamente compuesto por arcillitas lacustres de color morado, intercalada con areniscas y microconglomerados fluviales, en la zona de estudio el substrato se encuentra muy meteorizado, de susceptibilidad muy alta a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa (fotografía 1).



Fotografía 1. Vista al Sureste, afloramientos de la Formación Quilque.

Paleoceno superior

c) Formación Chilca

Compuesto de arcillitas rojas lacustres intercaladas con delgados niveles de areniscas feldespáticas de un sistema fluvial, se halla erosionada (Carlotto et al., 2011); en la zona de estudio el substrato se presenta con intensa meteorización. Sobre este material se encuentran asentadas las viviendas del PP JJ San Isidro (fotografía 2).



Fotografía 2. Vista al Norte, afloramientos de la Formación Chilca.

Eoceno inferior

d) Formación Kayra

Litológicamente está conformado por areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de arcillitas de medios fluviales; afloran en la parte baja de margen izquierda de la quebrada Sipaspujio.

Pleistoceno

e) Formación San Sebastián

Afloran en la parte baja y margen derecha de la quebrada Sipaspujio, está conformado por arcillitas y arenas fluvio lacustres (Carlotto et al., 2011).

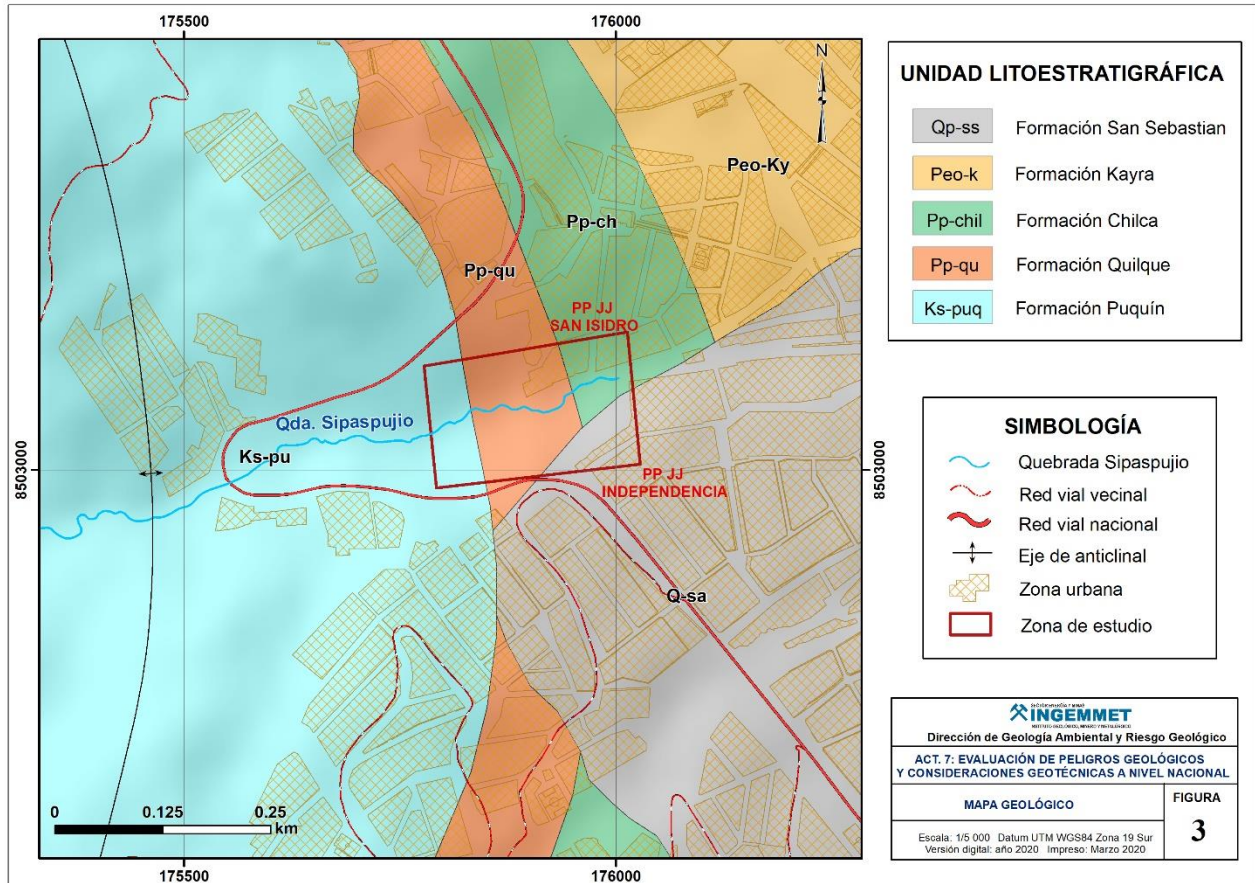


Figura 3. Mapa geológico de la zona de estudio. Fuente: Carlotto et al., 2011.

4.2. Aspectos geomorfológicos

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona de estudio se ubica en montañas y colinas estructurales de rocas sedimentarias, disectado por la quebrada Sipaspujio, cuyas laderas presentan una pendiente fuerte que varían de 45° a 65°.

4.2.1. Unidades geomorfológicas

Unidad de Montañas

Una montaña es la unidad o componente de una cadena montañosa, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel respecto a su nivel de base local, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular, sus laderas regulares e irregulares a complejas, y su pendiente o declive superior al 30% (Zavala & Rosado, 2011).

a) Subunidad de Montañas Estructurales en Roca Sedimentaria

Se observan laderas de montañas estructuralmente plegadas donde aún se conservan rasgos de las estructuras originales, a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación. Las pendientes de las laderas varían entre suaves hasta abruptas y erosionadas. litológicamente están compuestas por secuencias sedimentarias. (Zavala & Rosado, 2011).

Unidad Colinas

Las colinas no superan los 300 m desde la base hasta la cima, presentan cimas estrechas y agudas, producto de procesos erosivos de terrenos con elevaciones en forma elongada, el modelado de su relieve tiende a ser de tipo fluvio erosional que estructural, debido a su baja resistencia a la meteorización y a la erosión pluvio - fluvial,

a) Subunidad de colinas en Roca Sedimentaria

En la zona de estudio se observan debajo de la vía Cusco Abancay, cuyas laderas empinadas, presentan procesos por deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas que afectan al paisaje, asimismo se observan muchas viviendas asentadas (figura 4)



Figura 4. Unidades geomorfológicas de la zona de estudio.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La quebrada Sipaspujio con dirección SO-NE, nace en las elevaciones del cerro Corcca, disectando rocas sedimentarias del Cretácico superior al Paleógeno. (Benavente et al., 2004).

En ambas márgenes de la quebrada Sipaspujio, se tienen eventos de movimientos en masa antiguos y recientes que se reactivan en periodo de lluvias intensas, generando, deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas en surcos, y donde se asentaron viviendas de los Pueblos Jóvenes Independencia y San Isidro (figura 5).

Para mayor descripción del peligro se dividió en dos partes (margen derecha e izquierda), véase a las secciones 5.2 y 5.3.

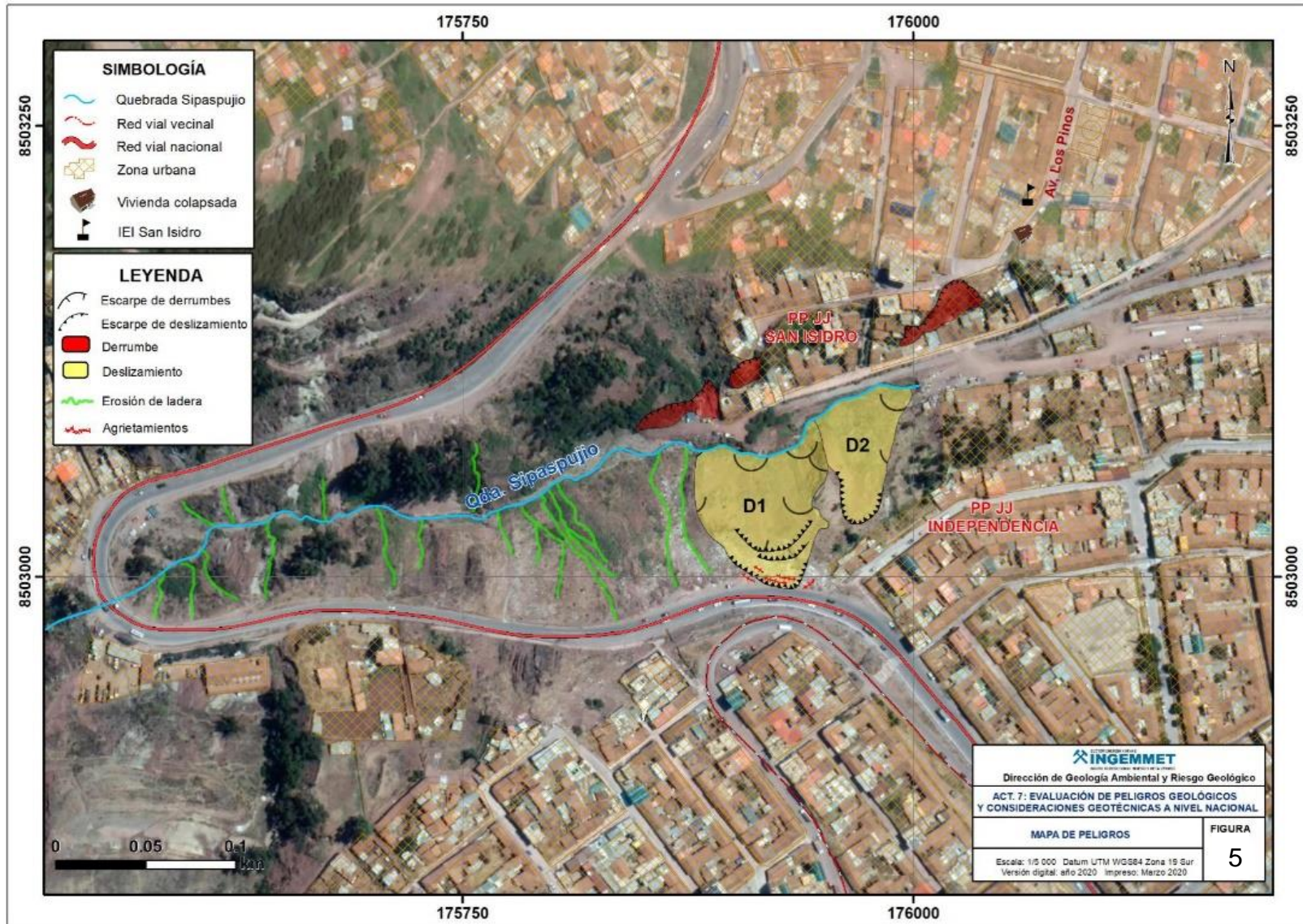


Figura 5. Mapa de Peligros de la zona de estudio.

5.1. Conceptos teóricos

El término movimientos en masa es el desplazamiento ladera abajo de grandes volúmenes de masas de rocas, detritos o suelo por efectos de gravedad, su origen obedece a procesos geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, químicos y mecánicos en la corteza terrestre. La probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos geodinámicos es alta en todas las laderas naturales y artificiales, en rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PGA: GCA, 2007).

a. Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009). En las Figuras 6 y 7, se representa un esquema y las partes principales de un deslizamiento.

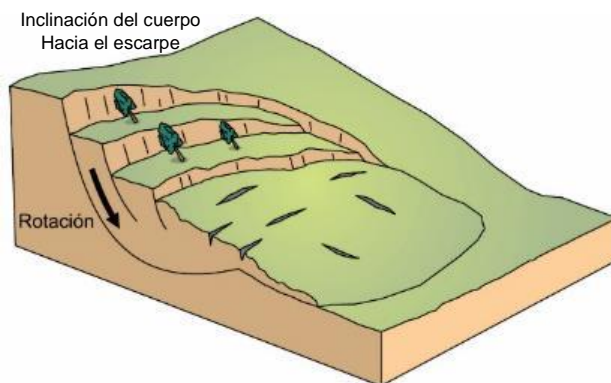
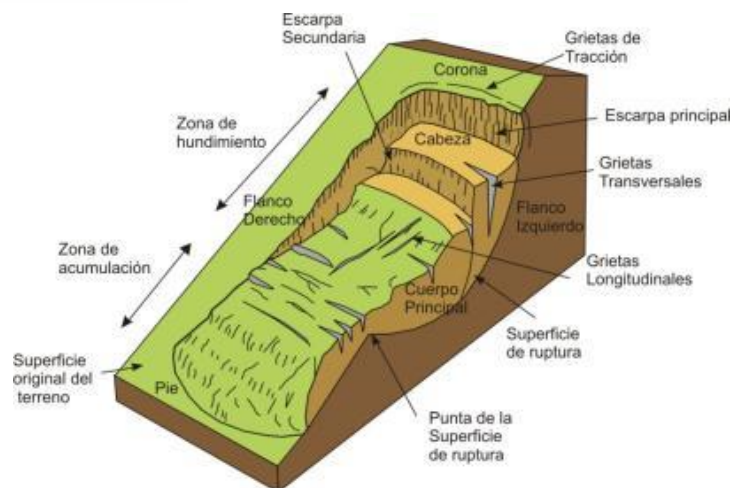


Figura 6. Esquema de un deslizamiento rotacional (tomado del Proyecto Multinacional Andino, 2007)

Figura 7. Esquema de un deslizamiento rotacional donde se muestra sus partes principales (Cruden y Varnes, 1996)



b. Derrumbes

Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas, consiste en el desprendimiento y caída de una masa de suelos o rocas, que pueden efectuar golpes, rebotes y rodamiento directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad (Varnes D., 1978).

En la zona de estudio estos fenómenos están asociados a erosión en surcos (saturación de suelos), actividad antrópica (construcción de viviendas), pendiente elevadas superiores a 45°.

c. Erosión de laderas

Se manifiesta a manera de surcos en las laderas. Comienza cuando el flujo superficial se concentra, el agua actual sobre el suelo desprendiéndolo originando pequeños canales o arroyos, donde las partículas se movilizan en el sentido de la pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión; en la zona de estudio se identificó en ambos márgenes de la quebrada Sipaspujio.

5.2. Margen derecha

a. Deslizamiento rotacional: D-1

Deslizamiento activo de tipo rotacional, ubicado en la margen derecha de la quebrada Sipaspujio, vía Cusco-Abancay, presenta las siguientes características;

- ✓ Tres niveles de escarpe, con saltos de 1m.
- ✓ La longitud desde la corona hasta el pie del deslizamiento de 25 m aproximadamente.
- ✓ El escarpe principal (E-1) tiene una longitud de 12 m, el segundo escarpe (E-2) 7m y el tercer escarpe 9m y un salto de 1m (figura 8A).
- ✓ En la cabecera del último escarpe se observó agrietamientos longitudinales, con apertura de 10 a 30 cm, cubierto de troncos de madera los cuales aumentan la carga (figura 9B).
- ✓ El deslizamiento presenta un avance retrogresivo en dirección a la vía Cusco – Abancay (figura 9).

El cuerpo del deslizamiento está constituido por arcillitas rojizas con micro conglomerados. En el flanco de derecho del tercer nivel del escarpe (E-3) se encuentra asentada una carpa de los indigentes (V-1) los cuales están expuestos a un peligro (figura 8A).

Al borde del talud del primer nivel del escarpe (E-1) se observó un muro de gavión con una longitud de 2m, a punto de ceder cuesta abajo (figura 8B). Asimismo, al pie del deslizamiento se encuentra otros muros de gaviones colapsadas (figura 8C).

b. Deslizamiento rotacional: D-2

Deslizamiento rotacional con un solo nivel de escarpe, la longitud desde la corona al pie del deslizamiento es 25 m aproximadamente (figura 8A).

El cuerpo del deslizamiento está constituido por arcillitas rojizas y micro conglomerados, en matriz de arcillitas, cubierto por pastos silvestres, dado que este deslizamiento ocurrió hace 4 años. En V-2 se observa viviendas asentadas al borde del escarpe del deslizamiento (figura 8A).

En flanco derecho y al pie del deslizamiento se observó la presencia de viviendas asentadas, expuestos a erosión de laderas y derrumbes (fotografía 3).

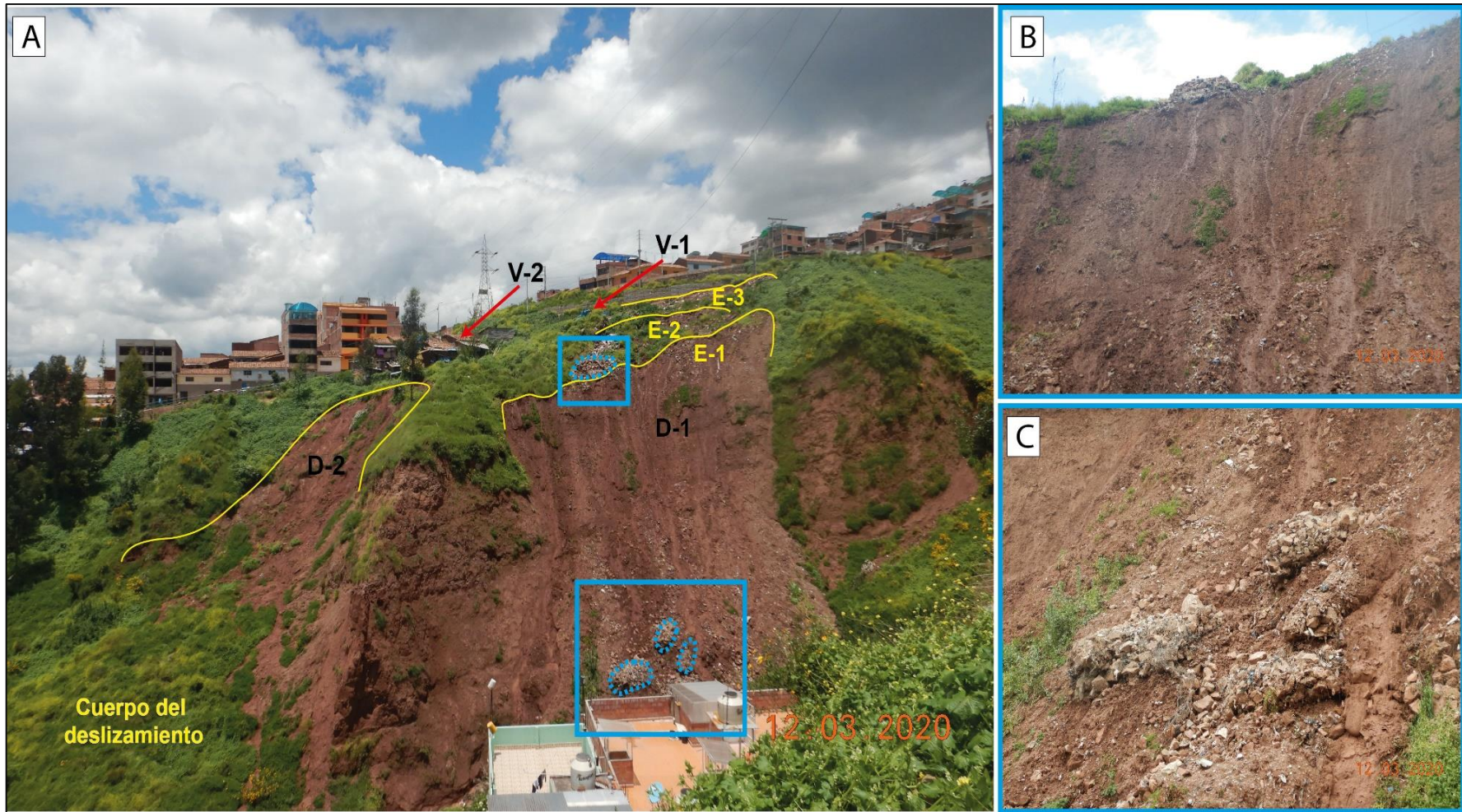


Figura 8. Alineamiento de escarpes continuos de deslizamientos en la margen derecha de la quebrada Sipaspujio (marcados con líneas amarillas) y (en líneas celestes muro de gaviones, uno de ellos a punto de ceder cuesta abajo y los demás ya colapsados al pie del deslizamiento).

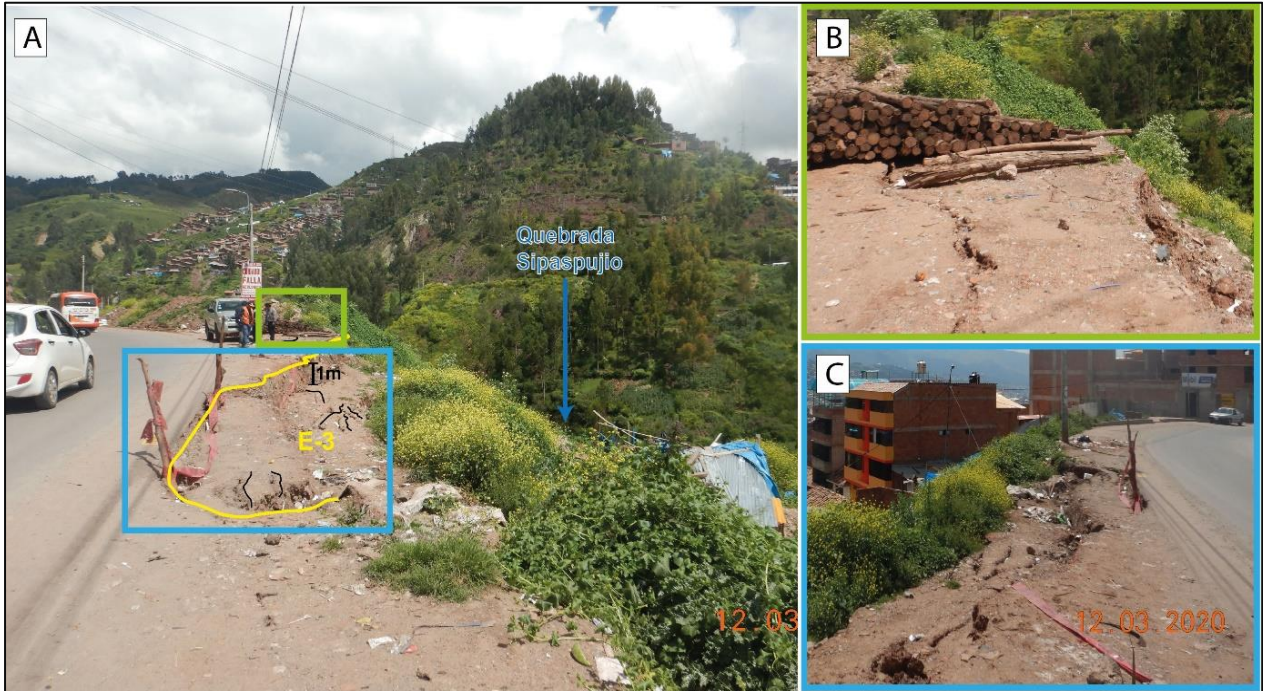


Figura 9. Vista de la corona del deslizamiento con un escarpe de 1 m y en líneas negras agrietamientos del terreno.



Fotografía 3. Vista de viviendas asentadas en la margen derecha de la quebrada Sipaspujio.

5.3. Margen izquierda a. Derrumbes

En la margen izquierda de la quebrada Sipaspujio, se encuentra asentado el Pueblo Joven San Isidro (figura 10A), el cual es afectado por derrumbes, estos presentan un arranque con longitudes hasta 8 m.

El cuerpo del derrumbe está constituido por material proveniente de las arcillitas y del micro conglomerados, estos fragmentos de roca son de formas angulosas y llegan a medir hasta 4mm.

Cercano a la parte superior de la zona de arranque del derrumbe, a 4 m, se encuentra la vía Cusco - Abancay y viviendas asentadas, de seguir en avance retrogresivo del evento afectaría la infraestructura mencionada. En la Figura 10B, se aprecia viviendas asentadas al pie de los derrumbes expuestos a erosión de laderas y derrumbes.



Figura 10. A) Vista de un derrumbe activo, B) Vista de viviendas asentadas al pie del talud

En la Figura 11, coordenadas UTM: 176059 E, 8503193 N, 3565 m s.n.m. se observó una vivienda afectada producto del colapso de 8 m (aproximadamente) de la plataforma de la Av. Los Pinos.

A pocos metros del colapso de la Av. Los Pinos se encuentra la Institución Educativa Inicial San Isidro (fotografía 4).



Figura 11. En A: Vista de un derrumbe en la Av. Los Pinos, en B: Vista de la vivienda afectada por el derrumbe.



Fotografía 4. Institución Educativa Inicial San Isidro a pocos metros del derrumbe en la Av. Los Pinos.

6. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

La ocurrencia de procesos por remoción en masa en la quebrada Sipaspujio está condicionado por los siguientes factores:

- ✓ Substrato rocoso con alto grado de fracturamiento e intensa meteorización.
- ✓ Presencia de depósitos cuaternario de fácil erosión – remoción (suelos residuales y residuo - coluviales), con poca cobertura vegetal (arbustos y espinos).
- ✓ Laderas con pendientes superior a 45°, permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo.
- ✓ Acción de las aguas de escorrentía superficial
- ✓ El arreglo estructural, que presenta los planos de estratificación a favor de la pendiente, esto condiciona la inestabilidad de toda la masa desplazada.

- ✓ Presencia de manantiales en la base de la masa desplazada (buena permeabilidad y porosidad de los materiales). El movimiento de las aguas sobre esta masa desplazada, saturan el material, incrementan el peso de la masa y condicionan los deslizamientos en la base.
- ✓ Erosión fluvial, que genera inestabilidad en la ladera, ocasionando derrumbes y deslizamientos.
- ✓ Asentamiento de viviendas en zonas susceptibles a movimientos en masa.
- ✓ Cortes de talud para la construcción de viviendas, calles y avenidas.

Entre los factores desencadenantes tenemos:

- ✓ Lluvias de gran intensidad, que ocasionen escorrentía superficial e infiltración de agua al subsuelo, esto incrementa la presión de poros, el peso de la masa y por consiguiente el esfuerzo cortante.

7. OBRAS DE MITIGACIÓN

7.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN/MITIGACIÓN

i. Corrección por drenaje

Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlos lejos del talud evitando la infiltración y la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total y por lo tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlos lejos del talud, evitándose su infiltración (figura 12).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe llegar con los métodos hidrológicos.

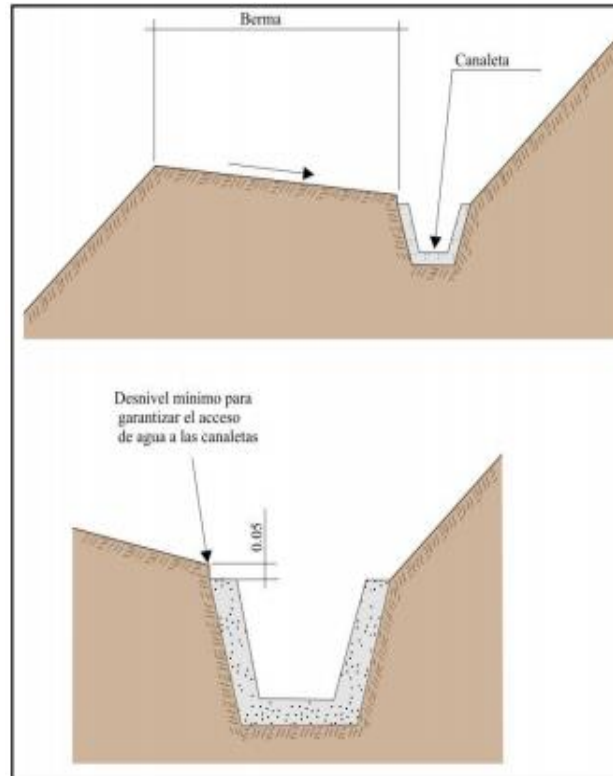


Figura 12. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

Drenaje profundo: la finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno.

ii. Corrección por elementos resistentes.

Muro de Gaviones

Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de rocano y bloques (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (figura 13).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en altura bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujones sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamientos se calculan de igual forma que en caso de un muro de gravedad.

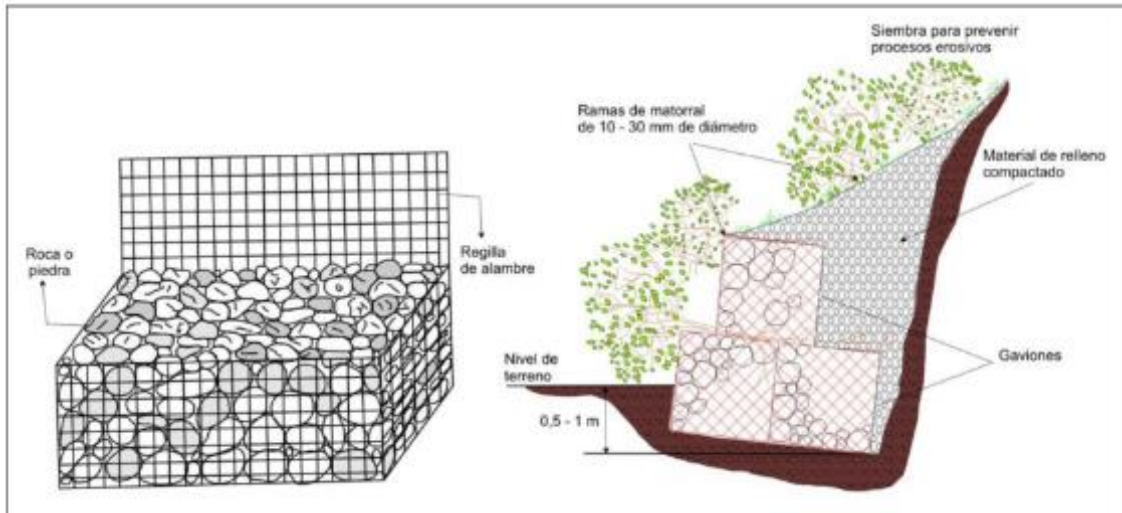


Figura 13. Muro de Gavión.

CONCLUSIONES

1. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica que presenta la quebrada Sipaspujio, se le considera como **zona de Peligro Alto** a movimientos en masa.
2. Por las consideraciones expuestas en el párrafo anterior la Quebrada Sipaspujio, es considera como **zona crítica por peligros geológicos**. Compromete la estabilidad de las viviendas ubicadas en ambas márgenes de la quebrada.
3. Los procesos de remoción en masa de la quebrada Sipaspujio están condicionados por:
 - a. Substrato rocoso con alto grado de fracturamiento e intensa meteorización.
 - b. Presencia de depósitos cuaternario de fácil erosión - remoción.
 - c. Laderas con pendientes superior a 45°, permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo.
 - d. Acción de las aguas de escorrentía superficial.
 - e. Asentamiento de viviendas en zonas susceptibles a movimientos en masa, como deslizamientos y derrumbes.

El factor desencadenante para la reactivación del deslizamiento, fueron las precipitaciones intensas registradas entre los meses de diciembre a febrero.

RECOMENDACIONES

1. Construcción de zanjas de drenaje en los flancos y sobre la cabecera del deslizamiento con la finalidad de coleccionar las aguas de las lluvias y drenarlas fuera del deslizamiento.
2. En la base del deslizamiento es necesario construir obras flexibles que se amolden a la deformación de los deslizamientos activos, estas obras pueden ser tipo gaviones.
3. Implementar la construcción de un sistema de defensa ribereña en ambas márgenes de la quebrada Sipaspujio.
4. Sellar e impermeabilizar los agrietamientos generados en la margen derecha de la vía Cusco - Abancay.
5. Reubicar las viviendas ocupadas por los indigentes.
6. Desmontar el muro de gavión ubicado en el escarpe del deslizamiento principal.
7. Retirar los troncos de madera ubicado en la cabecera del deslizamiento, con el fin de evitar mayor sobrepeso de carga.
8. Realizar limpieza y mantenimiento periódicamente del canal colector para evitar la colmatación.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act-07



César Augusto Chacaltana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Benavente R., Baca C., & Gomez A., (2004). Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad de Cusco. PNUD-INDECI, Cusco, pp 135.
- Carlotto V., Cárdenas J & Carlier, G., (2011). Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p., 6 mapas.
- Cruden, D., (1991). A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, V.43, p. 27-29.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1996). Landslide Types and Processes. En: "Landslides Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. p 36-75.
- PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas. (2007) Movimiento en Masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de Amenazas. Publicación geológica multinacional N° 4, pp. 432.
- Suarez, J. (1992). Manual de Ingeniería para el Control de Erosión. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Varnes D., (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, p. 9–33.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapa.