

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7216

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR PORTACHUELO – CRUCE CASERÍO CAMPANA

Departamento Cajamarca
Provincia San Ignacio
Distrito San Ignacio



ENERO
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGRO POR DESLIZAMIENTO EN SECTOR PORTACHUELO
– CRUCE CASERÍO CAMPANA**

Departamento Cajamarca

Provincia San Ignacio

Distrito San Ignacio

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

Equipo de investigación:

Luis León Ordáz.

Diana Vigo Becerra.

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligro por deslizamiento en el sector Portachuelo – Cruce Caserío Campana, distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca, Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7216, 33p.

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales.....	9
1.3.1.Ubicación.....	9
1.3.2 Accesibilidad.....	9
1.3.3 Condiciones Climáticas.....	11
2. ASPECTO GEOLÓGICO	13
2.1. Unidades litoestratigráficas.....	13
2.1.1.Formación Oyotún (J-o).....	13
2.1.2.Depósitos coluvio - deluviales	14
3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO	14
3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	15
3.2 Geoformas de carácter tectónico deposicional o agradacional.....	16
4. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	17
4.1.Deslizamiento	17
4.1.1.Características del Deslizamiento	21
4.1.2.Daños.....	21
4.2.Erosión de laderas	25
4.3.Caída de rocas.....	25
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXO 1: MAPAS	29
ANEXO 2: GLOSARIO	30
A2.1 Deslizamiento Rotacional	30
A2.2 Erosión de laderas	30
A2.3 Caída de rocas.....	31
ANEXO 3: MEDIDAS CORRECTIVAS	32

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológico por deslizamiento, en el Sector Portachuelo – Cruce Caserío Campana, distrito San Ignacio, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. 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 (local, regional y nacional).

En el sector evaluado afloran rocas sedimentarias de tipo limolitas de color pardo rojizo muy fracturadas, moderadamente meteorizadas y depósitos superficiales cuaternarios coluvio – deluviales, compuestos por gravas angulosas de diferentes tamaños en una matriz de limoarcillas rojizas, lo que facilita la infiltración del agua de escorrentía, así como su saturación. Éstas condiciones hacen que los materiales sean susceptibles a movimientos en masa de tipo deslizamientos y otros.

Las geformas identificadas son origen tectónico – degradacional, montaña y colina en roca sedimentaria, con pendientes de 25° a 45° y las de carácter depositacional y agradacional que corresponde a la subunidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial, y sub unidad de piedemonte aluvio torrencial, con pendientes de 5° a 15°.

El deslizamiento identificado en el sector Portachuelo – Cruce caserío Campana afectó un tramo de 30 m de la carretera San Ignacio – Namballe y una vivienda, el desplazamiento se activa en temporada de lluvias, por lo expuesto se considera como **Zona Crítica y de Peligro Alto**.

Finalmente, se brindan algunas recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes pongan en práctica, en el área evaluada, con la finalidad de minimizar los daños y pérdidas que pueden ocasionar el deslizamiento.

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 San Ignacio, según Oficio N° 0520-2019-MPSI/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el el sector Portachuelo y Cruce Caserío Campana. que afectó un tramos de carretera asfaltada San Ignacio – Namballe y una vivienda.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis M. León Ordáz y Diana Vigo Becerra, para realizar los trabajos de campo para la evaluación de peligros geológicos.

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, el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de Municipalidad provincial de San Ignacio, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en el sector Portachuelo - cruce al caserío Campana, los cuales pueden comprometer la seguridad física de las viviendas, la integridad, vida de las personas sus medios de vida y vías de comunicación en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción de los daños que pueden causar los peligros geológicos.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación y otros estudios regionales y locales en base a inventarios de peligros geológicos a nivel nacional (boletines):

Lamadrid (2019), en el Informe Técnico de Seguridad en Edificaciones, menciona que una vivienda ubicada en las coordenadas E 722620 / N 9432071, está siendo afectada por un deslizamiento. Concluye que ésta es inhabitable, por presentar graves daños en su infraestructura. Además, indica que la vía de evitamiento San Ignacio-Jaén-Namballe, sector Portachuelo-cruce al caserío Campana, se aprecian asentamientos en el terreno, por efectos del deslizamiento.

Zavala y Rosado (2011) en el estudio denominado "Riesgo Geológico en la Región Cajamarca", indican que la frecuencia de peligros geológicos en la región es mediana a alta en comparación a otras áreas del país. Asimismo, posee características climáticas, geológicas y sísmicas que conllevan a la recurrencia de procesos de geodinámica externa (movimientos en masa e inundaciones) y en menor proporción sismos. En la región Cajamarca se han inventariado 2176 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos, entre los que destacan los deslizamientos, seguidos de caídas de rocas, derrumbes, flujos y erosión de laderas.

En relación a la ciudad de San Ignacio, mencionan que ésta se encuentra emplazada sobre un antiguo depósito de deslizamiento de gran dimensión y que los peligros geológicos actuales se relacionan a procesos de deforestación de laderas, flujos de lodo e inundaciones en algunas quebradas que cruzan la ciudad; donde el sector evaluado en el distrito de San Ignacio presenta una susceptibilidad media y alta, condicionada por las características litológicas, geomorfológicas, pendiente, cobertura vegetal y uso de suelos (figura 1).

El Informe Técnico N° A6874 (INGEMMET, 2019) denominado “Evaluación de peligros geológicos en las localidades de San Lorenzo y Namballe, distrito Namballe, provincia San Ignacio, región Cajamarca”, menciona que se han identificado deslizamientos y erosión de laderas, se identificaron zonas de inundación fluvial, erosión de laderas, deslizamientos y flujos antiguos.

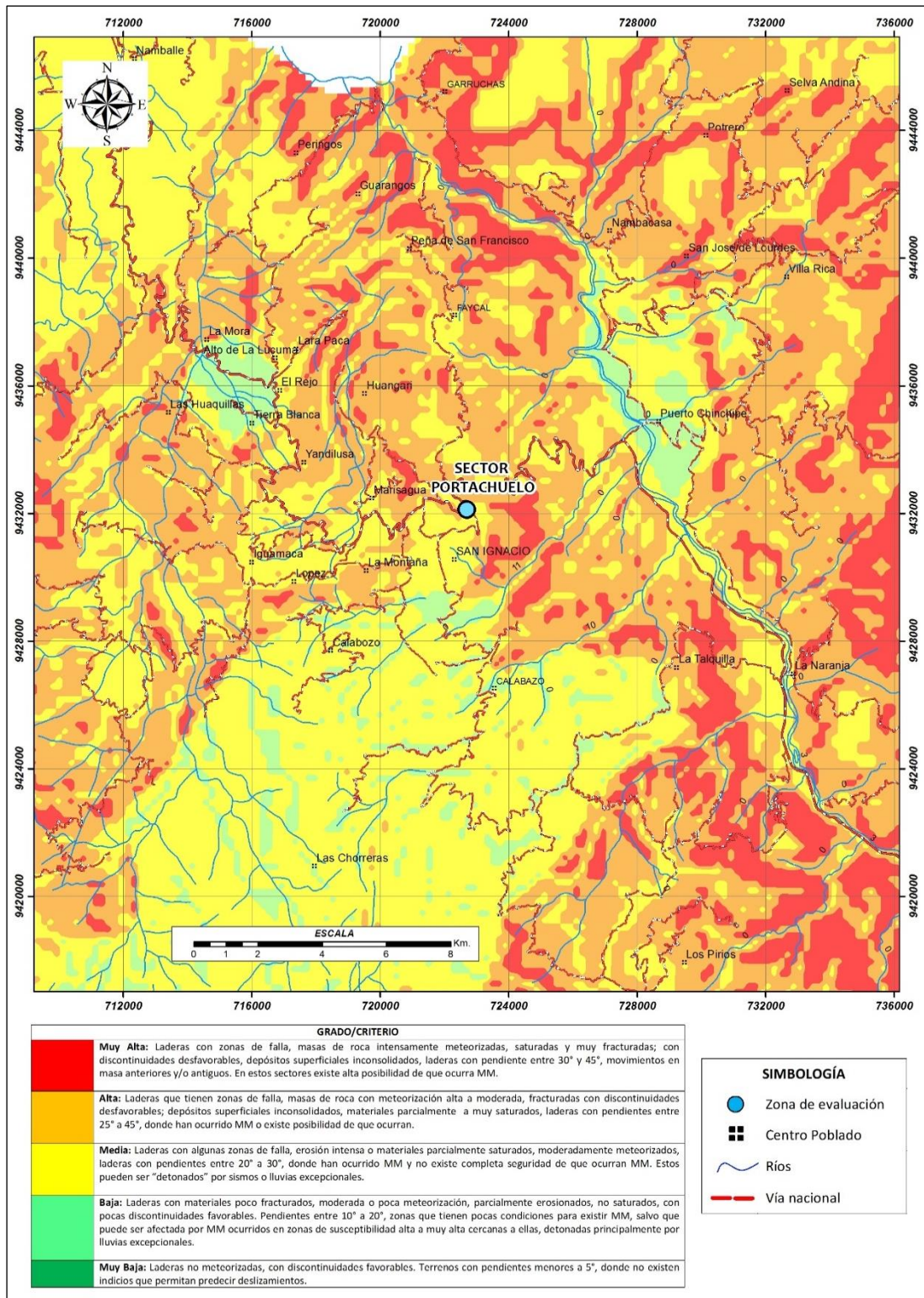


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa, departamento de Cajamarca – Ingemmet, escala 1:250 000 de la zona de evaluación (Zavala, B. & Rosado, M, 2011).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde al sector Portachuelo - cruce al caserío Campana, distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca (figura 2), ubicada en las siguientes coordenadas UTM (Datum: WGS 84 – Zona: 17S).

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

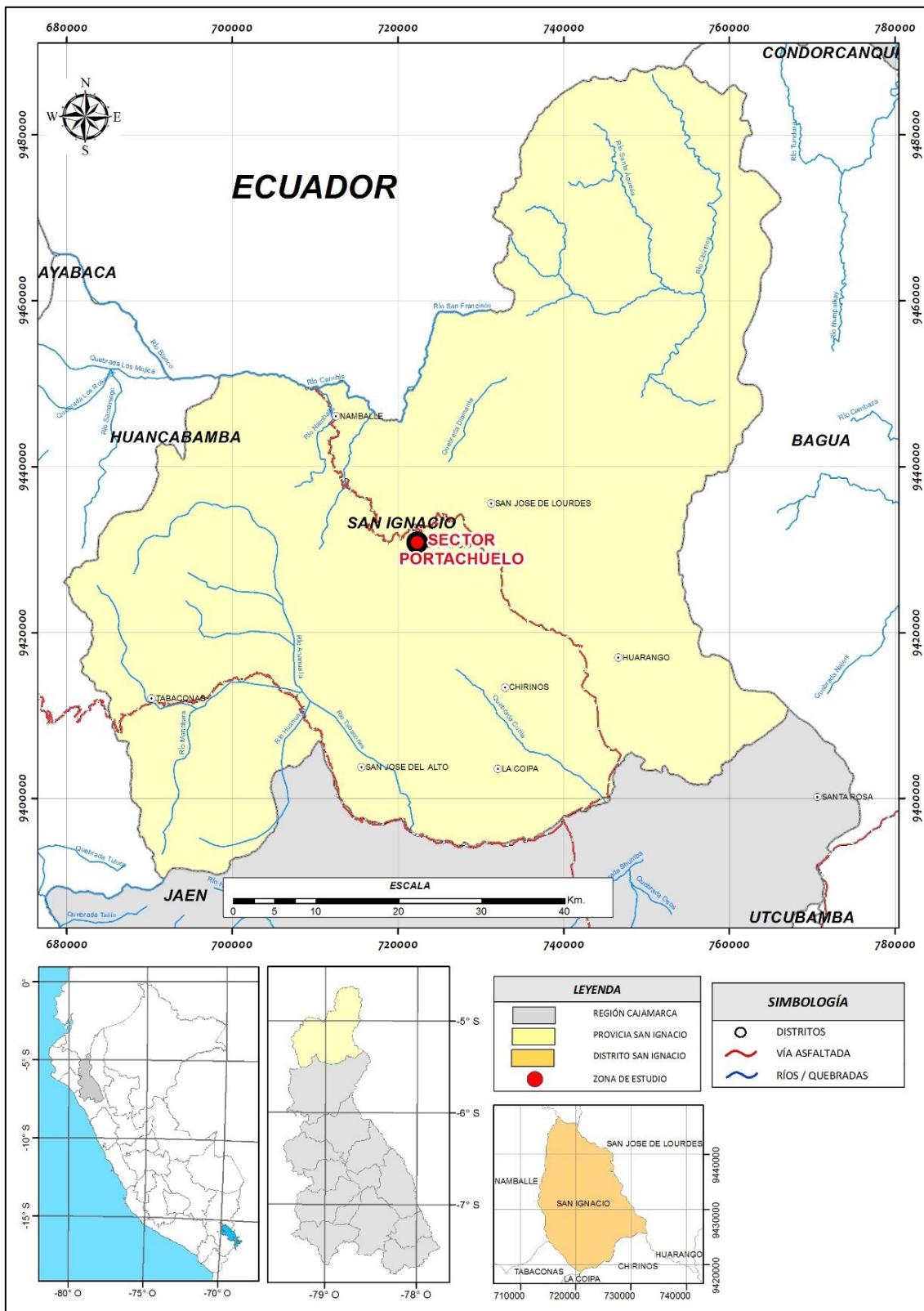
N°	UTM – WGS 84 - ZONA 18S		GEOGRÁFICAS	
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
1	722690	9431980	5°8'8.72"S	78°59'28.09"O
2	722613	9432126	5°8'3.97"S	78°59'30.61"O
3	722555	9432080	5°8'5.48"S	78°59'32.48"O
3	722643	9431936	5°8'10.15"S	78°59'29.61"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	722616	9432074	5° 8'5.66"S	78°59'30.50"O

1.3.2 Accesibilidad

Se accede de manera terrestre, partiendo desde la ciudad de Cajamarca con destino a la ciudad de San Ignacio en el departamento de Cajamarca, por una vía asfaltada a una distancia de 434 km, tal como se detalla en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chota – Cutervo – Jaén – San Ignacio.	Asfaltada	433.5	9 h 45 min
San Ignacio – Vía de evitamiento entre el sector Portachuelo y el cruce al caserío Campana.	Asfaltada	5	10 min



1.3.3 Condiciones Climáticas

La zona de estudio tiene un clima tropical y una temperatura promedio de 21.7°C. La precipitación mensual, según la estación meteorológica San Ignacio del SENAMHI, ubicada a 1243 m s.n.m., a 4 km al NE de la zona de estudio (comprendidos entre los años 2013 al 2018), muestran que las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de enero a mayo (figura 3), con picos de precipitación en marzo del 2014 (284 mm) y el 2017 (394 mm).

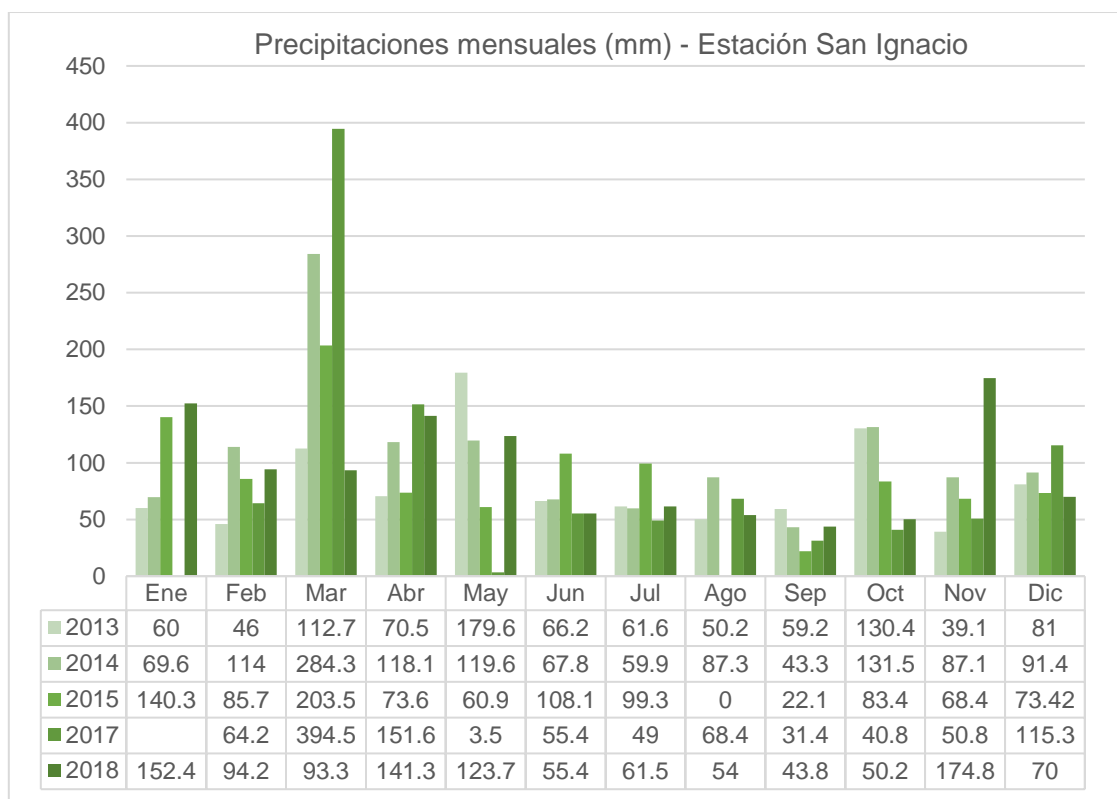


Figura 3: Precipitaciones mensuales registradas por la estación San Ignacio.

Fuente: Elaborada en base al SENAMHI

1.3.4 Sismicidad

El 26 de mayo del 2019, ocurrió un terremoto de magnitud 8.0 en el norte del Perú, localizado a 400 km al NW de la zona de estudio, en la región Loreto. De acuerdo a la información proporcionada por el USGS, este sismo ocurrió como resultado de una falla normal a una profundidad intermedia, aproximadamente 110 km debajo de la superficie de la Tierra dentro de la litosfera subducida de la placa de Nazca.

El sismo en mención se sintió con intensidad IV al norte de Cajamarca (figura 4), según versión de los pobladores el movimiento sísmico aumentó considerablemente el agrietamiento de la vivienda del Sr. Felipe Campos, llegando a colapsar.

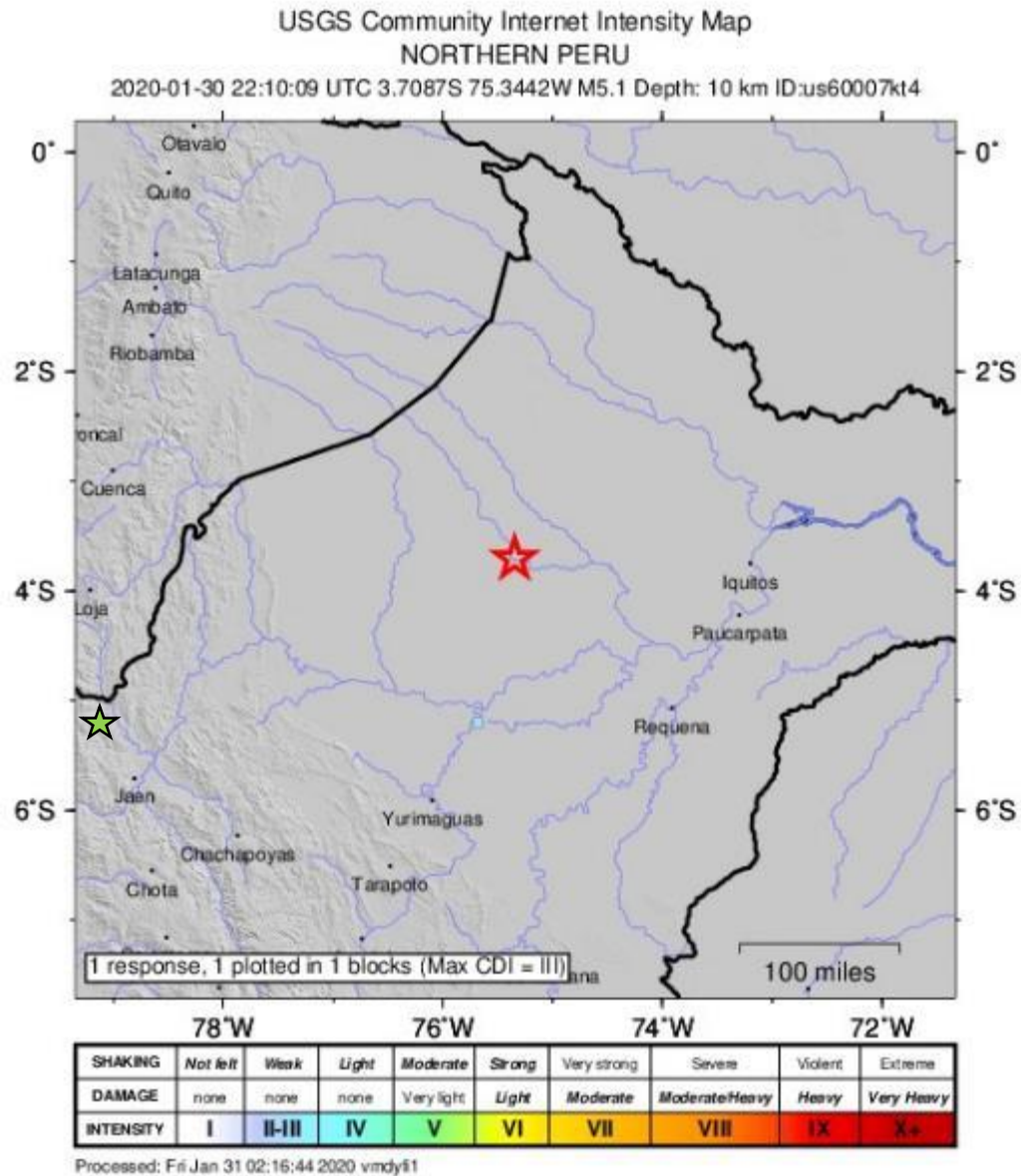


Figura 3: Mapa de intensidades del sismo de M 8.0, acaecido el 26 de mayo del 2019 en Loreto, Perú. Nótese intensidades de IV para el Norte de Cajamarca (San Ignacio, Jaén). La estrella roja muestra la ubicación del epicentro y la estrella verde la ubicación de la zona de estudio.

Fuente: USGS.

2. ASPECTO GEOLÓGICO

La geología local del área de estudio se ha evaluado teniendo como base la información del Boletín N° 57 (Serie A: Carta Geológica Nacional) denominado Geología de los Cuadrángulos del Río Santa Agueda, San Ignacio y Aramango (De la Cruz, 1995), mapa geológico del cuadrángulo San Ignacio, Hoja 11-f, escala 1:100 000, así también, se empleó la actualización del cuadrángulo de San Ignacio, Hoja 11-f4 , escala 1:50 000; asimismo, trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, sirvieron para caracterizar y limitar las diferentes unidades litoestratigráficas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión (anexo 1 – mapa 1).

2.1. Unidades litoestratigráficas

La unidad litoestratigráfica identificada pertenece al Mesozoico, con predominancia de limolitas de color rojizo, coberturada por depósitos coluvio deluviales, detallados a continuación:

2.1.1. Formación Oyotún (J-o)

La Formación Oyotún corresponde al Jurásico inferior, ésta se encuentra sobreyaciendo al Grupo Pucará e infrayaciendo al Grupo Goyllarisquizga.

Litológicamente, está conformado por una secuencia de rocas volcánicas con algunas intercalaciones sedimentarias. En la zona de estudio, está constituida por limolitas de color pardo rojizo fracturas y alteradas; con alto grado de meteorización y muy fracturadas, lo que favorece la erosión del talud superior de la vía de evitamiento entre el sector Portachuelo y el cruce al caserío Campana (fotografía 1).



Fotografía 1: Afloramiento de limolitas pardo rojizas de la Formación Oyotún en el talud superior de la vía de Evitamiento que conduce de San Ignacio a Namballe entre el sector

Portachuelo y el cruce al caserío Campana. Coordenadas UTM 173783 E – 9333841 N (WGS-84).

2.1.2. Depósitos coluvio - deluviales

Son los depósitos de piedemonte de origen predominante gravitacional y fluvio – gravitacional, que se han acumulado en las laderas, (figura 4).

Estos depósitos están constituidos por suelos finos limoarcillosos de color rojizo con presencia de gravas angulosas de diferente tamaño.



Figura 4: Erosión de talud superior con acumulación de material detrítico en la plataforma de la carretera.

3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

La clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas entre el sector Portachuelo - cruce al caserío Campana, se ha elaborado en función de la publicación de Villota (2005) y de la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos (degradacionales o denudativos y agradacionales o deposicionales) en la evolución del relieve.

En la tabla 3, se presentan las principales unidades y subunidades geomorfológicas asociadas con el tipo de peligro geológico identificado y su grado de actividad.

Tabla 3: Unidades geomorfológicas y peligros geológicos asociados

Proceso morfodinámico	Unidad	Subunidad	Peligro Geológico Asociado	Grado de Actividad
Tectónico degradacional y denudacional	Montañas y colinas	Montañas y colina en roca sedimentaria (RMC– rs)	Erosión de ladera	Activo
Deposicional o agradacional	Piedemonte	Vertiente o piedemonte Coluvio-deluvial (V – cd)	Deslizamiento	Activo
		Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)	-	-

3.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Villota (2005), menciona que estas geoformas resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o por procesos exógenos agradacionales, conduciendo a la modificación parcial o total del mismo.

Los paisajes geomorfológicos en proceso de denudación forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo, en la zona de estudio, se ha identificado la siguiente unidad:

3.1.1 Unidad de montañas y colinas

Unidad componente de las estribaciones de la cordillera occidental, en la zona de estudio incluye la siguiente subunidad:

- **Subunidad de Montañas y colinas en roca sedimentaria (RMC-rs):** Corresponde a elevaciones naturales del terreno, constituida por rocas volcano-sedimentarias de la Formación Oyotún (figura 5). La cima es generalmente estrecha y subaguda, sus laderas irregulares presentan pendientes moderadas a altas (25- 45°). Esta geoforma se ha identificado hacia el Norte y Noreste de la zona de estudio.

3.2 Geformas de carácter tectónico deposicional o agradacional

Según Villota (2005), éstas son el resultado de procesos morfodinámicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles; tales como el agua de escorrentía y los vientos. En la zona de estudio, se ha identificado la siguiente unidad:



Figura 5: Vista de la unidad de colinas emplazadas en limolitas de color pardo rojizo de la Formación Oyotún.

3.2.1 UNIDAD DE PIEDEMONTE

Unidad conformada por la acumulación de materiales heterogéneos de tamaño variado sobre la base de las laderas de montañas. Incluye la siguiente subunidad.

- **Subunidad de Piedemonte coluvio-deluvial (V-cd):** Compuesto por las acumulaciones sucesivas en el pie de las laderas, el material es desplazado por procesos de remoción en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas); asimismo por la acumulación de material detrítico y fino transportado por escorrentía superficial.
- **Subunidad de Piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Constituido por gravas heterométricas, en una matriz fina predominantemente arcillosa. En el área de estudio, estos materiales han sido transportados por quebradas intermitentes (que disectan las laderas) y depositados en forma de cono.

3.3 PENDIENTE DEL TERRENO

Los rangos de pendientes característicos de los terrenos son variables y comprenden pendientes suaves a superficies escarpadas, pendiente fuerte al noroeste del sector evaluado con un rango de 15° a 25°, y moderadas al sureste con pendientes entre 5° a 15°, esta superficie es empleada para fines agrícolas con prácticas de riego por inundación (figura 4 y 5).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambiando el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

En la vía de evitamiento entre el sector Portachuelo - cruce caserío Campana se observó tres tipos de peligros geológicos principales, tal como sigue:

- Deslizamiento rotacional en suelos y material antrópico, en el talud inferior (de la vía de Evitamiento), que ocasionó el colapso de una vivienda y daños en la plataforma de la carretera, observándose asentamientos y numerosas grietas semicirculares.
- Erosión en surco, en el talud superior (de la vía de evitamiento), desprovisto de vegetación, fenómeno asociado a la reactivación de quebradas intermitentes.
- Caída de rocas en el talud superior (de la vía de evitamiento), se tienen bloques individuales con tamaños hasta de 0.5 metros y la pendiente es de 70°.

En la figura 6, 7, 8 y 9 se esquematizan los principales peligros geológicos identificados en la zona de estudio y en el Anexo 1 – Mapa, se presenta los peligros geológicos a escala 1/1000.

4.1. Deslizamiento

En el talud inferior de la vía de Evitamiento que conduce de San Ignacio a Namballe, entre el sector Portachuelo y el cruce al caserío Campana, existe un deslizamiento de tipo rotacional (figura 7). Este presenta una corona con una longitud de 30 metros, en la parte posterior (en la plataforma de la carretera) se observó agrietamientos semicirculares, lo que indica que tiene un avance retrogresivo (figura 10).



Figura 7: Deslizamiento de suelos y material antrópico



Figura 8: Erosión laminar y en surcos de laderas



Figura 9: Caída de pequeños bloques de roca



Figura 6: Imagen satelital de la vía de evitamiento. El círculo amarillo representa la zona de deslizamiento en el talud inferior y el círculo verde la zona de erosión de laderas y caídas de rocas (menor ocurrencia) en el talud superior.



Figura 10: Agrietamiento semicircular en la plataforma de la vía de evitamiento.

En la parte superior del deslizamiento (cabeza), se encontraba emplazada la vivienda del Sr. Felipe Campos Campos, la cual colapsó producto del avance del deslizamiento, activado por el sismo acaecido el 26 de mayo del 2019, (fotografía 02).



Fotografía 02: Vivienda afectada por el deslizamiento.

En la figura 12, se presenta un comparativo de imágenes satelitales año 2011 y 2018; en la primera se observa que la Vía de Evitamiento aún estaba en construcción; existía entonces una carretera afirmada actualmente en desuso), en la segunda se aprecia el sector con la vía concluida. Entonces, la actual superficie de deslizamiento (círculo amarillo) compromete a materiales propios de la antigua carretera, depósitos coluviales y limolitas muy alteradas.

AÑO: 2011

AÑO: 2018



Fuente: Bing Maps



Fuente: Google Earth Maps

Figura 11: Comparación de imágenes satelitales años 2011 – 2018, el círculo amarillo corresponde a la zona de deslizamiento. En la imagen izquierda, se aprecia que una parte de la Vía de Evitamiento aún estaba en construcción (círculo rojo) y en la derecha está completamente finalizada. Nótese que el deslizamiento abarca parte de la antigua carretera afirmada (material alóctono) y limolitas muy alteradas.

4.1.1. Características del Deslizamiento

Las dimensiones del evento se estimaron de la siguiente manera:

- Cota de la corona del deslizamiento: 1431 m s.n.m.
- Ancho del deslizamiento: 20 m.
- Pendiente de la ladera: 15° – 25°.
- Forma de la superficie de rotura: semicircular.
- Forma de la corona: semicircular (figura 13).
- Longitud de escarpa principal: 30 metros.
- Saltos principales (escarpes) de 0.8, 1 y 1.5 metros.
- Ancho de las grietas: 12 – 30 cm (figura 14).
- Área aproximada del deslizamiento: 0.06 ha.
- Estado de actividad: Activo.
- Distribución de la actividad: Retrogresivo.

Factores Condicionantes

- Características litológicas: Depósito coluvial conformado por suelos finos limoarcillosos, subyaciendo limolitas de color pardo rojizo muy fracturadas y alteradas en transición a suelo residual. Estos materiales son considerados geotécnicamente de muy mala calidad y muy susceptibles hacer erosionados por agentes externos.
- Pendiente fuerte, con inclinaciones que oscilan entre 15° a 25°.
- Drenaje obstruido: Cunetas y alcantarillas colmatadas por la constante acumulación de material producto de erosión de laderas y caídas de rocas (figura 14).

Factores Desencadenantes

- Las lluvias estacionales intensas y prolongadas.
- El movimiento sísmico ocurrido el 26 de mayo (2019) detonó el deslizamiento.
- Actividad antrópica: Hacia aguas arriba del deslizamiento se identificó una amplia zona destinada para la elaboración de ladrillo (figura 15). Aquí, el uso de agua es constante y en abundancia; ésta, se infiltra en el terreno y favorece la saturación de los materiales inestables.

4.1.2. Daños

Las afectaciones que se tienen hasta ahora consisten principalmente en el colapso de una vivienda (figura 16), fracturamiento y fallamiento del terreno; sobre los materiales no consolidados a lo largo de su contacto con las rocas consolidadas.

Cuesta abajo del proceso de deslizamiento se observa una vivienda (figura 17).



Figura 12: Forma semicircular de la corona del deslizamiento en el talud inferior de la vía de Evitamiento.



Figura 13: Vista de amplias grietas en el cuerpo del deslizamiento. Nótese que el ancho de las grietas oscila entre 0.12 – 0.3 metros y sus profundidades entre 0.8 – 1.5 metros.



Figura 14: Cunetas y alcantarillas colmatadas por material proveniente de la erosión de laderas y caídas de bloques pequeños.



Figura 15: Zona destinada para la elaboración de ladrillo ubicada hacia aguas arriba del deslizamiento.



Figura 16: Vivienda gravemente afectada a causa del deslizamiento, nótese que la deformación y agrietamiento del terreno han causado el colapso de la vivienda.



Figura 17: Vivienda ubicada aguas abajo del deslizamiento (círculo rojo) que podría verse afectada por el avance del deslizamiento.

4.2. Erosión de laderas

Se identificó procesos de erosión hídrica (erosión laminar y en surcos) en el talud superior (talud de corte), el cual se encuentra sin vegetación, asociado a la reactivación de pequeñas quebradas intermitentes durante temporada de lluvias. Los surcos son delgados (10 – 20 cm.), pero a medida que persiste la erosión pueden ir aumentando en ancho y profundidad.

El material arrancado por el proceso erosivo de las quebradas se deposita en el pie del talud, originando la colmatación de alcantarillas y cunetas (ver figura 19).

4.3. Caída de rocas

Del talud superior (de corte) de la carretera, se desprenden bloques individuales de tamaño mediano a pequeño; debido a que, el macizo rocoso se encuentra altamente fracturado. Estos fragmentos de roca se acumulan en la plataforma de la carretera, llegando a colmatar las cunetas (figura 19).



Figura 19: Erosión laminar en talud superior desprovisto de vegetación, que arrastra finos y pequeños fragmentos de roca, estos han colmatando la alcantarilla.

CONCLUSIONES

- a. El mes de mayo del 2019, en el sector Portachuelo - cruce caserío Campana se produjo un deslizamiento, que afectó 30 m de la plataforma de un tramo de la carretera asfaltada San Ignacio – Namballe y una vivienda.
- b. El deslizamiento es de tipo rotacional, el escarpe tiene una longitud de 30 m, un desplazamiento vertical de 1 a 1.5 m y un desplazamiento horizontal de 3 m.
- c. Las geoformas identificadas en el sector evaluado corresponden a las subunidades de montaña y colinas en roca volcánico sedimentaria (RMC-rvs), con una pendiente fuerte con un rango de 15° a 25°, subunidad de piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) transportado por deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas y escorrentía superficial y subunidad de piedemonte aluvio-torrencial (P-at), constituido por gravas heterométricas, en una matriz arcillosa transportados por quebradas intermitentes, con pendiente moderadas entre 5° a 15°.
- d. En la zona evaluada se presentan suelos limoarcillosos, subyaciendo tenemos limolitas de color pardo rojizo muy fracturadas y meteorizadas, en transición a suelo residual, los cuales son materiales de muy mala calidad y muy susceptibles a ser erosionados por agentes externos.
- e. Los factores condicionantes son, depósitos coluvio deluviales, subyaciendo limolitas de color pardo rojizo muy fracturadas y alteradas en transición a suelo residual, taludes de corte, parte superior a la vía de Evitamiento con pendientes muy escarpadas >45°, permite que el material inestable se movilizara cuesta abajo, el factor antrópico, es generado por la deforestación de los terrenos para implementar prácticas agrícolas, en donde se realiza riego por gravedad saturando los terrenos y no cuentan con un diseño de control de erosión, como factor desencadenante se tiene las lluvias continuas e intensas en el sector evaluado y el sismo acaecido en mayo del 2019.
- f. El sector Portachuelo y el cruce al caserío Campana se considera como **Zona Crítica de Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, cuyos procesos podrían reactivarse por lluvias intensas y movimientos sísmicos.

RECOMENDACIONES

- a. Reubicar las viviendas ubicadas dentro y en la parte baja del cuerpo de deslizamiento, en el talud inferior de la vía de evitamiento.
- b. Realizar la estabilización de taludes de zonas deslizadas, principalmente en el tramo de carretera afectada, mediante la construcción de banquetas
- c. Impedir el asentamiento de nuevas viviendas o de infraestructura (iglesias, centros educativos) en la zona afectada.
- d. Las grietas superficiales visibles en la plataforma de la vía deben ser selladas, con la finalidad de impedir la infiltración de agua hacia el subsuelo. Esta labor debe ser dirigida por un experto en el tema.
- e. Realizar limpieza constante de las cuentas, evitando su colmatación con los fragmentos desprendidos del talud.
- f. Para estabilizar el deslizamiento (en el talud inferior de la vía) se puede implementar muros en tierra reforzada con láminas o mallas metálicas o con geosintéticos. Sin embargo, las medidas de estabilización pertinentes deberán proceder de un estudio geológico - geotécnico de detalle, que incluya las medidas de estabilización idóneas en función a los factores que promueven la inestabilidad en la zona de estudio



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

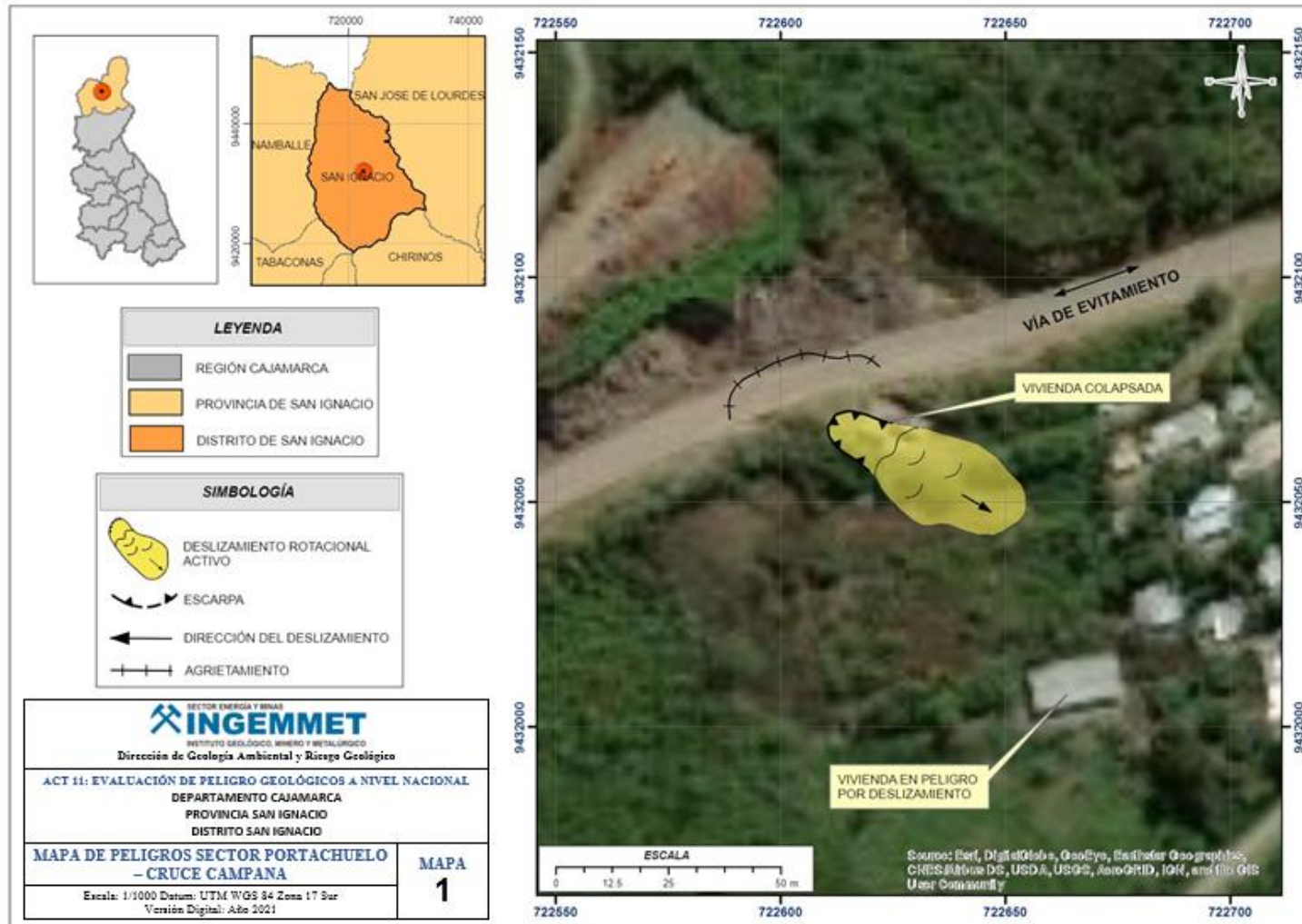


LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F. J., Andreu, F., & Fe, M. (1991). Manual de Ingeniería de Taludes. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Crozier, M. J., & Glade, T. (2005). Landslide hazard and risk: issues, concepts and approach. Landslide hazard and risk, 1-40.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes. Transportation research board special report, (247).
- De la Cruz Wetzell, J. S. (1995). Geología de los cuadrángulos de Río Santa Agueda, San Ignacio, Aramango 10-f, 11-f, 11-g, – [Boletín A 57].
- Elorza, M. G. (2008). Geomorfología, Madrid, España: Pearson Educación. 920 p.
- Highland, L.M., y Bobrowsky, P. (2008). Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p.
- Lamadrid, R.L. 2019. Informe Técnico de Seguridad en Edificaciones. Municipalidad Ecológica Provincial San Ignacio.
- Santiago, J. (2007). La erosión en cárcavas en la ciudad de Bolívar
<https://www.monografias.com/trabajos62/erosion-carcavas-bolivar/erosion-carcavas-bolivar.shtml>
- Suarez, J. (2009). Deslizamientos: análisis geotécnico. Colombia. Editorial Universidad Industrial de Santander, UIS, 341p.
- Turner, A. K., & Schuster, R. L. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Special Report 247. Trans. Res. Board, National Academy Press, Washington, DC.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.

ANEXO 1: MAPAS



ANEXO 2: GLOSARIO

A2.1 Deslizamiento Rotacional

La superficie de rotura es cóncava hacia arriba y hacia abajo. El proceso se inicia con la aparición de una o más fisuras transversales en la parte superior de la ladera afectada, a partir de las cuales se desarrolla simultáneamente un desplazamiento hacia abajo, con inclinación hacia atrás del tope de la ladera y un desplazamiento lateral de su parte basal, debido a un movimiento rotacional de toda la masa. En la figura 04 se presenta las partes de un deslizamiento rotacional.

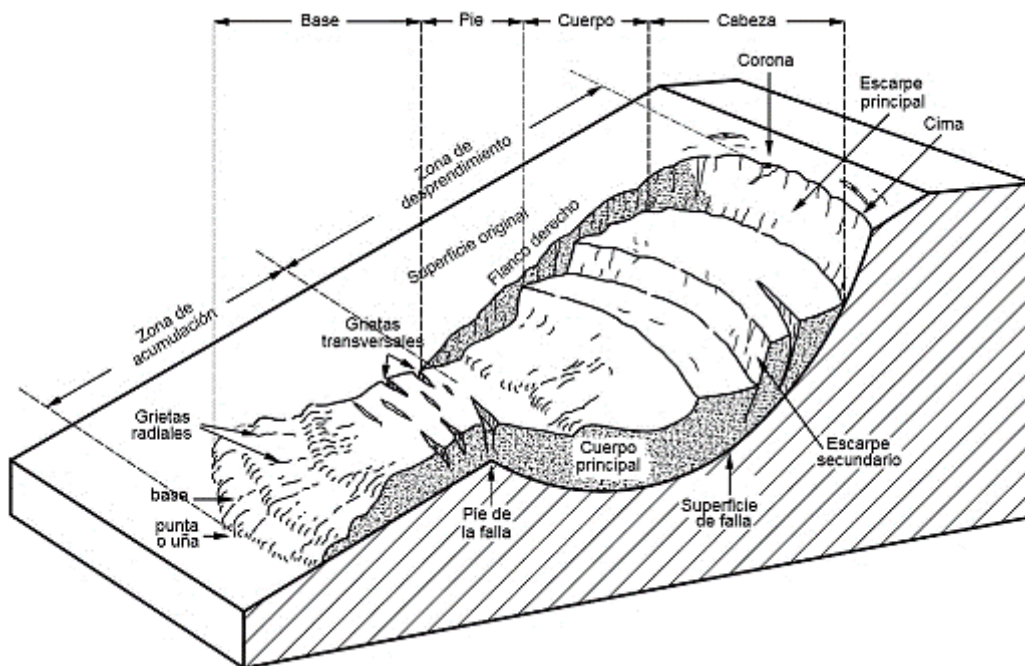


Figura 04: Esquema general de un deslizamiento rotacional (Suarez, 2009).

A2.2 Erosión de laderas

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados (que puede medir desde aproximadamente 30 centímetros) y a medida que persiste la erosión pueden profundizarse a decenas de metros. La erosión está relacionada al proceso de escorrentía o arroyada. Al principio son surcos ramificados que progresivamente van creciendo en tres dimensiones: vertical, longitudinal y lateralmente (figura 05), hasta convertirse en torrentes (Santiago, 2007).

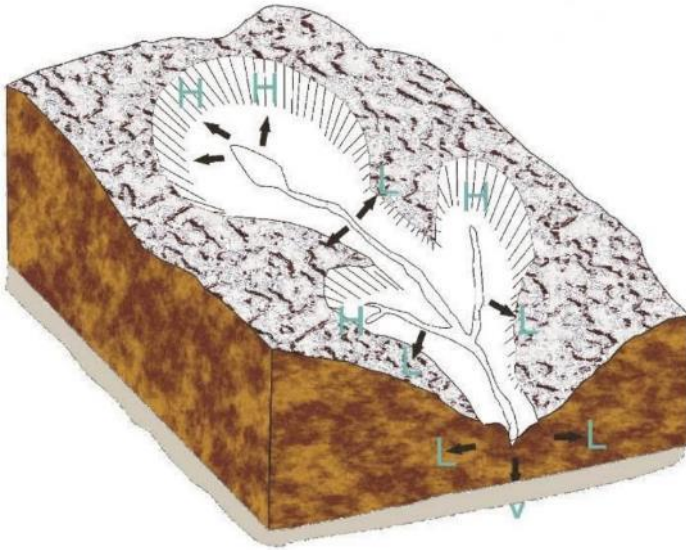


Figura 05: Forma como se manifiesta la erosión de laderas en una ladera de montaña. H: erosión de cabecera, L: erosión lateral y V: erosión vertical. (Tomado de: <http://cidta.usal.es>).

A2.3 Caída de rocas

Comienza con un desprendimiento de suelo o roca (figura 06), o ambos, en una pendiente pronunciada a lo largo de una superficie sobre la que se ha producido poco o nada de desplazamiento de rotura. El material posteriormente desciende principalmente por la caída, rebotando o rodando.

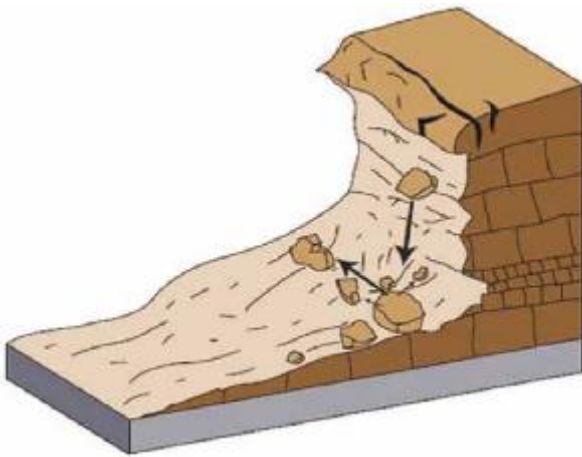


Figura 06: Esquema general del desprendimiento de rocas (Tomado de USGS, 2008)

ANEXO 3: MEDIDAS CORRECTIVAS

A3.1. Banquetas

En la parte inferior de un talud, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el, agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones (figura 35).

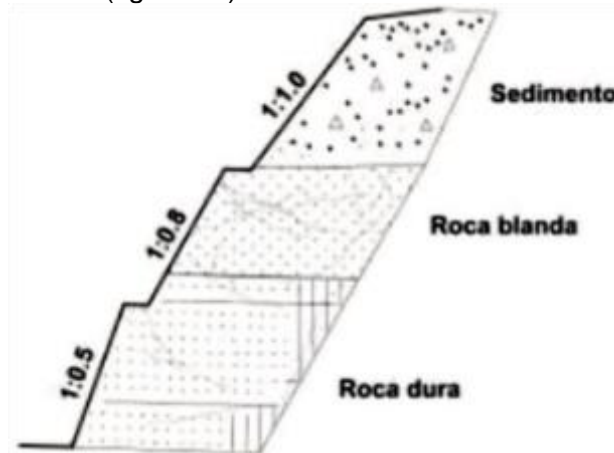


Figura 7. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004).

A3.2. Uso de vegetación

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

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

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Las raíces refuerzan el suelo, aumentando la resistencia al esfuerzo cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo la susceptibilidad a la erosión