

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7336

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO SANTO DOMINGO

Departamento Cajamarca
Provincia San Ignacio
Distrito Huarango



DICIEMBRE
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL
CENTRO POBLADO SANTO DOMINGO.**

(Distrito Huarango, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca)

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

Equipo de investigación:

*Luis Miguel León Ordáz.
Cristhiam Francisco Díaz Cruz.
Segundo Núñez Juárez
Guisela Choquenaira Garate*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el centro poblado Santo Domingo, distrito Huarango, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7336, 31p.

INDICE

RESUMEN	04
1. INTRODUCCIÓN.....	05
1.1 Objetivos del estudio.....	05
1.2 Antecedentes.....	06
1.3 Aspectos generales.....	08
1.4 Accesibilidad.....	08
1.5 Zonificación sísmica.....	10
2. DEFINICIONES	13
3. ASPECTO GEOLÓGICO	15
3.1 Unidades litoestratigráficas	15
4. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	16
4.1 Modelo digital de elevaciones	17
4.2 Pendiente del terreno	17
4.3 Unidades Geomorfológicas	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	19
5.1 Deslizamiento centro poblado Santo Domingo.....	20
6. ZONA DE REUBICACIÓN	24
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES	26
ANEXO 1. MAPAS	27
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	30
BIBLIOGRAFÍA	31

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el centro poblado Santo Domingo, distrito Huarango, 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 en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En la zona se tienen afloramientos de rocas calcáreas (calizas) de color gris, se presentan en estratos de hasta 1 m, con capas de lutitas color beige intercaladas con margas, las rocas se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizadas. En la parte baja del sector evaluado se identificó un depósito coluvio – deluvial, conformado por gravas (40%) subredondeadas, escasos bloques (10%) englobados en matriz arcillo limosa (50%), se encuentran inconsolidados. Estas características facilitan la retención de agua de escorrentía, lo que incrementa la saturación del terreno y ende el aumento de peso de la masa inestable.

Las geoformas identificadas en el área evaluada corresponden a subunidades de montañas en roca sedimentaria (RM – rs), con pendientes de 15° a 35° y vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd) con pendientes de 5° a 15°.

El peligro geológico identificado corresponde a un deslizamiento rotacional reactivado por el sismo del 28 de noviembre del 2021 (Datem del Marañón, departamento de Loreto), el cual dejó 22 viviendas rústicas afectadas e inhabitables, afectó vía carrozable Santo Domingo-Naranjitos y afectó 30 hectáreas de cultivos agrícolas; el movimiento podría incrementar su desplazamiento en temporadas de lluvia, por lo que se considera como **Zona Crítica de Peligro Muy Alto No Mitigable**.

El deslizamiento es de tipo rotacional, presenta un avance retrogresivo, su escarpe principal tiene una longitud de 663m, y un salto de 9m, se muestran escapes secundarios con saltos de hasta 5 m.

Los factores condicionantes son:

- Pendiente del terreno de 20 a 35°
- Litología, conformada por calizas muy fracturadas moderadamente gravas meteorizadas. Se tiene un depósito coluvio-deluvial compuesto por y bloques en matriz arcillo limosa, el depósito se encuentra inconsolidado susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa

Los factores detonantes son:

- Lluvias intensas y/o prolongadas.
- Sismos.
- Factor antrópico, prácticas agrícolas con riego permanente por inundación.

Finalmente se brindan las recomendaciones para que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, siendo la principal la reubicación de la población a una zona segura, con la finalidad de evitar atentar en contra de la integridad física de los pobladores del Centro Poblado Santo Domingo.

La zona de reubicación se encuentra cercana al sector de Naranjitos, esta se encuentra sobre una terraza aluvial alta, sobre la cual no se ha observado movimientos en masa que le puedan afectar.

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.

El sismo del 28 de noviembre generó numerosos efectos geológicos cosísmicos, como licuefacción de suelos, subsidencia o sumideros, agrietamientos en terrenos, deslizamientos, desprendimientos de rocas; así como daños en las edificaciones. En el centro poblado de Santo Domingo, se reactivó un deslizamiento, que afectó a viviendas, vías de acceso, postes de tendido eléctrico, por lo cual se recomendó evacuar a la población a un reasentamiento definitivo, la zona elegida se recomendó el sector de Naranjitos.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis León Ordáz y Francisco Díaz Cruz, para realizar la evaluación de peligros geológicos que afectan las viviendas y los terrenos de cultivos en el sector afectado; los trabajos de campo se realizaron el día miércoles 08 de diciembre del 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de Municipalidad distrital de Huarango y entidades de gestión de riesgo, para proporcionar los 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 el deslizamiento que se presenta en el centro poblado Santo Domingo, a consecuencia del sismo del 28 de noviembre en el distrito de Barranca, provincia Datem del Marañón, departamento Loreto.

- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia del deslizamiento.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.
- d) Determinar la zona reubicación definitiva.

1.2 Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Geología de los Cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango, hojas: 10-f, 11-f y 11-g, (De la Cruz, 1995). Según la geología descrita a escala 1:50 000 (11-F4), en la zona evaluada está conformada por una secuencia de calizas en estratos gruesos de hasta 1 m con capas de lutitas y margas de la Formación Pullucana (Ks-pu), en la parte inferior encontramos calizas grises intercaladas con lutitas calcáreas gris verdosas o beige, en la parte superior estratos de caliza medianos con algunos niveles de margas del Grupo Quilquiñán.
- En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa descrito en el Boletín N° 44, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca, (Zavala, et al. 2009), la zona de estudio presenta una susceptibilidad alta a la ocurrencia de procesos de remoción en masa (figura 1).
- Informe de emergencia N° 298- 24/05/2010/COEN-SINADECI, el cual indica que día 18 de mayo del 2010 se produjo un sismo de 6.2 en la escala de Richter a 117 km al Sur Este de Huarango departamento de Cajamarca, produjo filtraciones y descenso del nivel de agua en la Laguna Azul, ocasionando el colapso de viviendas en la localidad Las Catahuas, Santo Domingo del Progreso y La Laguna, distrito Huarango, provincia de San Ignacio.

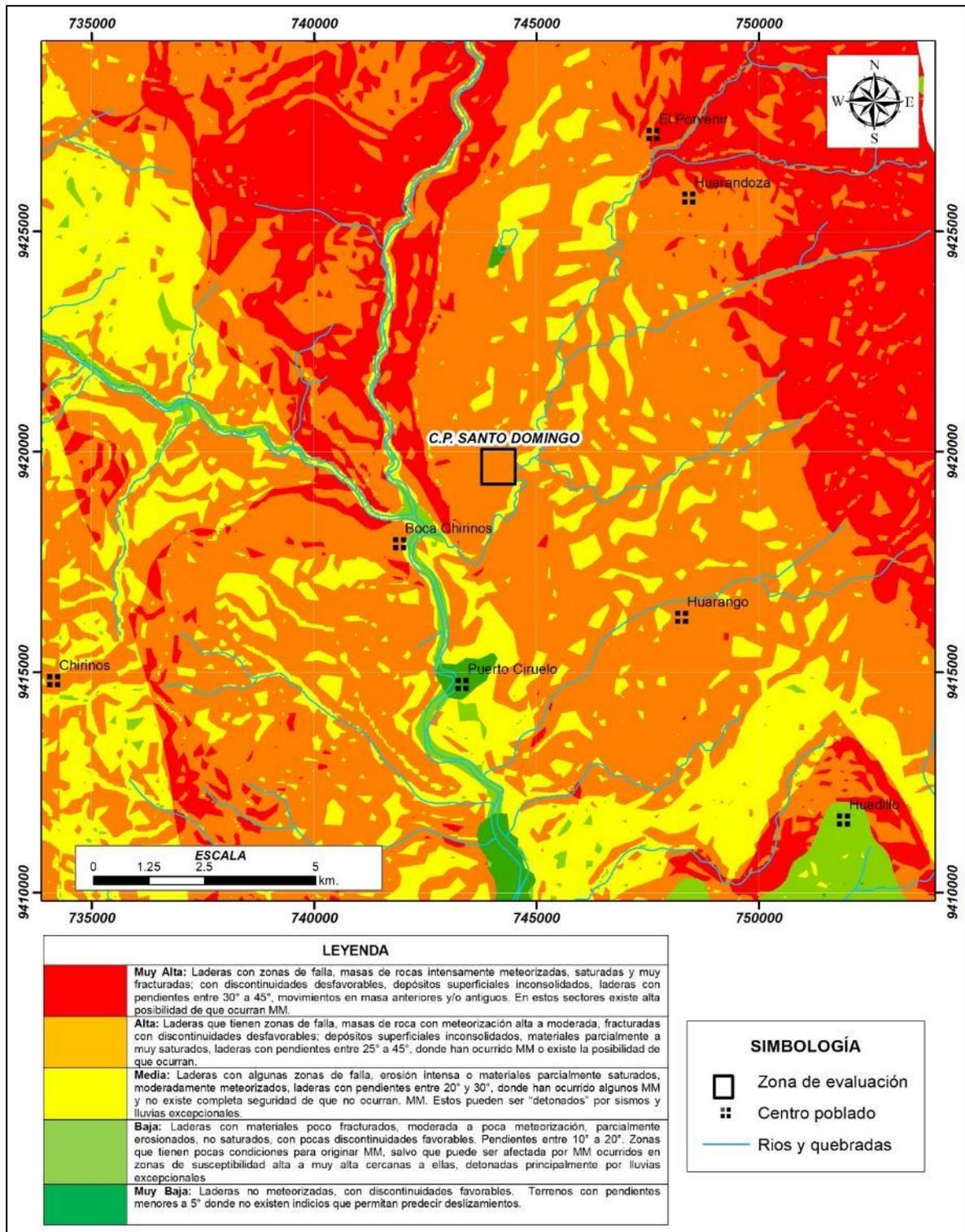


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa del centro poblado Santo Domingo y alrededores.
Fuente: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Amazonas, elaborado a escala 1:250 000 por Medina et al., 2007.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El área de evaluación corresponde, al centro poblado Santo Domingo, distrito Huarango, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca (figura 2), ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S (cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio, centro poblado Santo Domingo.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	745220	9419960	-5.243741°	-78.787615°
2	744043	9417985	-5.261632°	-78.798165°
3	742710	9419646	-5.246659°	-78.810239°
4	743469	9420513	-5.238798°	-78.803485°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	743919	9419570	-5.247308°	-78.799334°

1.4 Accesibilidad

La principal vía de acceso desde la ciudad de Cajamarca con destino al centro poblado Santo Domingo, es mediante desplazamiento terrestre, a través de una carretera asfaltada y afirmada, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
<i>Cajamarca – Bambamarca – Chota – Cutervo – Puerto Ciruelo</i>	<i>Asfaltada</i>	<i>388</i>	<i>9 horas</i>
<i>Puerto Ciruelo – Santo Domingo</i>	<i>Asfaltada - Afirmada</i>	<i>15</i>	<i>30 minutos</i>

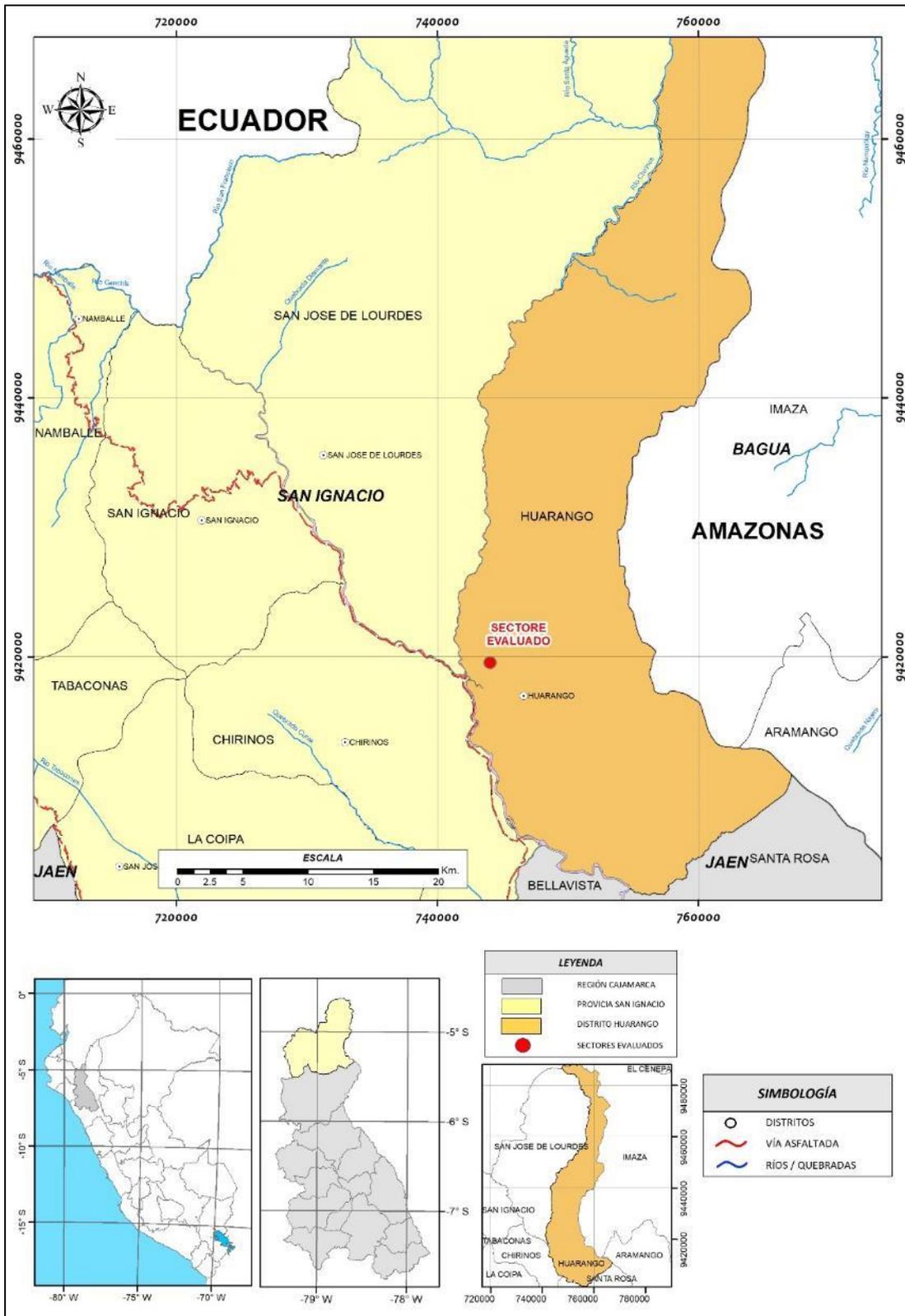


Figura 2. Ubicación centro poblado Santo Domingo.

1.5 Zonificación Sísmica

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas (figura 3), como se muestra en la figura 3. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA). Según dicho mapa, el área de estudio, se ubica cerca la Zona 2 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

Cuadro 3. Factores de zona Z.

Zona	z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

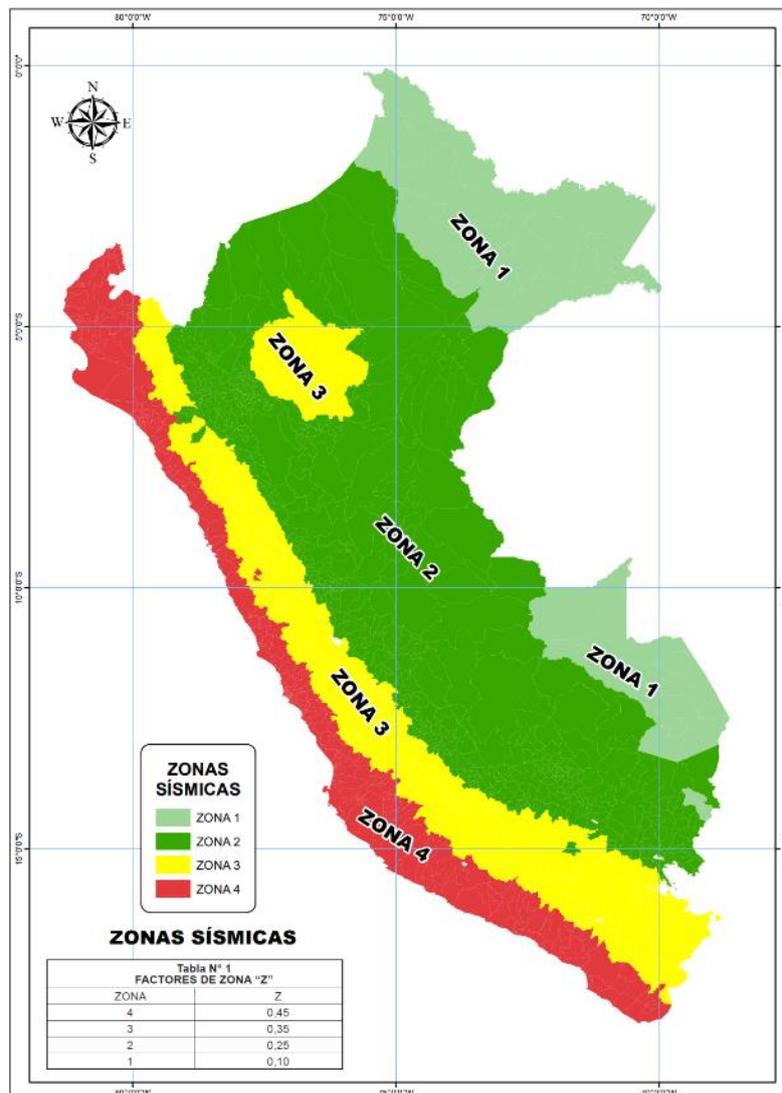


Figura 3. Zonificación sísmica del Perú.

El departamento de Cajamarca no presenta sismos de gran magnitud (IGP, 2020), pero los que ocurren tanto en la selva como en la costa (Figura 4) tienen incidencia en el territorio y afectan fuertemente a infraestructura y desencadenan movimientos en masa como caídas de rocas, avalanchas de detritos y deslizamientos.

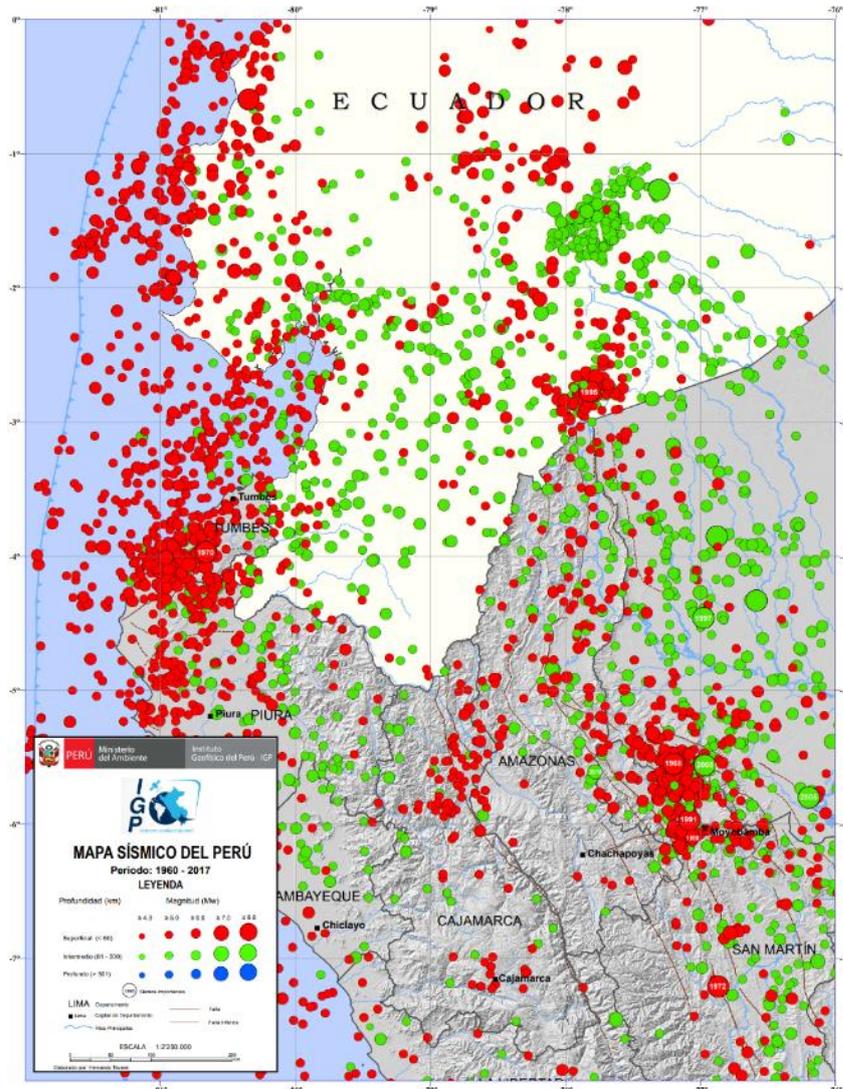


Figura 4. Mapa sísmico del Perú, 1960-2019. Fuente IGP

En la figura 5, se muestra los mecanismos focales obtenidos por diversos autores, para sismos con magnitudes $\geq M7.0$ ocurridos en la región norte de Perú y el Ecuador desde 1970 a la fecha. La esfera de mayor tamaño corresponde al sismo de Barranca - Datem del Marañón del 03 de febrero de 2022 (M6.8).

También se aprecian los más recientes sismos que han reactivado el deslizamiento de Santo Domingo, cuyas características se muestran a continuación:

Sismo del 28 de noviembre del 2021 (Tavera et al., 2021):

- Tiempo Origen: 10h 52min del 28 de noviembre, 2021 (Hora Universal)
- 05h 52min del 28 de noviembre, 2021 (Hora Local)
- Latitud Sur: -04.44°

- Longitud Oeste: -77.00°
- Profundidad: 131 km
- Magnitud: M7.5
- Epicentro: A 98 km al este de la localidad de Santa Maria de Nieva
- A 187 km al NO de la localidad de Yurimaguas
- Intensidad Máxima: VII (MM) localidades de Santa Maria de Nieva, Andoas, Lagunas, Yurimaguas.

Sismo del 03 de febrero del 2022:(Tavera et al., 2022)

- Tiempo Origen: 15h 58min del 03 de febrero, 2022 (Hora Universal)
- 10h 58min del 03 de febrero, 2022 (Hora Local)
- Latitud Sur: 04.49°
- Longitud Oeste: 77.06°
- Profundidad: 139 km
- Magnitud: M6.8
- Epicentro: A 90 km al Este de Santa Maria de Nieva - Amazonas
- A 55 km al NO de Barranca – Loreto
- Intensidad Máxima: VI (MM) localidades de Santa Maria de Nieva (Amazonas) y Barranca (Loreto).

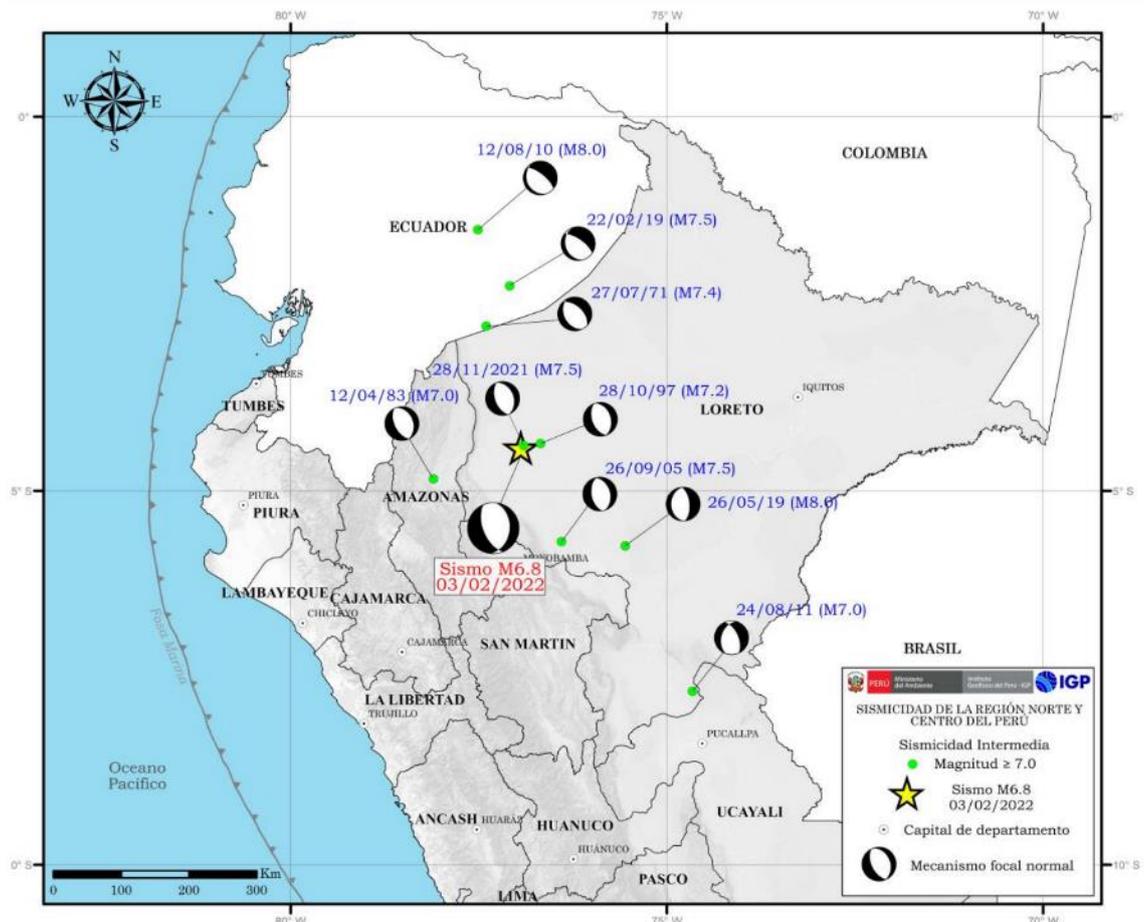


Figura 5. Se muestra los mecanismos focales obtenidos por diversos autores para sismos con magnitudes ≥ 7.0 .

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Coluvial. Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos 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.

Deslizamiento traslacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Escarpe o escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Flujo: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

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

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

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

Movimiento complejo: Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Suelo residual: Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.

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

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis se desarrolló en base al boletín N° 57, serie A, Geología de los Cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango, hojas: 10-f, 11-f y 11-g, (De la Cruz, 1995); también se realizó trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en el sector evaluado corresponden al Grupo Pulluicana y depósitos coluvio - deluviales detallados a continuación:

Grupo Pulluicana (Ki-p)

Caracterizada por ser una secuencia de calizas nodulares color gris claro moderadamente meteorizadas y medianamente a muy fracturadas (fotografía 1); margas calcáreas intercaladas con lutitas color beige con abundante contenido fosilífero.



Fotografía 1. Se observa calizas nodulares color gris claro moderadamente meteorizadas y muy fracturadas.

Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9420071 – **Este:** 743694

Depósitos coluvio – deluviales (Q-co/de)

Corresponde a depósitos generados por deslizamientos, conformados por gravas y bloques subredondeados, en una matriz arcillo limosa.

Formando depósitos poco consolidados e inestables, se identificaron en la parte baja del sector evaluado.

4. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La brigada de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) para el análisis geológico-geomorfológico realizó el levantamiento fotogramétrico mediante el empleo de dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con resolución 7.5 cm por pixel para la ortofoto, información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico de relieve y cartografiado in situ.

4.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio comprende elevaciones que van desde los 900 m s.n.m. hasta los 595 m s.n.m., se clasificó en diez niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas, comprendiendo el área con mayor número de viviendas del sector evaluado en el centro poblado de Santo Domingo entre las alturas de 825 m s.n.m. a 917 m s.n.m.; el área con mayor pendiente está comprendida entre los 963 m s.n.m. a 825 m s.n.m. con una pendiente promedio de 30°, este nivel corresponde a montañas en roca sedimentaria que se extiende de sureste a noroeste (figura 6).

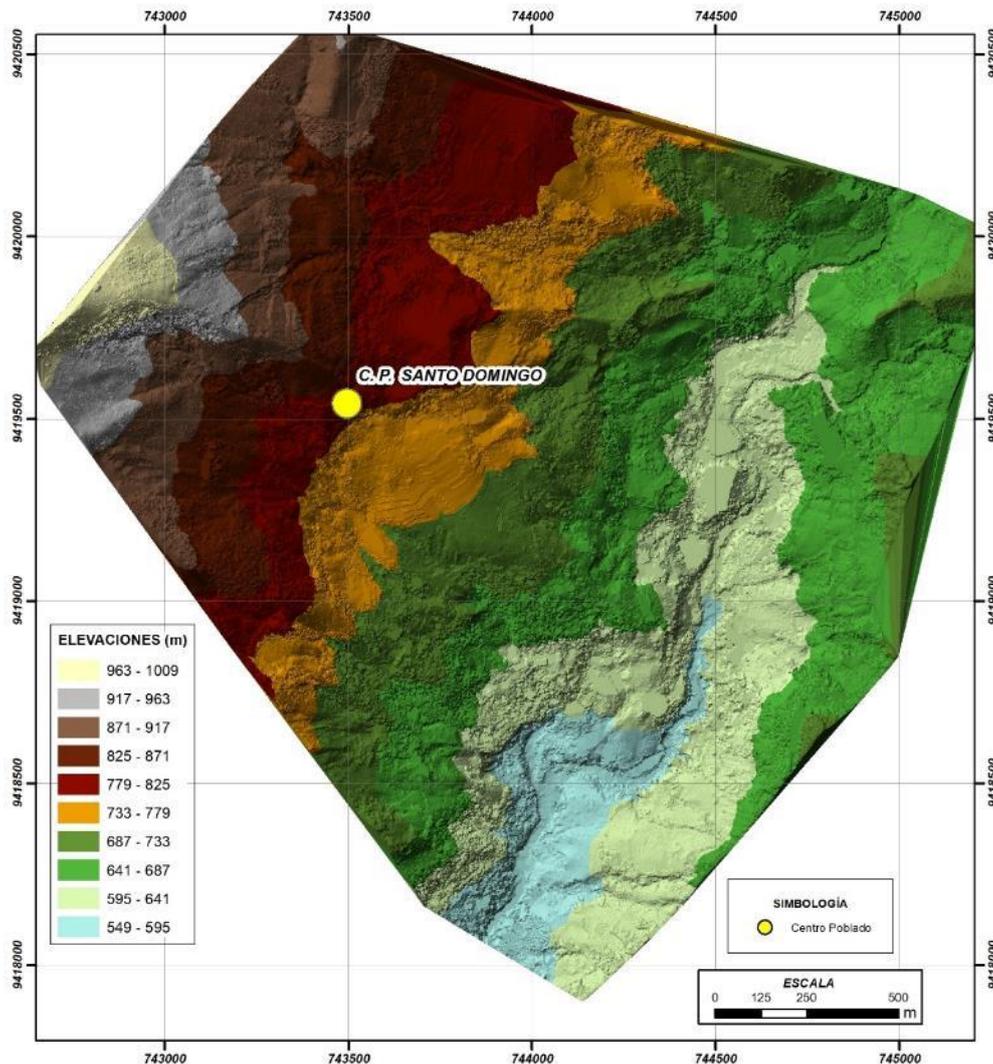


Figura 6. Modelo digital de elevaciones del centro poblado Santo Domingo.

4.1 Pendiente del terreno

La pendiente es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2022), es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masas en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte ($>30^\circ$), también es más alta la erosión en laderas (laminar, sucos y cárcavas), en colinas o montañas, por que a mayor pendiente facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vílchez et. al., 2013).

El sector evaluado comprende pendientes comprendidas de 15° a 35° . esta superficie es ocupada por las viviendas del centro poblado Santo Domingo, áreas de pastoreo y cultivos agrícolas como el arroz, que necesita un riego constante por inundación (Mapa 2).

4.2 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado en centro poblado, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet (figura 6).

4.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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, dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

Unidad de Montaña

Tiene una altura mayor a los 300 m con respecto al nivel de la base local, así se tienen las siguientes subunidades de montaña diferenciadas según el tipo de roca que la conforman.

Sub unidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs)

Tiene una altura mayor a 300 m con respecto al nivel de base, corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos. Se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas con pendientes de 15° a 35° .

En el sector evaluado, hacia el este, está conformada principalmente por rocas de origen calcáreo, intercaladas con lutitas (figura 7).



Figura 7. Sub unidad de montaña en roca sedimentaria

4.2.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Son geoformas que comprenden el conjunto de procesos constructivos, determinados tanto por las fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y la morfología de los ríos, factores que tienden a nivelar de manera positiva la superficie terrestre, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados. (Villota, 2005).

Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. La unidad de piedemonte identificada es la siguiente:

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd)

Conformada por acumulación intercalada de materiales relacionados a movimientos en masa como deslizamientos y fuente de origen cercano, constituido por gravas angulosas con matriz arcillo limosa, en ubicada hacia el oeste, colindando con la quebrada Huaran Deza.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que moldean 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 cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

El peligro geológico identificado en la zona de estudio, corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento descrito a continuación:

5.2 Deslizamiento centro poblado Santo Domingo

Este deslizamiento se reactivó el 28 de noviembre del 2021 (mapa 3), a raíz del sismo ocurrido el mismo día en Amazonas.

La reactivación es de tipo rotacional, el evento presenta escarpes múltiples de forma irregular 663 m (E1), 390 m (E2) y 820 m (E3), con saltos que varían entre los 2 m y 9 m, (figura 8), la dirección del movimiento es de nor-oeste a sur-este; el cuerpo del deslizamiento en la superficie se aprecia grietas dispersas y en diferentes direcciones dentro del cuerpo del deslizamiento, con longitudes que varían entre 10m a 30m, con aperturas que varía entre 0.30 m a 0.90 m (figura 9) y saltos verticales de 10cm a 30 cm; así mismo en la parte posterior del deslizamiento a una distancia de 10 m se aprecian grietas con longitudes de 5m a 40 m, ancho de 10 cm a 20 cm, con salto vertical de 5 cm a 10 cm.

El movimiento presenta un comportamiento retrogresivo, pues, se aprecian grietas en la parte posterior de los escarpes principales; así mismo por el material fue transportado hacia la quebrada Huaran Deza, luego a embalsarla, formó un dique con largo de 400 m y ancho de 50 m, en el momento de la inspección la laguna tenía una longitud de 35 m.

Hacia el noroeste, el deslizamiento dio origen a un flujo de detritos no canalizado, el material transportado estuvo conformado por gravas y bloques (tamaños hasta de 50 cm); los fragmentos de roca son de origen calcáreo en matriz arcillo limosa, el flujo recorrió una distancia de 445 m, presentó un ancho de 65 m de ancho y afectó terrenos de cultivo en un área 3 has. (figura 10).



Figura 8. Escarpe principal, tiene un salto promedio de 9 metros.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9385483 – Este: 779045



Figura 9. Escarpe ubicado en el flanco derecho, tiene un salto promedio de 2.5 metros.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9385531 – Este: 778833



Figura 10. Flujo no canalizado ubicado al noroeste del deslizamiento.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9419503 – Este: 743274

Factores condicionantes

- Litología incompetente, calizas muy fracturadas, intercaladas con lutitas diaclasadas, en la parte baja de la ladera encontramos un depósito coluvio – deluvial, conformado por escasos bloques y gravas en matriz arcillo limosa no consolidada.
- Ladera con pendiente promedio de 15° a 30°, que permite que el material inestable que se encuentre en la superficie, ceda cuesta abajo.
- Cultivos de arroz, con riego permanente (riego por inundación), saturan el terreno y conlleva a su inestabilidad. Estos se ubican en la parte media y baja de la ladera afectada por el deslizamiento.

Factores detonantes

- Sismo, como el sucedido el 21 de noviembre del 2021.
- Lluvias intensas, las del periodo 2021.

Daños ocasionados por el deslizamiento

- Afectó 22 viviendas (rusticas), actualmente son inhabitables.
- Afectó 30 has de cultivos agrícolas.
- Embalsó la quebrada Huaran Deza en un tramo de 400m (figura 11 y 12).
- Afectó caminos de herradura en un tramo de 100 m (figura 13)



Figura 11. Sección de la quebrada Huaran Deza embalsada, con una longitud de 400m.



Figura 12. Ubicación del dique formado por el material deslizado.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9419386 – Este: 744487



Figura 13. Grietas y deterioro de camino de herradura en el centro poblado Santo Domingo.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9419386 – Este: 744487

6. ZONA DE REUBICACIÓN

El área se encuentra en cruce de Naranjitos, sobre una planicie aluvial, con una pendiente muy baja, 2°.

6.1 Recomendaciones para el terreno

Antes de que sea ocupado por la población se deben realizar las siguientes actividades:

- a) Forestar los alrededores.
- b) En la parte posterior del terreno, realizar drenes para evacuar las aguas provenientes de las lluvias.
- c) En el área colindante al canal de regadío de los arrozales, no habitar por lo menos a 2m. de dicho canal, dejar este espacio como calle.
- d) En el terreno realizar un sistema de drenaje pluvial para evitar la infiltración de agua al suelo.
- e) Realizar un estudio de suelos, para determinar la capacidad portante del suelo.

CONCLUSIONES

- a. Por el sismo del 28 de noviembre del 2021, el deslizamiento que se encontraba el centro poblado Santo Domingo, se reactivó nuevamente, afectó 22 viviendas, 30 hectáreas de terrenos de cultivo y trocha carrozable en 50 m; así mismo el material transportado llegó a represar a la quebrada Huaran Deza, formando un dique de 35 m, este represamiento fue momentáneo.
- b. El deslizamiento es de tipo rotacional, las reactivaciones son también rotacionales. El escarpe principal tiene 663 m (E1) y los secundarios, 390 m (E2) y 820 m (E3), con saltos que varían entre los 2 m y 9 metros.
- c. El área afectada presenta geoformas como montañas en roca sedimentaria (RM – rs), con pendientes de 15° a 35° y vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd) con pendientes de 5° a 15°. La zona de reubicación se encuentra sobre una planicie aluvial con pendiente menor a 2°.
- d. Los factores condicionantes corresponden a:
 - Pendiente del terreno (20° a 35°)
 - Litología, conformada por calizas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas a muy fracturadas. Depósito coluvio-deluvial, conformado por fragmentos de roca de formas angulosas a subangulosas, en una matriz arcillo limosa inconsolidada
 - Prácticas agrícolas con riego permanente (inundación) que llegó a saturar al terreno; como factores detonantes tenemos el sismo del 28 de noviembre del 2021 en la provincia del Datem del Marañón, Departamento de Loreto y las lluvias intensas que se presentaron el mismo mes.
- e. El centro poblado Santo Domingo se considera como **Zona Crítica de Peligros Muy Alto, No Mitigable** a la ocurrencia de deslizamiento, cuyo proceso podría reactivarse por lluvias intensas o sismos.

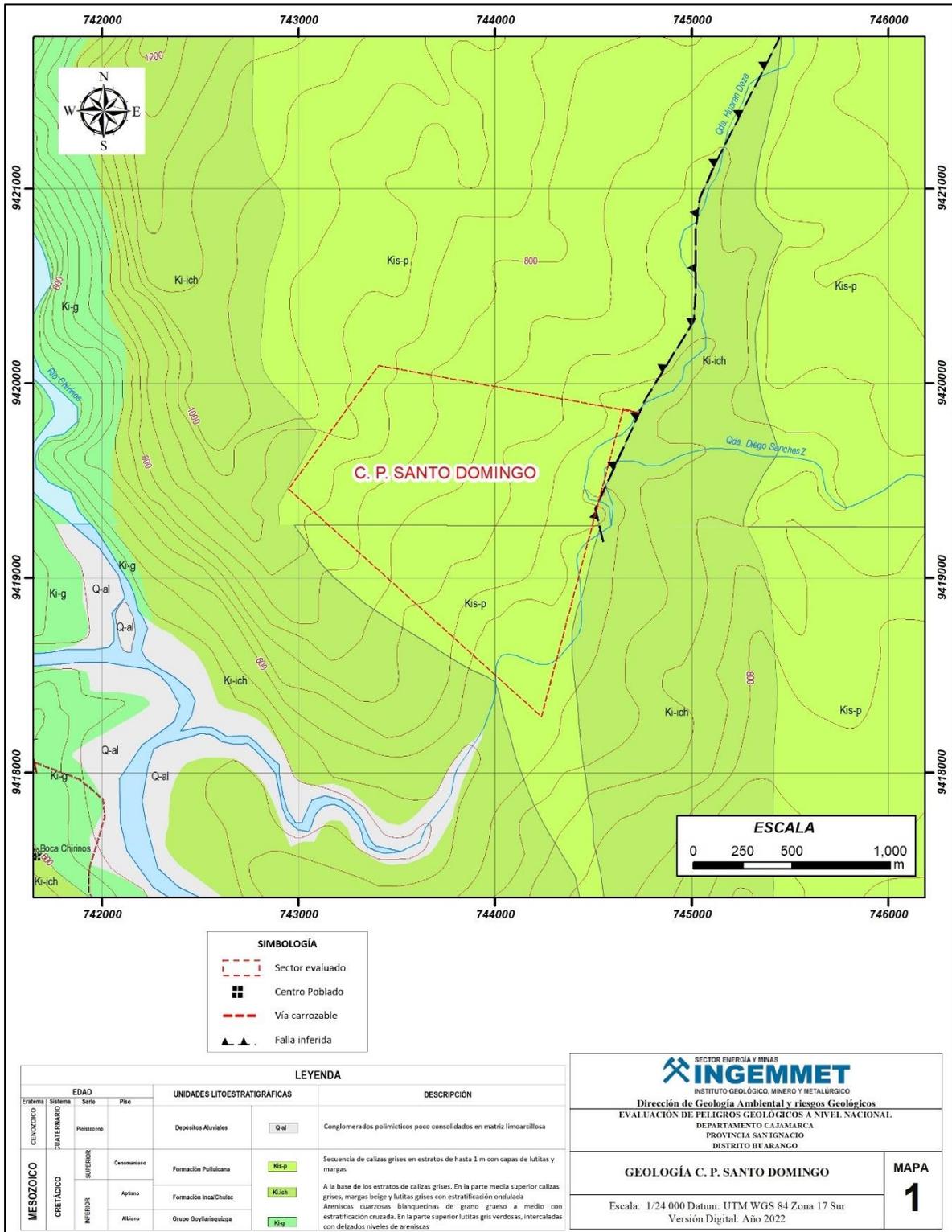
RECOMENDACIONES

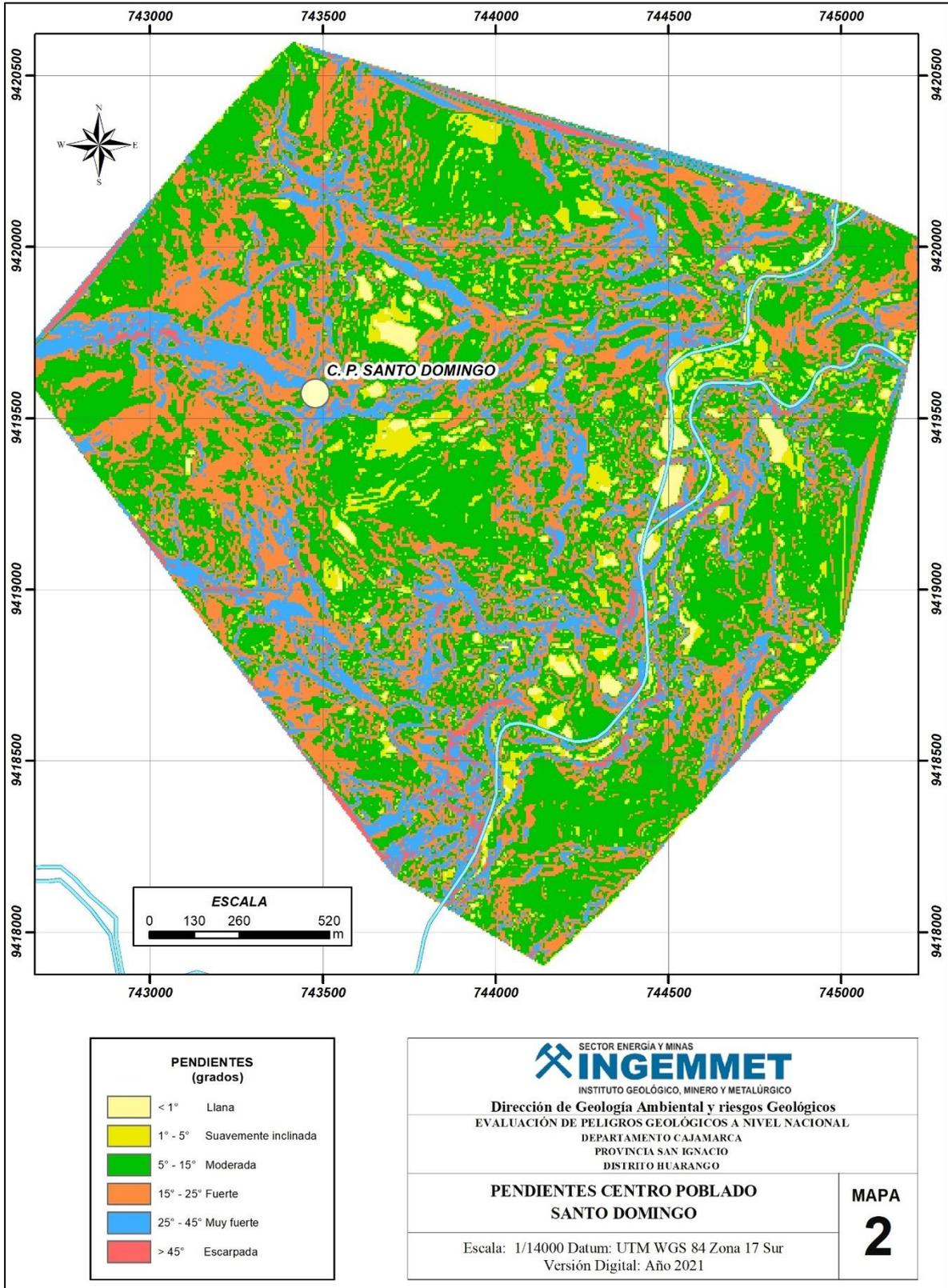
- a. Evitar prácticas agrícolas que necesiten de riego por inundación, implementar cultivos de riego por goteo y reforestar con especies nativas. Con la finalidad de no perder más terrenos agrícolas.
- b. En el cuerpo del deslizamiento se recomienda construir un sistema de drenaje, con la finalidad de disminuir la infiltración de agua al terreno, los canales colectores deben estar impermeabilizados adecuadamente y conducir el agua fuera del área afectada.
- c. Construir zanjas de coronación en la cabecera del deslizamiento, para evitar el ingreso del agua de escorrentía al cuerpo del deslizamiento; la construcción de esta obra no debe estar cerca al borde del escarpe principal del deslizamiento.
- d. Reubicar a todos los pobladores del centro poblado Santo Domingo hacia el sector Cruce de Naranjitos
- e. No se deberá volver a construir viviendas y ningún tipo de infraestructura en el terreno deslizado.
- f. Para la zona de reubicación antes de ser ocupado por la población se debe seguir las recomendaciones dadas en el punto 6.1

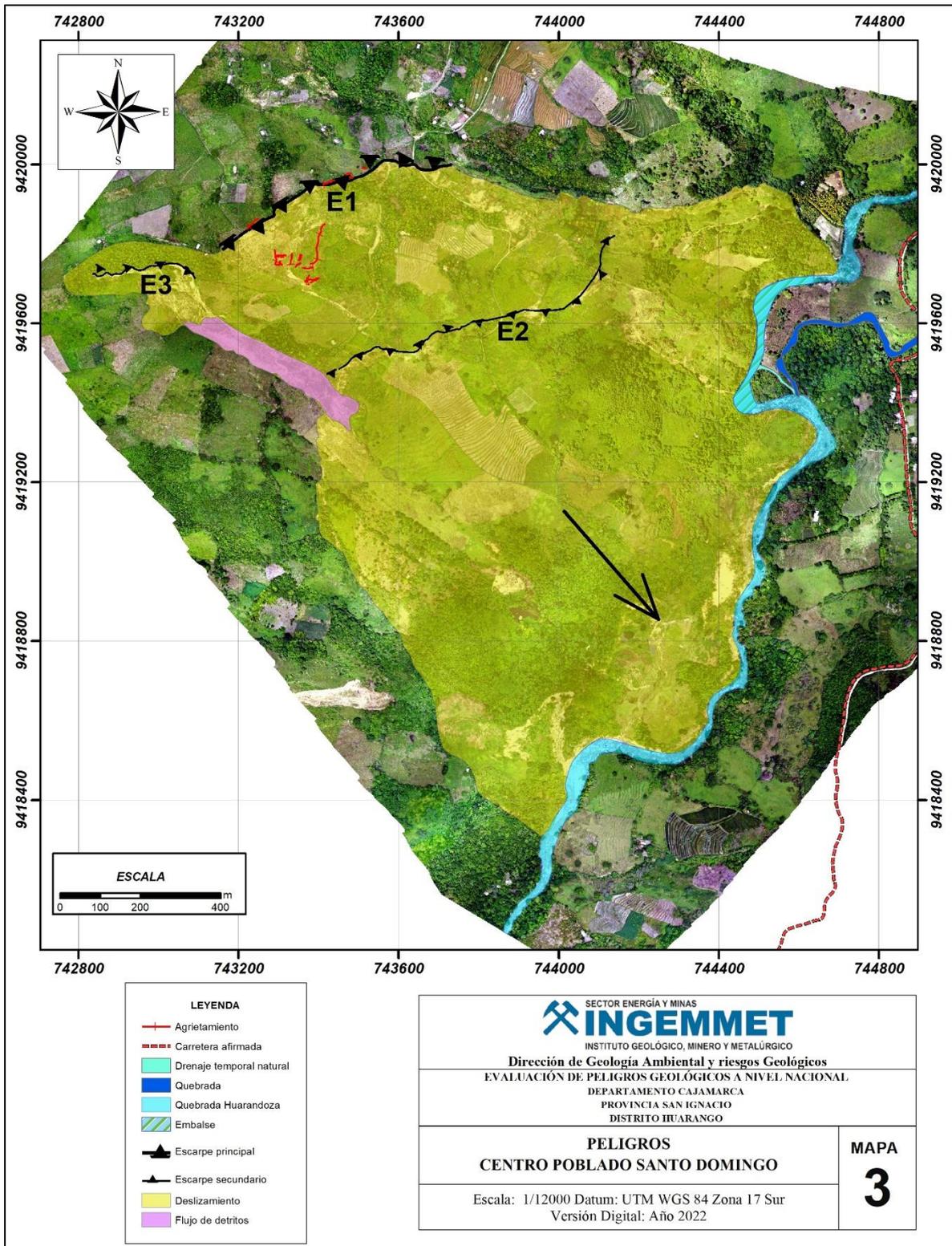

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610


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

ANEXO 1. MAPAS







ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura A1). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

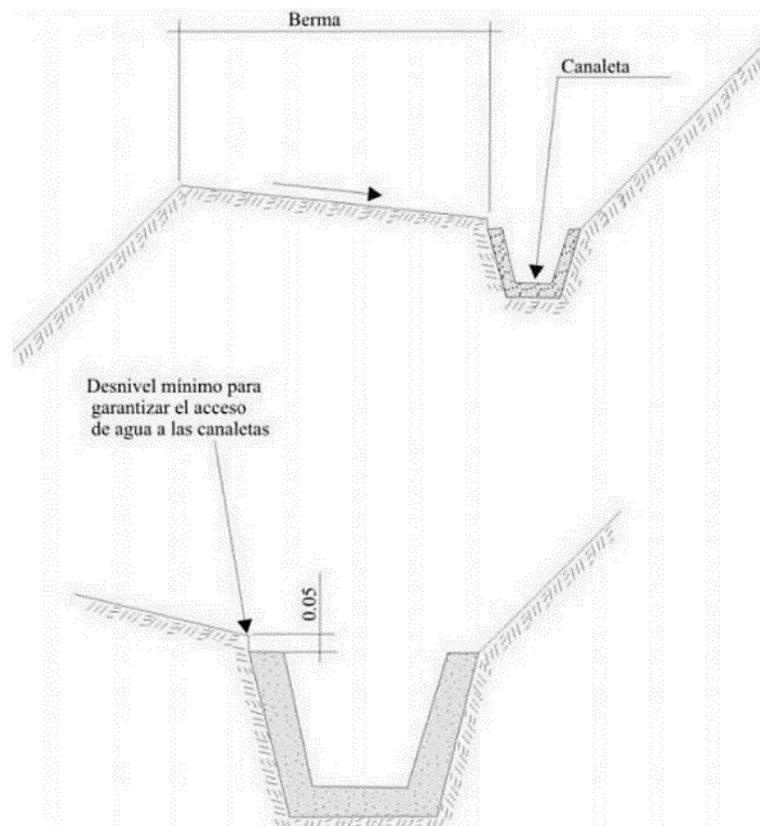


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

BIBLIOGRAFÍA

- De la Cruz (1995), Geología de los cuadrángulos de Río Santa Agueda (10-f), San Ignacio (11-f) y Aramango (11-g), Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional N° 57, 162p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007)
- Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Instituto Geofísico del Perú, Características del sismo de Barranca - Datem del Marañón del 03 de febrero 2022 (M6.8) y niveles de sacudimiento del suelo (Provincia del Datem del Marañón - Región Loreto), Informe Técnico N°006-2022/IGP Ciencias de la Tierra Sólida, 27 p.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M. (2008) - Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Shruthi, R.B.V.; Kerle, N.; Jetten, V. (2011) - Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology* 2011,134, 260–268.
- Tavera, H., Mamani, C., & Mercado, A. (2021). Informe Técnico N°040-2021/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA - Sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (M7.5) y niveles de sacudimiento del suelo.
- Tavera, H., Mamani, C., & Mercado, A. (2022). Informe Técnico N°006-2022/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA - Características del sismo de Barranca - Datem del Marañón del 03 de febrero del 2022 (M6.8) y niveles de sacudimiento del suelo.