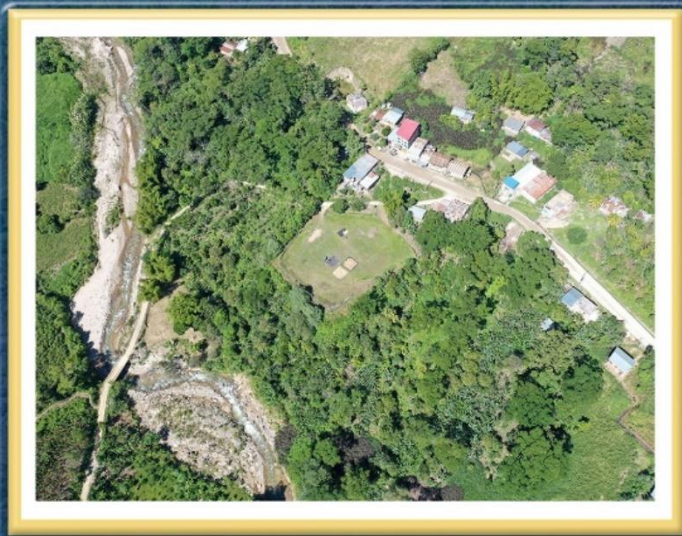


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7574

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE LAGUNAS

Departamento: Cajamarca
Provincia: Cutervo
Distrito: Callayue



DICIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE LAGUNAS

***Distrito Callayuc
Provincia Cutervo
Departamento Cajamarca***



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

Equipo Técnico:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *“Evaluación del peligro geológico por movimientos en masa en la localidad de Lagunas, Distrito Callayuc, Provincia Cutervo, Departamento Cajamarca”*. INGEMMET, Informe Técnico N° A7574, 32p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales.....	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad.....	6
1.3.3. Población.....	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES.....	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu).....	10
3.1.2. Formación Pariatambo (Ki-pt).....	11
3.1.3. Depósitos cuaternarios.....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	13
4.2. Pendiente del terreno.....	14
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	15
4.3.1. Unidad de montaña.....	15
4.3.2. Unidad de Piedemontes.....	15
4.3.3. Unidad de Planicies.....	15
4.3.4. Geoformas particulares.....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	17
5.1. Deslizamiento rotacional Lagunas.....	17
5.1.1. Análisis longitudinal.....	18
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	19
5.2. Hundimiento.....	20
5.3. Erosión fluvial.....	21
6. CONCLUSIONES.....	22
7. RECOMENDACIONES.....	23
8. BIBLIOGRAFÍA.....	24
ANEXO 1. MAPAS.....	25
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	30

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento, hundimiento y erosión fluvial, realizados en la localidad de Lagunas, que pertenece a la jurisdicción del distrito de Callayuc, provincia Cutervo, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En la zona evaluada aforan calizas de la Formación Chúlec. El macizo rocoso se encuentra fracturado y moderadamente meteorizado. Esta unidad se encuentra cubierta por suelos de arcillas de alta plasticidad de origen coluvio deluvial y por depósitos antropogénicos.

El área configura geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento, debido a los movimientos en masa registrados recientemente. Estos terrenos muestran una pendiente de moderada a fuerte (5° a 25°).

El principal proceso identificado en la localidad de Lagunas corresponde a movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional, de $5\,351\text{ m}^2$, con escarpe de 93 m de longitud y salto vertical de entre 0.5 a 2 m. Este deslizamiento se ha producido en un sector con rellenos poco consolidados. Afecta 475 m^2 de la plataforma comunal de múltiples usos, $2\,500\text{ m}^2$ de terrenos de cultivos, y pone en peligro a los pobladores de la localidad de Lagunas, que utilizan estos terrenos regularmente.

Además, en la parte alta de la zona se ha identificado un proceso de hundimiento de 741 m^2 , que afecta a dos viviendas; este proceso se ha originado debido a la abundante agua superficial de la zona, que no se encuentra canalizada adecuadamente. En la parte baja de la zona se ha identificado la erosión fluvial de 150 m del margen izquierdo del río Santa Clara.

Como factor detonante se considera las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, que pueden superar los 50 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Cutervo y favorecen la inestabilidad de los terrenos.

Los sectores impactados por deslizamiento, hundimiento y erosión fluvial, debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica, son considerados de **Alto Peligro** ante la ocurrencia de estos movimientos en masa y otros peligros geológicos.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la impermeabilización de los canales perimetrales y los canales de regadío de la zona, nivelar el terreno, sellar los agrietamientos, compactar los suelos, monitorear el avance del deslizamiento, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye 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 remitida por la Municipalidad Distrital de Callayuc, según Oficio N° 026-2024-MDC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos, en la localidad de Lagunas, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias. El último evento ocurrió en marzo del 2024.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, designó a los ingenieros Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 2 de junio del 2024.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Callayuc, Municipalidad Provincial de Cutervo, Gobierno Regional de Cajamarca, e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento que se presenta en la localidad de Lagunas, evento que pueden comprometer la seguridad física de los pobladores.
- b) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye a la localidad de Lagunas, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 38 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén” (Wilson, 1984) donde se describen las unidades geológicas a una escala 1:100 000; describiendo en la zona calizas nodulares de la Formación Chúlec.
- El Boletín N° 44 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la localidad de Lagunas se sitúa en una zona de susceptibilidad de media ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la localidad de Lagunas que pertenece al distrito de Callayuc, provincia Cutervo, departamento Cajamarca (figura 1). Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el tabla 1 además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	737010	9318180	-6.164096	-78.858238
2	737010	9317740	-6.168074	-78.858223
3	736610	9317740	-6.168088	-78.861832
4	736610	9318180	-6.164111	-78.861855
Coordenada central de los peligros identificados				
C	736814	9317970	-6.165998	-78.860001

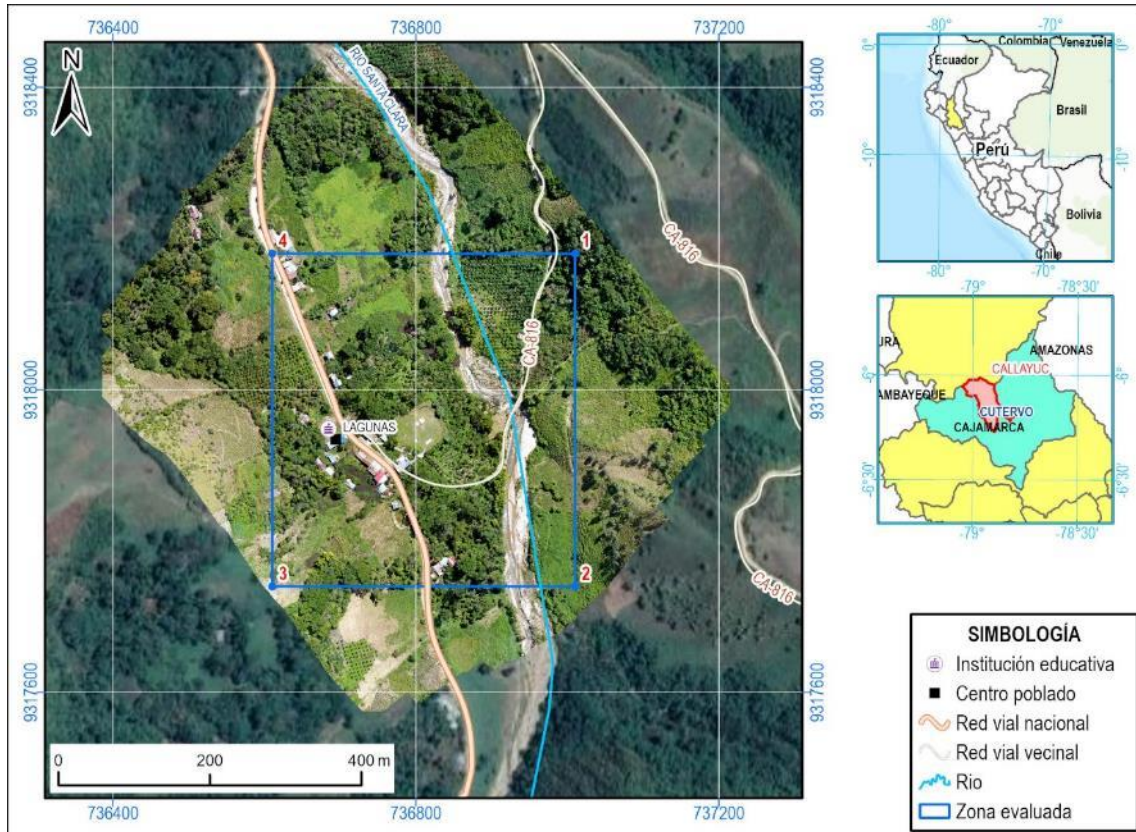


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Cajamarca se realiza a través de la vía nacional asfaltada PE-3N, hasta la localidad de Lagunas; tal como se detalla en la siguiente ruta (Tabla 2, figura 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Lagunas	Asfaltada	253	6 horas 20 minutos

1.3.3. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Lagunas, tiene una población de 124 habitantes, distribuidos en 40 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no de desagüe.

Las autoridades comunales refieren que el terreno de uso múltiple afectado es utilizado por todos los pobladores, durante sus reuniones ordinarias o extraordinarias.

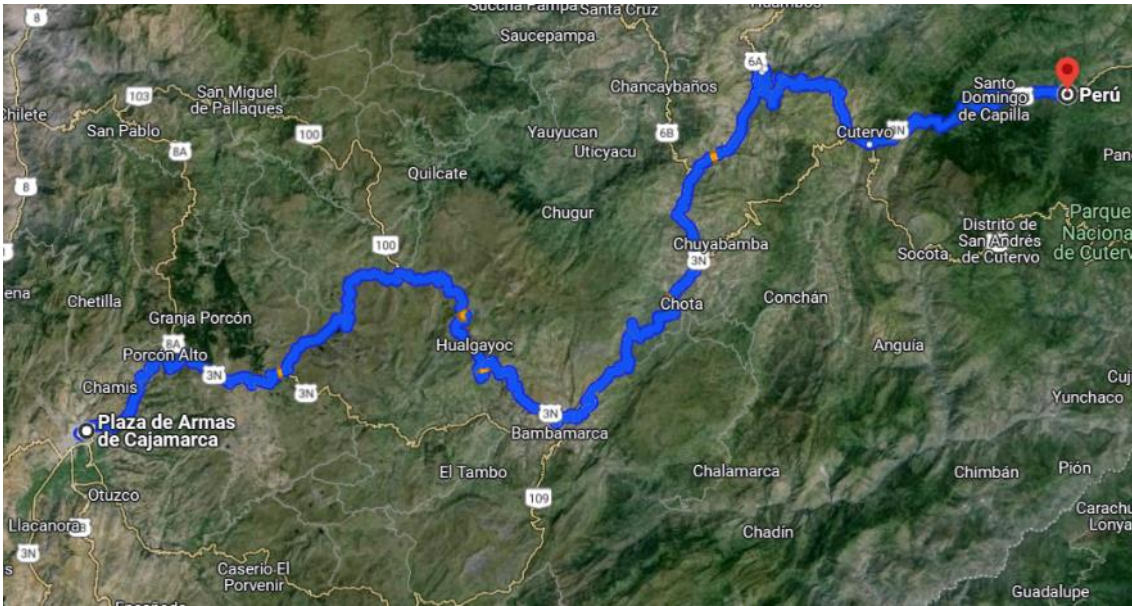


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta la localidad de Lagunas. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, templado (C (r) B), con una temperatura máxima promedio de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 700 a 2 000 mm.

Entre los años 2018-2024, los meses de enero – marzo, el sector evaluado recibió precipitaciones de hasta 53.6 mm/día (figura 3), considerado por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

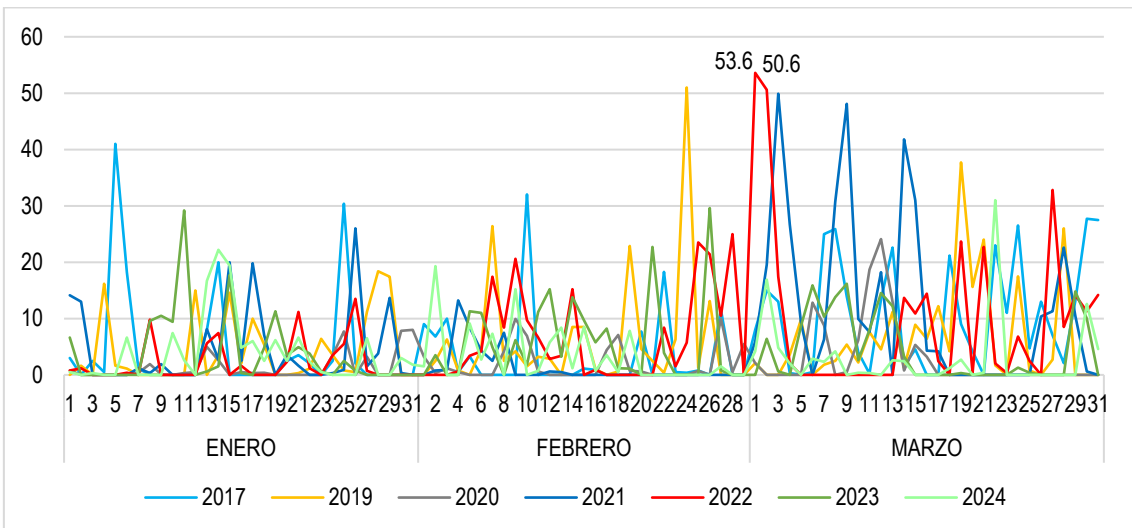


Figura 3. Precipitación diaria del mes de enero a marzo entre los años 2017-2024, en la Estación Cutervo (Cutervo). **Fuente:** Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA:GCA, 2007); donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

Arcilla: Suelo 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; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

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

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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

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.

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.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor 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.

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.

Inactivo latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Hundimiento: Desplazamiento vertical brusco de una masa de suelo o roca debido en muchas ocasiones a la falla estructural de la bóveda de una cavidad subterránea. Suelen estar asociados a procesos de disolución de rocas carbonatadas o a la minería subterránea (Hauser, 2000).

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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 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.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

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.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

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

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

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 geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Cutervo (Wilson, 1984), donde se tienen calizas nodulares de una sedimentación marina somera (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu)

Corresponde a una secuencia de calizas arenosas en la base de la unidad, mientras que en la parte media y superior se tienen calizas micríticas a wackestone en los niveles medio y superior, de un ambiente de sedimentación marino somero, con abundante fauna fósil y una distinguible coloración crema por meteorización.

En la zona evaluada esta unidad está cubierta por depósitos producto de la ocurrencia de múltiples eventos movimientos en masa; solo se ubican bloques rodados que son utilizados para la conformación de cimientos y muros de roca.

3.1.2. Formación Pariatambo (Ki-pt)

Esta unidad sedimentaria se ubica concordantemente sobre la Formación Chúlec, está compuesta por calizas y arcillas calcáreas con una distinguible coloración negruzca debido al abundante contenido orgánico de un ambiente anóxico de formación; además sus macizos rosos muestran una marcada fractura paralela en lajas.

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial (Q-al)

Corresponden a suelos formados por antiguos cauces fluviales que surcaron el valle. En la actualidad se muestran como terrazas altas de pendiente baja a moderada; su composición litológica varía de gravas bien graduadas a arenas con limos, en secuencias rítmicas.

Depósito coluvio deluvial 1 (Q-cd1)

Son depósitos antiguos, con una compactación y consolidación más alta que los suelos recientes; además se presenta una densa vegetación de pastos y arbustos debido a la abundante saturación de los terrenos. Su composición va de limos de baja plasticidad a gravas limosas con una capa superficial delgada de suelos con abundantes compuestos orgánicos.

Depósito coluvio deluvial 2 (Q-cd2)

Son suelos acumulados por movimientos en masa y flujos acarreados por las aguas de escorrentía. La composición litológica está compuesta de arcillas de alta plasticidad con bloques y cantos sub redondeados, poco consolidados y que están cubiertos por una densa vegetación de árboles y arbustos. Se ubican en el centro de la localidad de Lagunas (figura 4 y tabla 3).



Figura 4. Depósito coluvial ubicado en la zona de deslizamiento activo en la localidad de Lagunas.
Ubicación: E: 736787, N: 9317997.



Figura 6. Muro con rocas creado para depositar los materiales antropogénicos en la parte baja de la plataforma de uso múltiple. **Ubicación:** E: 736787, N: 9317997



Figura 7. Comparación del tamaño de la plataforma comuna de Lagunas en mayo del 2011 (izquierda) y en junio del 2024 (derecha). Fuente: Google Earth y levantamiento fotogramétrico en campo.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en junio del 2024 por el Ingemmet, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1/5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad de Lagunas presenta elevaciones que van desde los 1 077 m hasta los 1 181 m, en los cuales se distinguen 10 niveles altitudinales (figura 8), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 090 y 1 100 m, con pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°) correspondiente a una geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento y litología de arcillas de alta plasticidad.

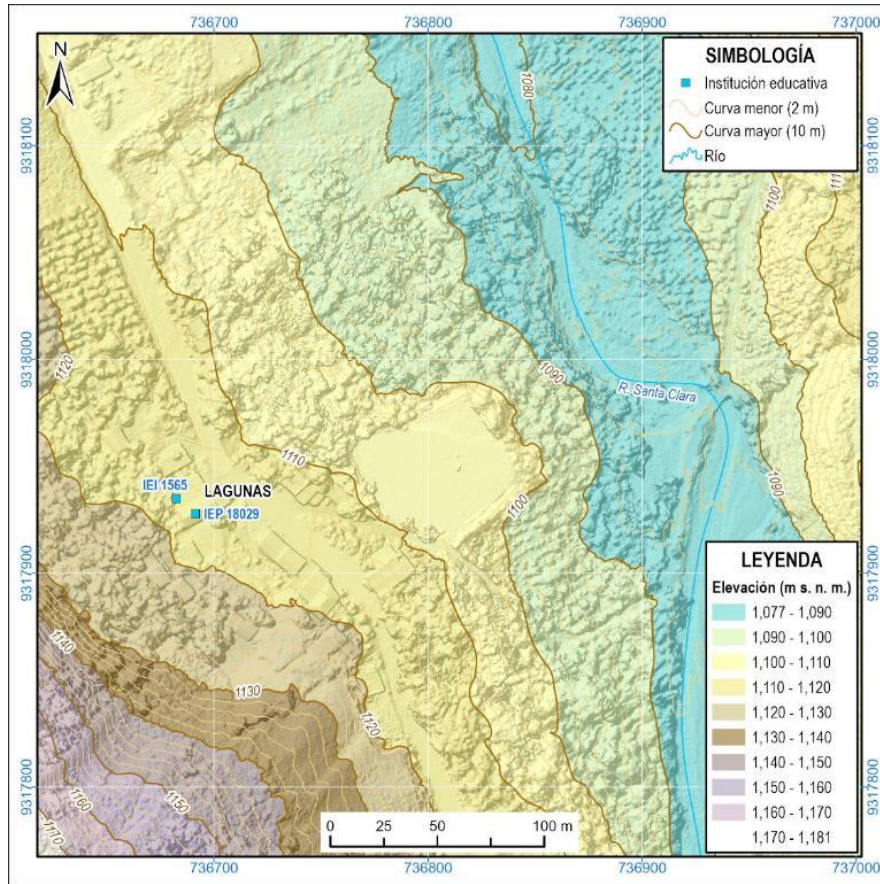


Figura 8. Modelo digital de elevaciones del área evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, localidad de Lagunas, presenta terrenos con pendientes que varía de llana ($<1^\circ$) en la plataforma comunal, a pendiente fuerte y muy fuerte (15° a 45°), en las partes bajas de la plataforma (figura 9; mapa 2).

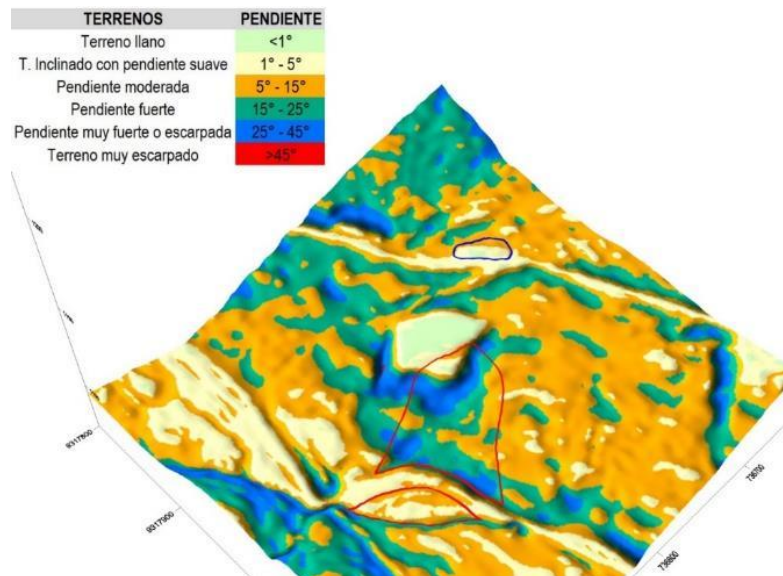


Figura 9. Modelo 3D de las pendientes de la localidad de Lagunas, los movimientos en masa están delimitados en línea roja y el área de hundimiento en línea azul.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional (montaña en roca sedimentaria), como de carácter agradacional (vertiente coluvio deluvial, vertiente con depósito de deslizamiento, terraza aluvial y planicie inundable) y geoformas particulares (depósito antrópico); se grafican en la figura 10 y en el mapa 3.

4.3.1 Unidad de montaña

Corresponde a unidades mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cumbres agudas, subagudas, semi redondeadas, redondeadas o tubulares y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan una pendiente superior a 17° (Villota, 2005).

- Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Corresponde a las partes altas del valle de la localidad de Lagunas, donde el substrato está conformado por rocas sedimentarias carbonatadas de mayor resistencia que los depósitos coluviales ubicados en las partes bajas, por lo que sobresalen con pendientes de fuertes a muy fuertes.

4.3.2 Unidad de Piedemontes

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

Corresponden a superficies ubicados entre las montañas y los terrenos de baja pendiente del fondo del valle, formados por la acumulación de suelos originados por diversos movimientos en masa antiguos, muestran una abundante vegetación de árboles y arbustos.

- Subunidad de piedemonte o vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Se refiere a relieves de suelos modelados por acción de deslizamientos recientes, donde es apreciable la morfometría de hundido en la parte alta y un sector alzado en la parte baja, debido a la constante acumulación de los suelos en deslizamiento.

4.3.3 Unidad de Planicies

- Subunidad de terraza aluvial (T-a)

Son terrenos de pendiente baja a moderada (1° a 15°) ubicados en las partes bajas del valle. Corresponden a antiguos depósitos aluviales acumulados estacionalmente por escorrentías de ríos y quebradas; actualmente son utilizados ampliamente para cultivos y para asentamientos humanos.

- **Subunidad de planicie inundable (PI-i)**

Corresponde a los terrenos ubicados en el fondo del valle, donde surge el río Santa Clara y sus áreas próximas, con pendiente suave a llana (<5°) y donde la quebrada puede inundar en temporadas de lluvias intensas.

4.3.4. Geformas particulares

- **Depósito antrópico (Dan)**

Corresponde al sector conformado por depósitos antrópicos acarreados para la ampliación de la plataforma multiusos de la comunidad de Lagunas. Con el paso del tiempo los suelos han ido desplazándose ladera abajo en dirección al río Santa Clara tal como se observa en la figura 10.



Figura 10. Vista de las geformas cartografiadas en la localidad de Lagunas: Terraza aluvial (T-a), depósito antrópico (Dan), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) y planicie inundable (PI-i).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa y otros peligros geológicos, tipo deslizamiento rotacional, hundimiento y erosión fluvial (figura 11).



Figura 11. Vista de la localidad de Lagunas, los movimientos en masa están delimitados en línea amarilla y el área con hundimiento en línea azul.

5.1. Deslizamiento rotacional Lagunas

Corresponde a un deslizamiento generado sobre suelo antropogénico acumulado con el fin de expandir la plataforma comunal multiusos de la localidad de Lagunas.

En los lados noreste y noroeste de la plataforma se ha activado un deslizamiento, debido a la baja compactación de los suelos y su alta saturación (figura 12). El evento pone en peligro a los usuarios de la misma.



Figura 12. Las líneas amarillas muestran la escarpa principal del deslizamiento rotacional ubicado en la plataforma multiusos de la localidad de Lagunas.

5.1.1 Análisis longitudinal

En la figura 13 se muestra la extensión esquemática del deslizamiento rotacional Lagunas, originado sobre suelos antropogénicos poco consolidados de arcillas de alta plasticidad, además de su cercanía al río Santa Clara.

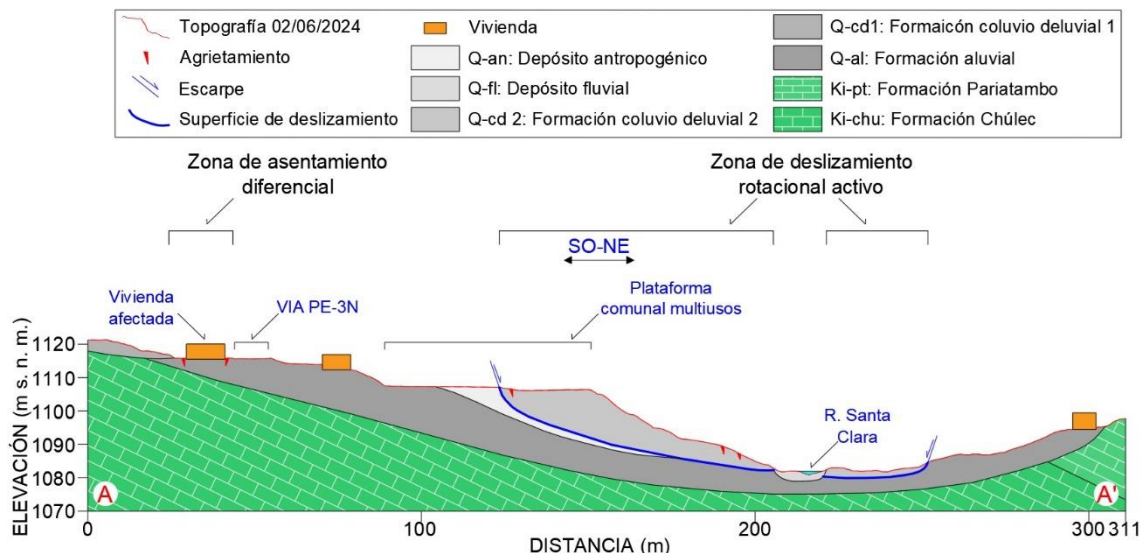


Figura 13. Perfil A- A', que muestra los suelos acumulados para la conformación de la plataforma comunal, donde se está produciendo el deslizamiento activo.

En la figura 14 se muestra el escarpe principal ubicado en la plataforma comunal de Lagunas, también se puede apreciar un escarpe secundario ubicado a pocos metros.

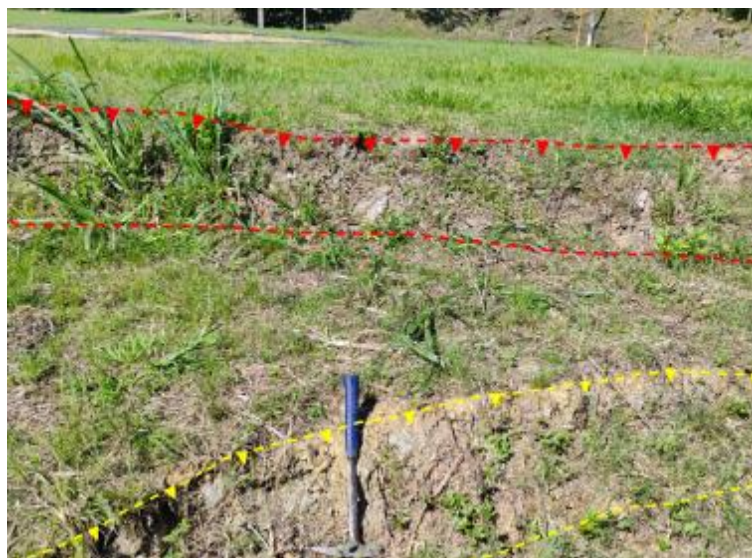


Figura 14. Escarpe principal del deslizamiento Lagunas (en línea roja) y escarpe secundario (en línea amarilla). **Ubicación:** E: 736801, N: 9317968.

Los agrietamientos y escarpes también son evidentes en otras partes del cuerpo del deslizamiento, como en la parte baja (figura 15), donde se presenta afectación a terrenos con cultivos frutales. Estos agrietamientos tienen longitudes de 20 a 60 m y aperturas de 5 a 20 cm.



Figura 15. Escarpe secundario del deslizamiento Lagunas en la parte baja del cuerpo.
Ubicación: E: 736847, N: 9318014.

En la figura 16 se muestra un canal perimetral con agua estancada, debido a la falta de mantenimiento del mismo, además no se encuentra revestido, favoreciendo la infiltración de aguas en el cuerpo del deslizamiento.



Figura 16. Canal perimetral sin recubrimiento ubicado en el contorno de la plataforma comunal.
Ubicación: E: 736763, N: 9317960.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Activo.
- Estilo: Único
- Distribución: Retrogresivo
- Deformación del terreno: Escalonado
- Velocidad: Lento (alcanza algunos centímetros al año).
- Composición: Suelos coluvio deluviales y de relleno de composición de arcillas de alta plasticidad, con bolos y cantos (10 %), gravas y gránulos (10 %), arenas (15 %) y limos y arcillas (70 %) (tabla 3)

Morfometría

- Área: 5 351 m².
- Perímetro: 333 m.
- Diferencia de alturas corona-punta: 23 m.
- Longitud horizontal: 87 m.
- Pendiente promedio: fuerte (14.8°)

- Dirección del movimiento: Azimut 62° (NE-SO).
- Salto vertical de la escarpa principal: 0.5 a 2 m.
- Apertura del escarpe principal: 0.5 m
- Longitud del escarpe principal: 93 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, principalmente suelos poco consolidados de origen coluvio deluvial y rellenos antropogénicos; con granulometría de arcillas de alta plasticidad.
- Ladera de moderada a fuerte pendiente (5° a 25°), que conforman geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Baja compactación de los materiales de relleno.
- Canales perimetrales sin recubrimiento impermeabilizante.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, que pueden sobrepasar los 50 mm/día durante la temporada enero-marzo (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 475 m² de la plataforma comunal multiusos y 2 500 m² de terrenos frutales afectados.

5.2. Hundimiento

Corresponde a un sector de 741 m² ubicado en la parte alta de la localidad de Lagunas, donde se ha producido la subsidencia del terreno de hasta 0.5 m, debido a la infiltración constante de aguas de escorrentía superficial y que ha generado agrietamientos de paredes y pisos en dos viviendas (figura 17).



Figura 17. Viviendas afectadas por hundimiento. **Ubicación:** E: 736720, N: 9317963.

La fuente de las aguas que están provocando el hundimiento de los suelos proviene de un canal de regadío sin recubrimiento impermeabilizante (figura 18).

Este hundimiento debe entenderse como un reacomodo de los suelos debido a la sobresaturación del terreno, mas no como la ocurrencia de una cavidad subterránea.



Figura 18. Escorrentía de donde proviene el flujo constante de agua que está afectando a los terrenos.
Ubicación: E: 736716, N: 9317917.

5.3. Erosión fluvial

En la parte baja del deslizamiento Lagunas se viene generando la erosión fluvial de del pie de la ladera, a lo largo de un tramo de 150 m (figura 19), debido a un deslizamiento ubicado al otro lado del margen del río Santa Clara (deslizamiento río Santa Clara), el cual está empujando suelos en dirección al río, modificando su cauce hacia la otra ribera.



Figura 19. Parte baja del deslizamiento Lagunas, donde se evidencia un deslizamiento al frente que está controlando el curso del río Santa Clara.

El proceso de erosión fluvial viene quitando resistencia al pie del deslizamiento Lagunas, favoreciendo su desplazamiento; por lo que se deberán implementar medidas de control a fin de impedir que este proceso continúe.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la localidad de Lagunas, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. La localidad de Lagunas está ubicada en la parte baja del valle del río Santa Clara, en terrenos con modera a fuerte pendiente (5° a 25°), donde se presenta un deslizamiento que afecta una plataforma comunal multiusos y pone en peligro a los pobladores y usuarios de la misma.
- b. Litológicamente, predominan suelos de origen coluvio deluvial y depósitos antropogénicos transportados para la ampliación de la plataforma comunal de Lagunas. La granulometría corresponde a arcillas de alta plasticidad con bloques sub redondeados. No se presentan afloramientos rocosos.
- c. La geomorfología de la localidad de Lagunas contempla vertiente con depósito de deslizamiento y depósito antrópico con moderada a fuerte pendiente (14.8° en promedio).
- d. Se ha identificado un deslizamiento activo de $5\,351\text{ m}^2$ con escarpe de 93 m de longitud y salto vertical de entre 0.5 a 2 m, que se ha desarrollado en el sector con relleno antrópico poco compactado; que ha afectado 475 m^2 de la plataforma comunal multiusos y $2\,500\text{ m}^2$ de terrenos frutales.
- e. También se ha identificado otro sector donde se viene produciendo un hundimiento de hasta 0.5 m, que afecta 741 m^2 . Este proceso ocurre debido a la sobresaturación de los terrenos. El hundimiento está afectando pisos y paredes de dos viviendas. Finalmente se viene registrando erosión fluvial de 150 m de la margen izquierda del río Santa Clara, en la parte baja de Lagunas.
- f. El factor detonante han sido las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que pueden superar los 50 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Cutervo y generan la pérdida de estabilidad en los suelos.
- g. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la localidad de Lagunas, se considera de **Peligro Alto** por deslizamiento rotacional, hundimiento y erosión fluvial.

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a deslizamiento y hundimiento. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros evaluados. En el mapa 5 se muestra la ubicación referencial de las principales medidas recomendadas.

- a) Impermeabilizar los canales de regadío, con material adecuado que impida la infiltración de agua, que viene afectando al terreno con hundimiento, hasta fuera de la localidad urbana (C1). De modo similar, impermeabilizar los canales perimetrales de la plataforma comunal (C2) (figura 20).
- b) Enrocar la margen izquierda del tramo del río Santa Clara que viene siendo erosionada, en la parte baja del deslizamiento, en una longitud de 150 m (DR1), a fin de evitar la erosión fluvial (figura 21).
- c) Instalar tuberías de PVC a modo de drenes de aguas subterráneas en la parte baja del deslizamiento.
- d) Nivelar el terreno de la plataforma comunal, sellar los escarpes y agrietamientos y realizar un compactado de los suelos.
- e) Monitorear el avance del deslizamiento mediante la instalación de hitos topográficos o con estacas en los márgenes de los agrietamientos y escarpes.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

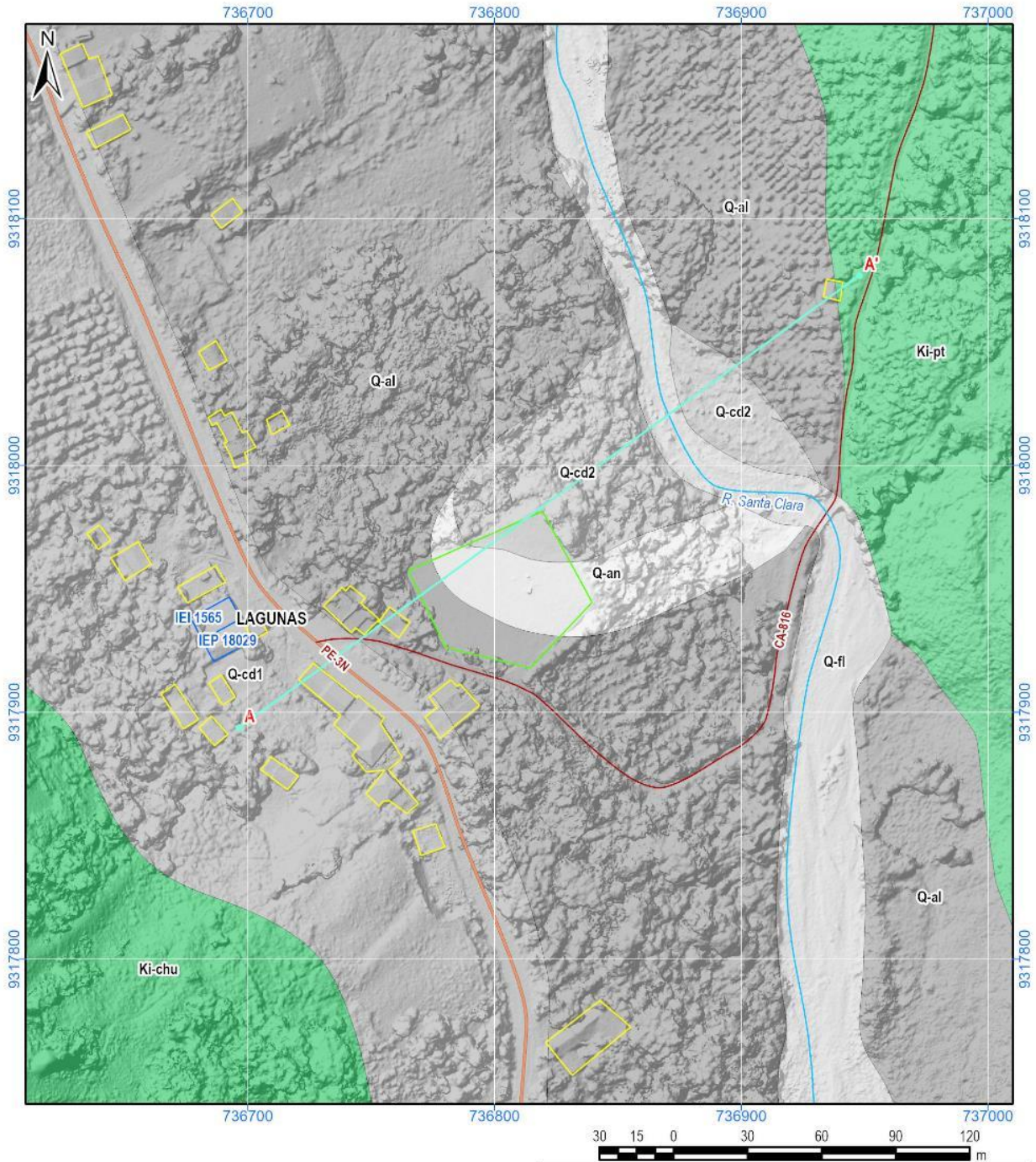


Ing. **BILBERTO ZAVALA CARRIÓN**
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- PMA:GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Senamhi. (2014). *Umbral y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén*. *Ingemmet Boletín N° 38 Serie A* (1a ed.).
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca*. *Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/300>

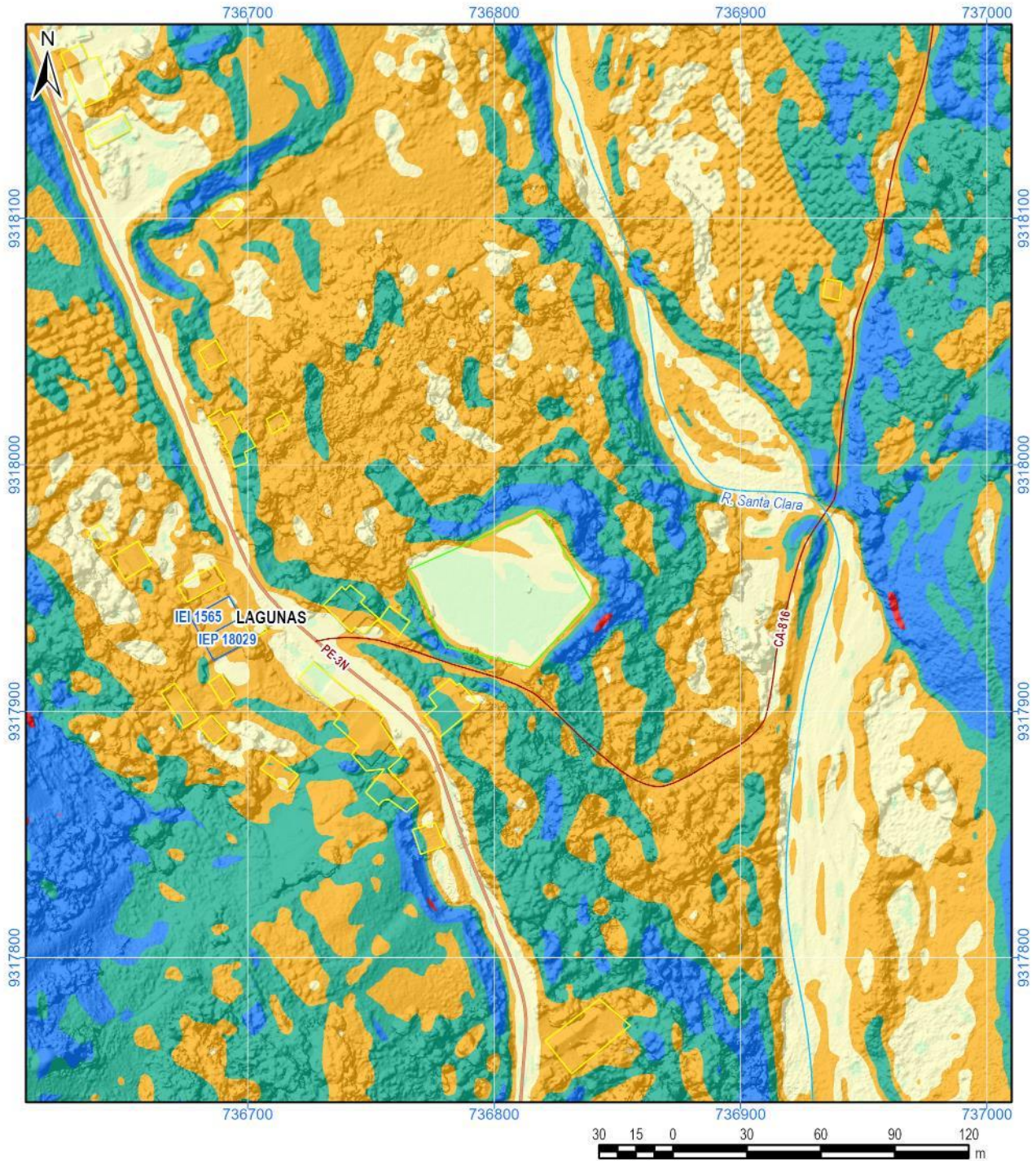
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Línea de perfil
	Río
	Vía nacional
	Vía vecinal
	Institución educativa
	Plataforma comunal multiusos
	Vivienda

LEYENDA	
	Q-an: Depósito antropogénico
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-cd2: Depósito coluvio deluvial 2
	Q-cd1: Depósito coluvio deluvial 1
	Q-al: Depósito aluvial
	Ki-pt: Formación Pariatambo
	Ki-chu: Formación Chúlec

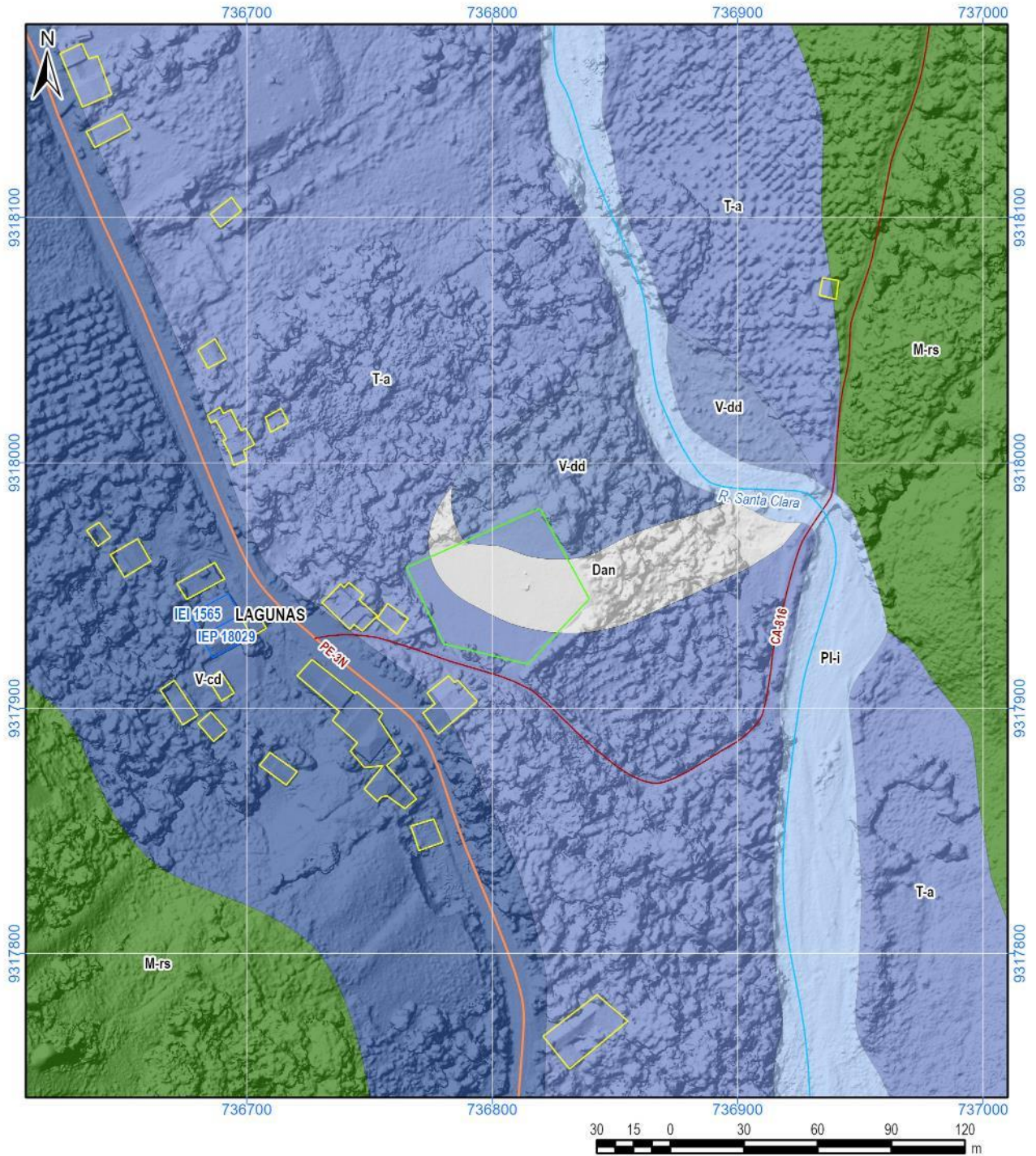
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - CALLAYUC	
MAPA GEOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE LAGUNAS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,500	Versión digital: 2024
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Río
	Vía nacional
	Vía vecinal
	Institución educativa
	Plataforma comunal multiusos
	Vivienda

LEYENDA	
	<1°: Terreno llano
	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5°-15°: Pendiente moderada
	15°-25°: Pendiente fuerte
	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	>45°: Terreno muy escarpado

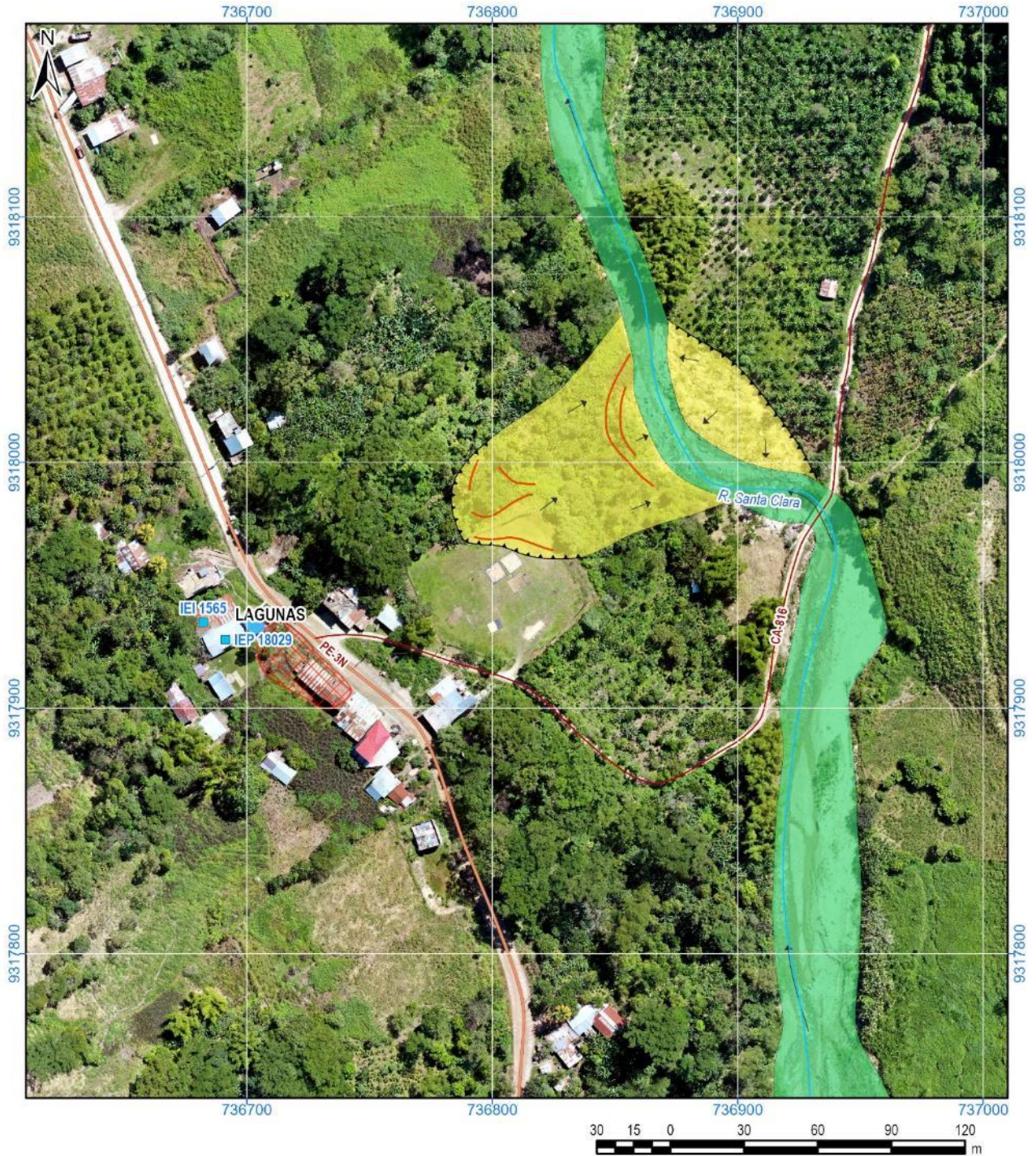
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - CALLAYUC		
MAPA DE PENDIENTES DE LA LOCALIDAD DE LAGUNAS		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/2,500	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA	
	Río
	Vía nacional
	Vía vecinal
	Institución educativa
	Plataforma comunal multiusos
	Vivienda

LEYENDA	
	M-rs: Montaña en roca sedimentaria
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	Dan: Depósito antrópico
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	T-a: Terraza aluvial
	PI-i: Planicie inundable

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - CALLAYUC		
MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE LAGUNAS		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 3
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/2,500	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Río
	Vía nacional
	Vía vecinal
	Agrietamiento
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo

LEYENDA	
	Asentamiento diferencial
	Deslizamiento rotacional activo
	Inundación y erosión fluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - CALLAYUC	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE LAGUNAS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,500	Versión digital: 2024
MAPA 4	



SIMBOLOGÍA	
	Río
	Vía nacional
	Vía vecinal

MEDIDAS RECOMENDADAS	
	Canal impermeabilizado
	Defensa ribereña

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - CALLAYUC	
MEDIDAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS EN LA LOCALIDAD DE LAGUNAS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,500	Versión digital: 2024
MAPA 5	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. 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 (Suárez Díaz, 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 los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 20). 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.

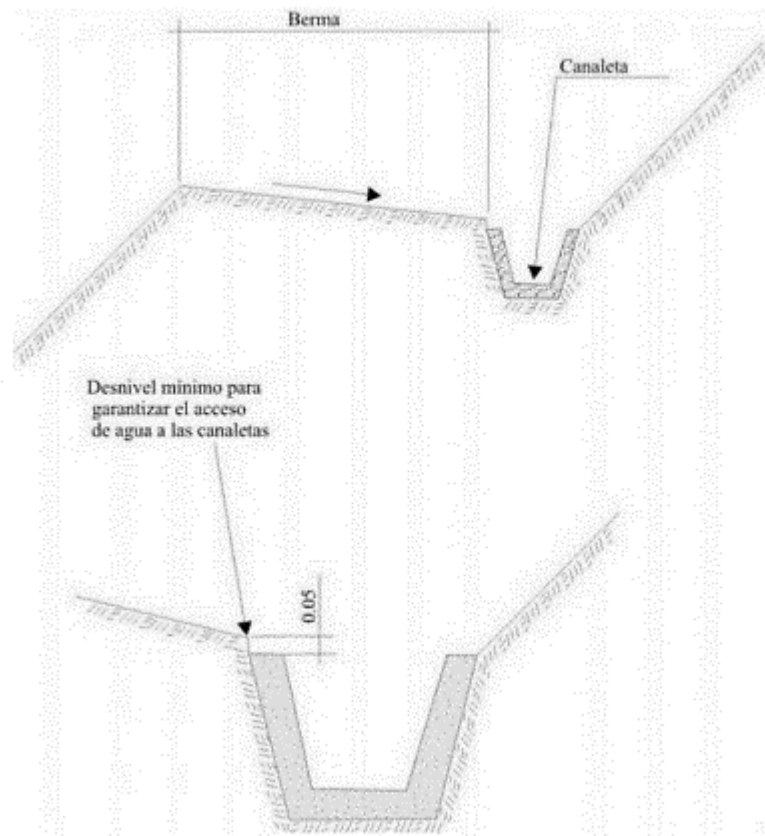


Figura 20. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

a. Defensa ribereña con roca al volteo

Este método de control de riesgos consiste en la acumulación de rocas de grandes de dimensiones (figura 21) en la ribera o riberas críticas a fin de dar consistencia y evitar la erosión fluvial. Destaca por la inversión más baja en cuanto los bloques de roca pueden ser ubicados en las proximidades de la zona.



Figura 21. Ejemplo de defensa ribereña con roca al volteo.