

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7638

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO SAN JUAN DE PIOBAMBA (CELENDÍN)

Departamento: Cajamarca
Provincia: Celendín
Distrito: Oxamarca



4 mar 202
17M 823969 921336
Altitud: 2226 m

JUNIO
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO SAN JUAN DE PIOBAMBA (CELENDIN)

***Distrito Oxamarca
Provincia Celendín
Departamento Cajamarca***

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

Equipo técnico:

***Leysi Marilyn Fuentes Pérez
Luis Miguel León Ordáz***

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *“Evaluación de peligros geológicos en el caserío de San Juan de Piobamba (Celendín)”*. INGEMMET, Informe Técnico N° A7638, 28p.

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	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	11
3.1.1. Grupo Pulluicana – (ks-pu).....	12
3.1.2. Formación Quilquiñan y Mujarrún (Ks-q)	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	12
4.2. Pendiente del terreno.....	13
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	14
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
6. CONCLUSIONES	20
7. RECOMENDACIONES.....	22
7.1. Transversales a autoridades y población	22
7.2. Ante hundimientos	22
8. BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXO 1. MAPAS	24

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológico por hundimientos en la localidad de San Juan de Piobamba, jurisdicción del distrito Oxamarca, provincia Celendín, 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 geológica en los tres niveles de gobierno.

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a calizas gris parduzcas en bancos uniformes; en algunos horizontes se observan nodulaciones calcáreas, cubiertas por material cuaternario, con un espesor no mayor a 2 m.

La geomorfología corresponde a lomadas en roca sedimentaria, ubicada en zonas de pendiente de suave a moderada (5° - 15°).

Se han identificado cinco (05) zonas de hundimiento sobre relieves kársticos, en los cuales se describe su forma, longitud, diámetro y área afectada.

Como factor condicionante tenemos la litología, pues la zona se halla sobre el Grupo Pulluicana.

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 registros de la estación meteorológica Celendín.

Además, se tiene como factores antrópicos; la ausencia de drenajes pluviales, lo que facilita que el agua de lluvia se infiltre por las grietas de las calizas, generando los relieves kársticos y posteriormente hundimientos. Se muestra una vegetación abundante, que contribuye con humedad en la zona. Contribuyen con la infiltración de aguas las excavaciones para habilitación de viviendas y vías.

De acuerdo al análisis en el área de impacto por hundimientos en el caserío de San Juan de Piobamba, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas se considera de **Peligro Medio a Alto**.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como: i) Prohibición de construcción de viviendas en zonas de peligro alto. ii) Construcción de drenajes pluviales adecuados y iii) Señalización en zonas de hundimiento.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia técnica 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 Oxamarca Oficio N° 17-2025-MDO/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el caserío de San Juan de Piobamba; la ocurrencia de los eventos mencionados es periódica durante las temporadas de lluvias.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Leysi Fuentes y Luis León, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 04 de marzo del 2025.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) 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; iii) Etapa final de gabinete donde se procesó toda la 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 Oxamarca, 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 hundimiento que se presenta en el caserío San Juan de Piobamba, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- 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 incluyen sectores de la provincia de Celendín y cercanos a San Juan de Piobamba, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 38 Serie A, “Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén, (hoja 14g), cartografía estandarizada a nivel nacional (Ingemmet, 1984), donde se describe las unidades geológicas; asimismo se reafirma la presencia de lutitas margosas, amarillentas, dentro de un conjunto homogéneo, con nodulaciones calcáreas.
- Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Celendín (hoja 14g). Escala 1:50 000, presenta las unidades litoestratigráficas.
- Zavala y Rosado (2011), en el estudio denominado “Riesgo Geológico en la Región Cajamarca”, indican que la frecuencia de peligros geológicos es de 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. Respecto a Oxamarca, la ubica según grados de susceptibilidad alta a movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde al caserío San Juan de Piobamba, que pertenece al distrito de Oxamarca, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además se muestran las coordenadas centrales referenciales de los eventos principales identificados.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio – San Juan de Piobamba.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	823830	9213200	-7,10878	-78,068677
2	824050	9213200	-7,108768	-78,066687
3	824050	9213470	-7,106329	-78,066703
4	823830	9213470	-7,106341	-78,068692
Coordenada central de la zona				
CC	823944	9213323	-7.107661	-78.06765
Coordenada central de los peligros identificados				
Hundimiento 01	823940	9213329	-7.107609	-78.067689
Hundimiento 02	823940	9213450	-7.106516	-78.067696

Hundimiento 03	824036	9213287	-7.107983	-78.066819
Hundimiento 04	824163	9213306	-7.107804	-78.065671
Hundimiento 05	823994	9213394	-7,107018	-78,067205

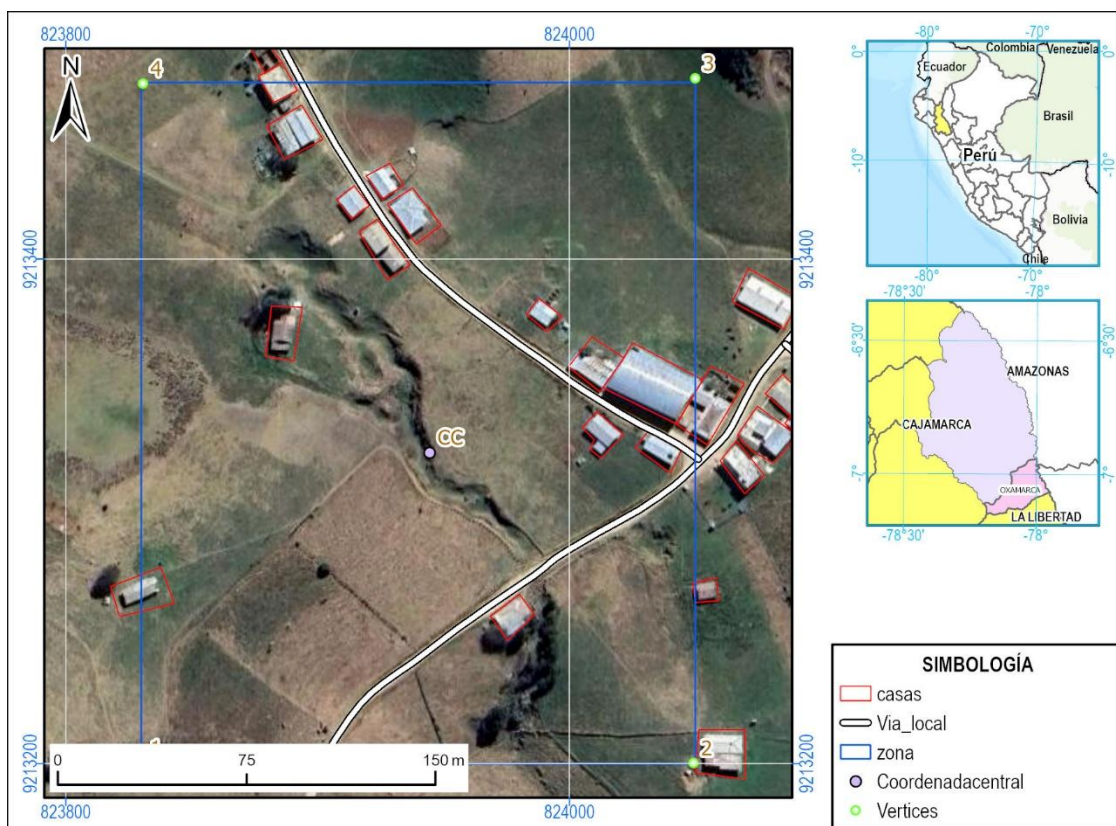


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Celendín hasta el caserío San Juan de Piobamba, se realiza a través de la carretera 8B; tal como se detalla en la siguiente ruta (¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida., figura 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Provincia de Celendín.	Asfaltada	102.0	2 horas 30 minutos
Ciudad de Celendín – San Juan de Piobamba	Asfaltada	62.2	2 horas 1 minuto

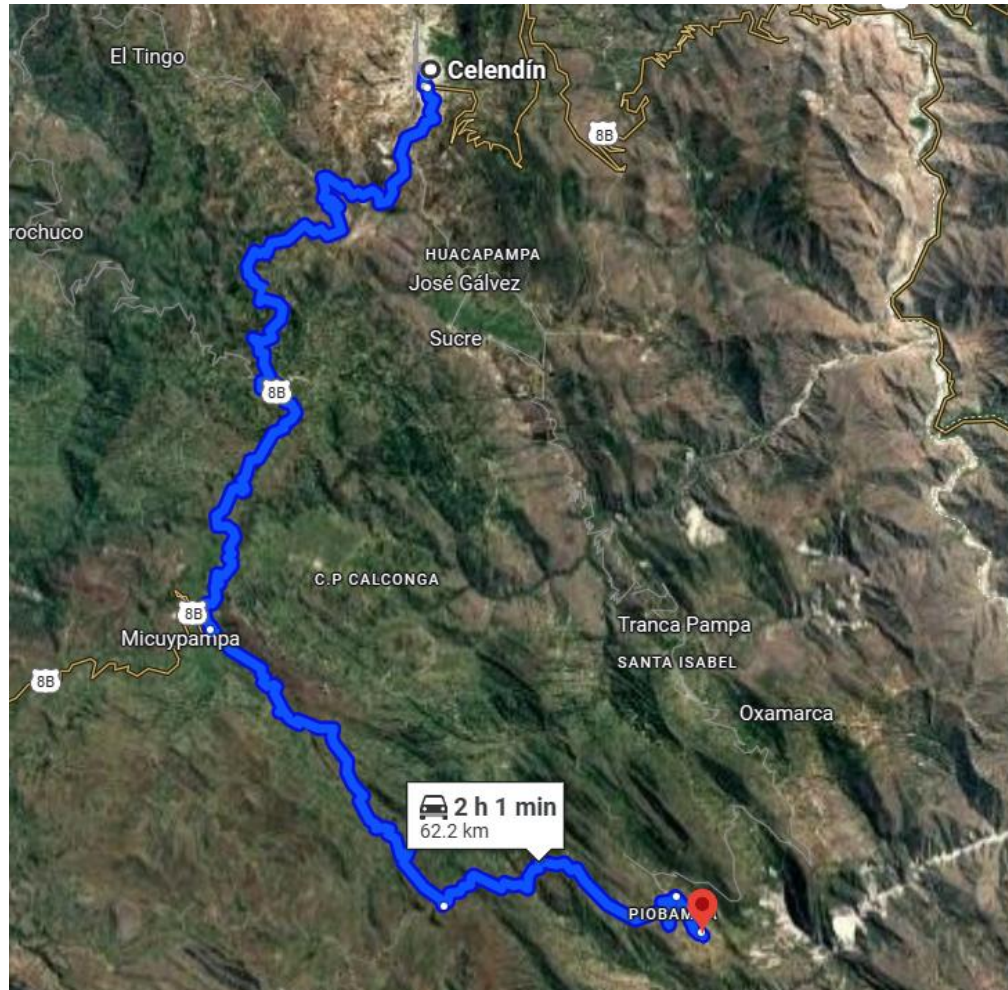


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Celendín hasta el caserío San Juan de Piobamba.
Fuente: Google Maps.

1.3.3. Población

De acuerdo con los datos del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), el caserío San Juan de Piobamba tiene una población de 350 habitantes distribuidas en 96 viviendas, cuentan con acceso de agua a red pública y energía eléctrica.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima lluvioso con otoño e inviernos secos. Templado; con una temperatura máxima promedio de hasta 21°C, una temperatura mínima promedio entre 3°C a 7°C y una precipitación anual entre 700 mm a 1 500 mm.

Entre los años 2021-2025, los meses de enero – marzo, el sector evaluado puede registrar precipitaciones pluviales que superan los 50 mm/día (figura 3)

considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

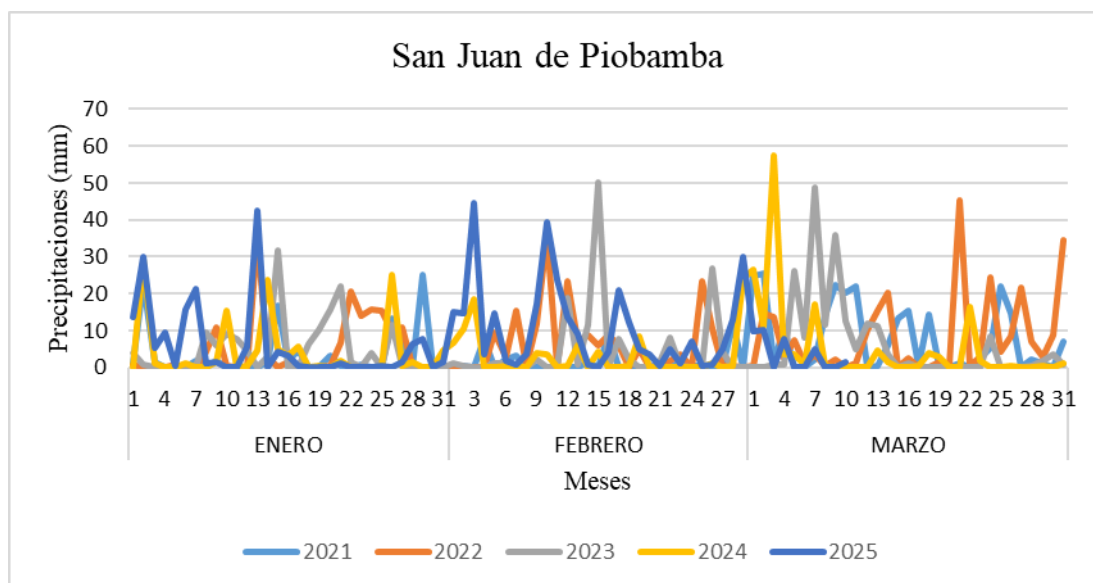


Figura 3. Precipitación diaria del mes de enero a marzo entre los años 2021-2025, en la Estación Celendín. **Fuente:** Senamhi.

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.

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

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.

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.

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).

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.

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.

Hundimiento: Es el descenso o movimiento vertical de una porción de suelo o roca que cede a causa de fenómenos kársticos, depresión de la napa freática, labores mineras antiguas o abandonadas, o también pueden ocurrir debido a fenómenos de licuación de arenas o por una deficiente compactación diferencial de suelos. Pueden suceder por: i) Procesos de disolución de rocas calcáreas, por circulación de aguas subterráneas (cavernas naturales). ii) Extracción de aguas subterráneas, petróleo y minerales; extracción o remoción del subsuelo. iii) Falta de sustentación de perforaciones mineras. iv) Excavación de túneles. Los procesos kársticos se presentan en substratos calcáreos, donde es posible encontrar formas topográficas peculiares, resultantes de la disolución superficial y subsuperficial de rocas calcáreas por las aguas de lluvias, las que al concentrarse en escorrentía son llevadas hacia cauces subterráneos (Thornbury, 1966).

Karst: En zonas donde se presentan substratos calcáreos, es posible encontrar formas topográficas peculiares, resultantes de la disolución superficial y subsuperficial de rocas calcáreas por las aguas de lluvias (figura 1), las que al concentrarse en escorrentía son llevadas hacia cauces subterráneos (Thornbury, 1966).

Los materiales afectados son rocas calcáreas (calizas y dolomitas), conjunto de rocas que contienen más del 50% de minerales de carbonato, siendo el más común la calcita (CaCO_3), también se tiene la aragonita (CaCO_3 cristalizado) y la dolomita ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$). El resto del material constituyente de las calizas lo conforman impurezas de sílice, limos, minerales de arcilla y óxidos de hierro.

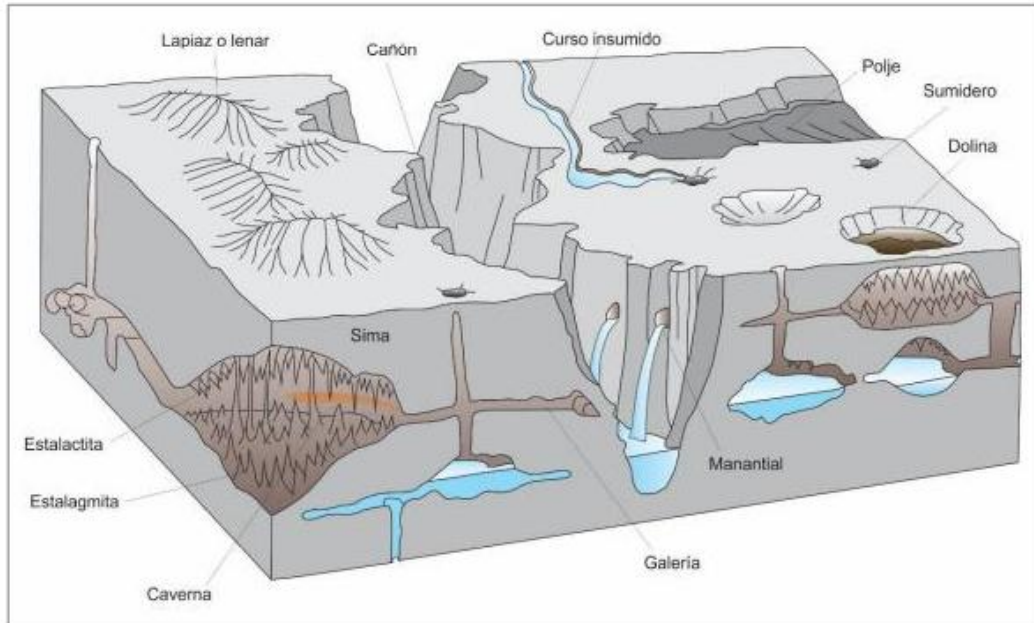


Figura 4: Esquema en la que se pueden observar las geoformas presentes en una zona de karst. (Fuente: Choquenaira, G. & Prudencia, D. (2022) - Informe Técnico N° A7222)

Caverna: Es un espacio vacío en el subsuelo que alcanza grandes dimensiones, pudiendo tener disposición horizontal, vertical u oblicua, como resultado de la disolución de rocas calcáreas (proceso kárstico). Dentro de las cavernas, pueden encontrarse su paisaje de karst, entre las cuales se tienen estalactitas, estalagmitas, pilares y travertinos.

Dolinas de desplome: Se forman donde el techo de una caverna cae, dejando un pozo de paredes verticales y a menudo angulares.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Celendín, boletín N° 38 Serie A, “Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén, (hoja 14g), cartografía estandarizada a nivel nacional (Ingemmet, 1984), además del cartografiado de campo de marzo del 2025 (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprende unidades sedimentarias del Cretácico – Paleógeno y depósitos cuaternarios inconsolidados.

33.1.1. Grupo Pulluicana – (ks-pu)

Esta unidad está conformada por calizas, margas y lutitas; la litología predominante es una caliza arcillosa, grisácea que meteoriza a crema o marrón claro y se presenta en capas medianas, nodulares o irregularmente estratificadas; intercaladas con las calizas, hay capas de margas marrones. (figura 5).



Figura 5: Afloramiento de rocas calizas, pertenecientes al Grupo Pulluicana.

3.1.2. Formación Quilquiñan y Mujarrún (Ks-q)

Corresponde a una secuencia de lutitas friables gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que meteoriza a marrón oscuro o marrón rojizo.

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 marzo del 2025 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 zona evaluada presenta elevaciones que van desde los 3312 m hasta los 3328 m, en los cuales se distingue 6 niveles altitudinales (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 3318 y 3320 m, con terrenos de pendiente moderada (5° a 15°) correspondiente a lomadas en roca sedimentaria.

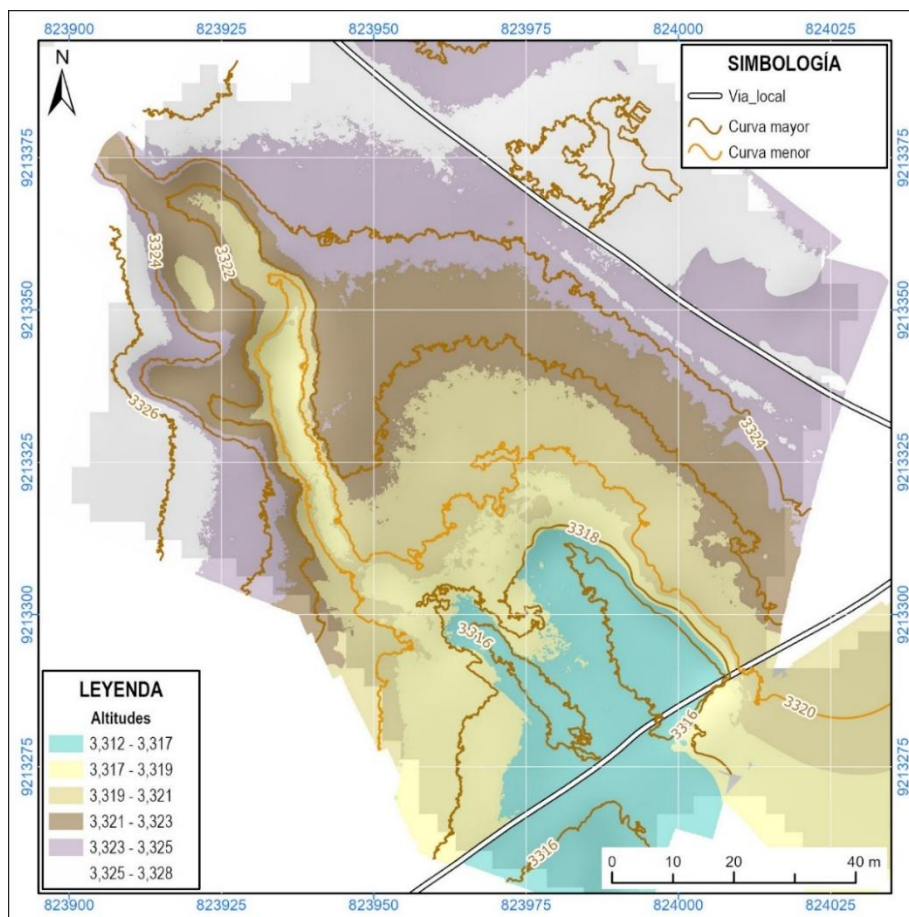


Figura 6: Modelo digital de elevaciones de los sectores evaluados.

4.2. Pendiente del terreno

El sector de San Juan de Piobamba se ubica en terrenos con pendiente de suave a moderada (1° a 15°) que se encuentran sobre lomadas en rocas sedimentarias.

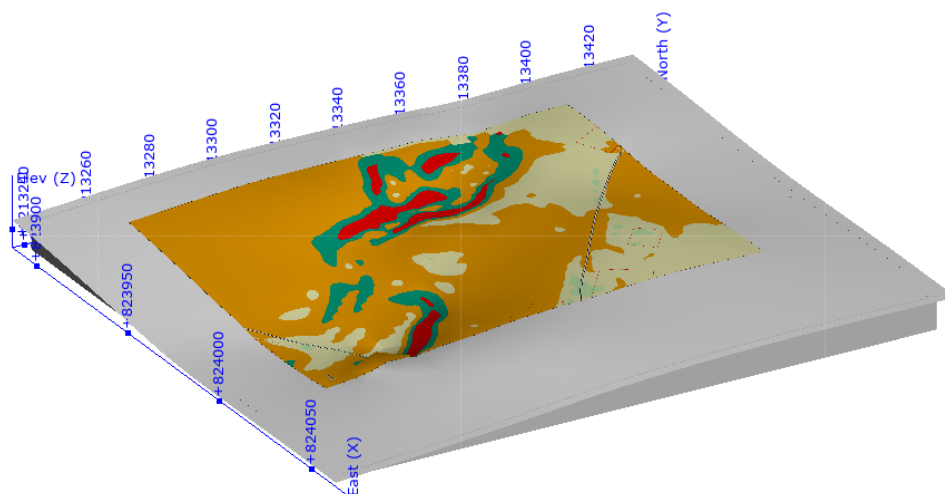


Figura 7. Modelo 3D de pendientes del caserío San Juan de Piobamba.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen unidades de carácter tectónico degradacional y erosional (lomada en roca sedimentaria).

4.3.1. Unidades 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 ellos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidad de Colinas y Lomadas

Las lomadas presentan menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local). Presentan una inclinación promedio en sus laderas superior a 10° y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha de base aproximadamente circular. (Villota, 2005).

- Sub unidad de lomada en roca sedimentaria (L-rs)

Se distribuye en todo el caserío San Juan de Piobamba; están conformados por lutitas y calizas del Grupo Pulluicana que modelan relieves con pendientes suaves a moderadas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a hundimientos (PMA:GAC 2007). En la zona evaluada se identificaron cuatro zonas de hundimientos por procesos kársticos, los mismos que viene suscitándose de forma paulatina.

Los peligros geológicos identificados, hundimientos se desencadenaron de forma paulatina en enero de 2025 el más reciente que afectó la vía local que conecta al distrito de Piobamba con el caserío San Juan de Piobamba (caserío San Juan de Piobamba). El peligro mencionado abarca mayor área en la margen derecha de la vía local que conecta al distrito de Piobamba con el caserío San Juan de Piobamba. El evento se desencadenó por las lluvias intensas registradas entre enero y febrero de 2025.

El hundimiento es el resultado del colapso subterráneo de una cavidad asociado a disolución de rocas carbonatadas, la carretera afectada fue construida sobre depósitos cuaternarios, los cuales cubrieron calizas con procesos kársticos (dolinas).

5.1. Hundimiento

Es el descenso o movimiento vertical de una porción de suelo o roca que cede a causa de fenómenos kársticos, depresión del nivel freático, labores mineras antiguas o abandonadas, o también pueden ocurrir debido a fenómenos de licuación de arenas o por una deficiente compactación diferencial de suelos; pueden suceder por: procesos

de disolución de rocas calcárea, por circulación de aguas subterráneas (cavernas naturales).

Los procesos kársticos se presentan en substratos calcáreos, donde es posible encontrar formas topográficas peculiares, resultantes de la disolución superficial y subsuperficial de rocas calcáreas por las aguas de lluvias, las que al concentrarse en escorrentía son llevadas hacia cauces subterráneos (Thornbury, 1966).

Los materiales afectados son rocas calcáreas (calizas y dolomitas), conjunto de rocas que contienen más del 50% de minerales de carbonato, siendo el más común la calcita (CaCO_3), también se tiene aragonito (CaCO_3 cristalizado) y la dolomita ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$). El resto del material constituyente lo conforman impurezas de sílice, limos, minerales de arcilla y óxidos de hierro.

En el caserío San Juan de Piobamba, se produjeron cuatro zonas de hundimientos, como resultado de procesos kársticos que ocurren de forma natural. Según manifiestan los pobladores, estas cavidades fueron rellenadas con material de forma artesanal.

La presencia de estos procesos de hundimiento se atribuye a la formación de dolinas de colapso, relacionados a un sistema de drenaje subterráneo, producido por el colapso del techo de una caverna subterránea.

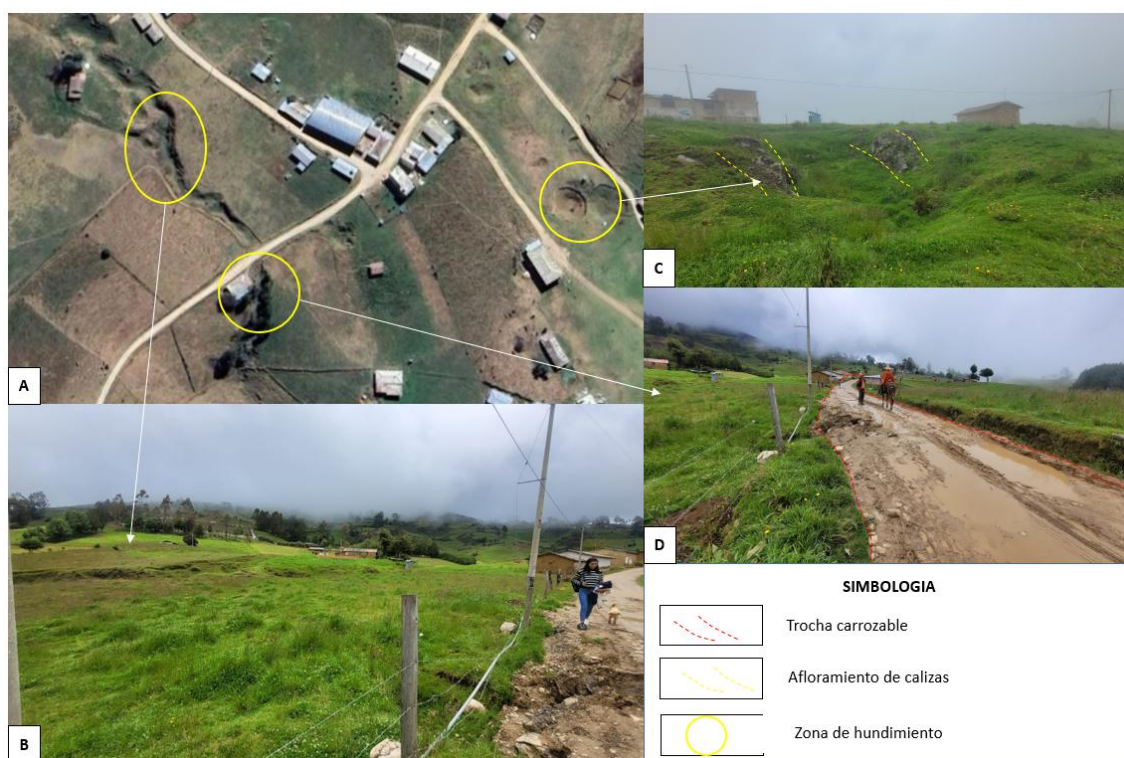


Figura 8. A. Imagen satelital del caserío San Juan de Piobamba. (Fuente: Google Earth, 2025) B. Hundimiento alargado. C. Hundimiento circular aledaño a trocha carrozable. D. Hundimiento en trocha carrozable que une al distrito de Piobamba con el caserío San Juan de Piobamba, relleno artesanalmente.

Este proceso de kárstificación, también podría estar coadyuvado por la infiltración de aguas de escorrentía superficial que discurren y utilizan las zonas más bajas como escorrentías naturales, contribuyendo de esta manera a almacenar agua en las zonas ya hundidas, y a través de las fracturas de las rocas calcáreas que conforman el substrato.

Actualmente, los procesos de hundimiento identificados en el área evaluada, fueron rellenados por los pobladores, con material insitu, formas discontinuas de las cavidades.

Hundimiento 01.

Este evento se localiza al NW de la zona de estudio, posee un área aproximada de 0.04 ha, con 217 m de longitud, se observó una profundidad visible de 1.20 m aproximadamente. Presenta forma alargada.



Figura 9: Hundimiento 01, ubicado al NW de la zona de estudio (E:823940 N: 9213329), con un área de 0.33 ha y 217 metros de longitud.

Hundimiento 02.

Este evento se localiza al NW de la zona de estudio, posee un área aproximada de 0.04 ha, con 13.0 m de diámetro, se observó una profundidad visible de 0.90 m aproximadamente y forma redondeada.



Figura 10: Hundimiento 01, ubicado al NW de la zona de estudio (E:823940 N: 9213450), con un área de 0.04 ha y 13.0 metros de diámetro.

Hundimiento 03.

Este evento se localiza al SE de la zona de estudio, posee un área aproximada de 0.03 ha, con 15.8 m de diámetro, se observó una profundidad visible de 2.0 m aproximadamente y forma redondeada.



Figura 11: Hundimiento 01, ubicado al NW de la zona de estudio (E:824036 N: 9213287), con un área de 0.03 ha y 15.8 metros de diámetro.

Hundimiento 04.

Este evento se localiza al SE de la zona de estudio, posee un área aproximada de 0.030 ha, con 19.0 m de diámetro, se observó una profundidad visible de 1.00 m aproximadamente y forma redondeada.



Figura 12: Hundimiento 01, ubicado al SE de la zona de estudio (E:824163 N: 9213306), con un área de 0.030 ha y 19.0 metros de diámetro.

Hundimiento 05.

Este evento se localiza al NE de la zona de estudio, posee un área aproximada de 0.025 ha, con 9.5 m de diámetro, se observó una profundidad visible de 0.55 m aproximadamente y forma redondeada.



Figura 13: Hundimiento 05, ubicado al NE de la zona de estudio (E:823994 N: 9213394), con un área de 0.025 ha y 9.5 metros de diámetro.

Factores condicionantes:

Factor litológico

- Substrato rocoso compuesto por calizas, altamente meteorizado; las cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia a los terrenos, originando inestabilidad en las laderas.

Pendiente

- La zona se ubica en pendientes suaves a moderadas 1° - 15° , a menor pendiente mayor permanencia de agua de lluvia en el terreno, mayor infiltración y saturación; acelerando el proceso de disolución de las calizas.

Factor hidrológico - hidrogeológico

- Acción de las aguas de escorrentía sobre laderas en roca sedimentaria, calizas del Grupo Pulluicana.

Factores antrópicos

- Canaletas, sin revestimiento y mantenimiento en ambos lados de la vía local, que permite una acelerada filtración de agua lo que contribuye al proceso de disolución de carbonatos del Grupo Pulluicana.

Factores desencadenantes

- Los pobladores indican que el último hundimiento que afectó a la vía local, ocurrió después de las precipitaciones muy intensas, el día 13 de enero del 2025, donde se registró la mayor precipitación de ese mes, con 42.4 mm/día.

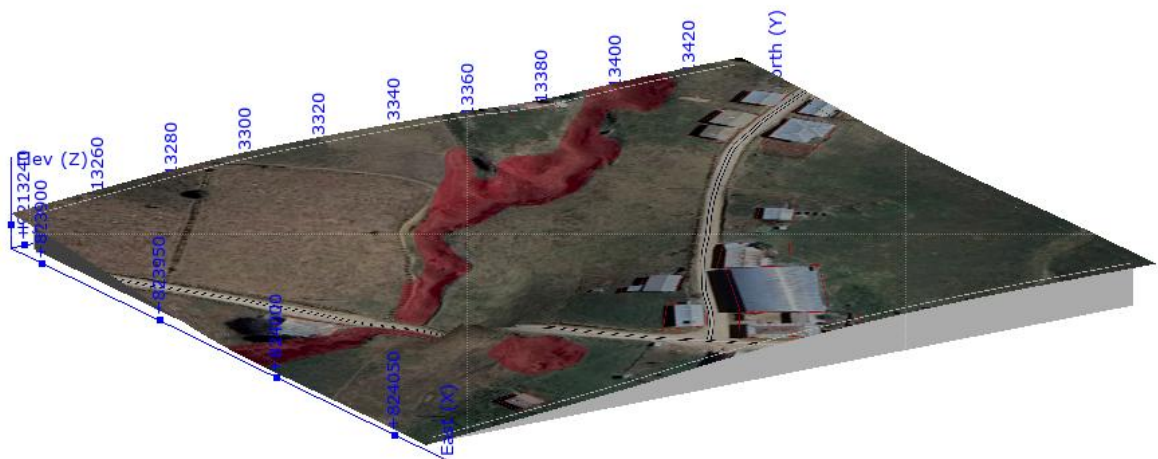


Figura 14: Modelo 3D de peligros en localidad San Juan de Piobamba.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la localidad de San Juan de Piobamba, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. Litológicamente, el basamento rocoso está compuesto por calizas, margas y lutitas; predominando la caliza arcillosa, grisácea que meteoriza a crema o marrón claro y se presenta en capas medianas, nodulares o irregularmente estratificadas; del Grupo Pulluicana y al SE de la zona aflora el Grupo Quilquiñan que corresponde a una secuencia de lutitas gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que meteoriza a marrón oscuro o marrón rojizo.
- b. La zona evaluada presenta elevaciones que van desde los 3284 m hasta los 3310 m, en los cuales se distingue 6 niveles altitudinales; donde el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 3310 y 3284, con terrenos de pendiente moderada (5° a 15°) correspondiente a laderas en roca sedimentaria.
- c. El sector de San Juan de Piobamba se ubica en terrenos con pendiente de suave a moderada (1° - 15°) que se encuentra sobre lomadas en rocas sedimentarias.
- d. Las unidades geomorfológicas se distinguen de acuerdo a su origen, en la zona existen unidades de carácter tectónico degradacional y erosional como lomadas en roca sedimentaria.
- e. Los peligros geológicos reconocidos corresponden a hundimientos, se identificó cinco procesos, los mismos que vienen suscitándose de forma paulatina.
- f. Los hundimientos identificados, fueron rellenados por los pobladores de manera artesanal, con material insitu.
- g. El Hundimiento 01; posee un área aproximada de 0.04 ha con 217 m de longitud, profundidad visible de 1.20 m y forma alargada; el hundimiento 02, posee un área aproximada de 0.03 ha, con 13.0 m de diámetro, profundidad visible de 0.90 m aproximadamente y forma redondeada; el hundimiento 03 posee un área aproximada de 0.03 ha, con 15.8 m de diámetro, profundidad visible de 2.00 m aproximadamente y forma redondeada; y el hundimiento 04, posee un área aproximada de 0.030 ha, con 19.0 m de diámetro, profundidad visible de 1.00 m aproximadamente y forma redondeada; y el hundimiento 05, posee un área de 0.025 ha, con 9.5 m de diámetro y profundidad de 0.55 m.
- h. Entre los factores condicionantes tenemos: i) Factor litológico, substrato compuesto por calizas, altamente meteorizadas; las cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia a los terrenos. ii) Pendiente, suaves a moderadas 1° - 15° , a menor pendiente mayor permanencia de agua de lluvia en el terreno, mayor infiltración y saturación; acelerando el proceso de disolución de las calizas. iii) Factor hidrológico – hidrogeológico, acción de las aguas de escorrentía sobre laderas en roca sedimentaria. iv) Factores antrópicos,

canaletas sin revestimiento ni mantenimiento en ambos lados de la vía local, permite una mayor filtración de agua lo que contribuye al proceso de disolución de carbonatos.

- i. Como factor desencadenante tenemos las intensas precipitaciones, pues el último hundimiento se registró después de las precipitaciones muy intensas que se presentaron el día 13 de enero de 2025, que registró con 42.4 mm/día, la mayor del mes del presente año.
- j. De acuerdo al análisis en el área de impacto por hundimientos en el caserío de San Juan de Piobamba, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Medio a Alto**.

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a erosión de laderas y flujos de detritos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

7.1. Transversales a autoridades y población

- a) Difundir los informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por el Ingemmet a las poblaciones y autoridades locales en la influencia de las zonas críticas, en base al “Principio de Oportuna Información” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).
- b) Compartir los avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el Centro de Operaciones de Emergencia Regional, en base a la información técnico-científica de las diversas entidades del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros del Perú, 2021).
- c) Evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras; en base al principio de “Autoayuda” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).

7.2. Ante hundimientos

- a) Definir el riesgo mediante la elaboración de un EVAR.
- b) En el caserío San Juan de Piobamba, se debe realizar trabajos geofísicos (refracción sísmica y tomografía eléctrica), con la finalidad de caracterizar a detalle el comportamiento kárstico del substrato rocoso y determinar las subsidencias existentes a profundidad y futuras; que permita adoptar soluciones constructivas que minimicen el riesgo.
- c) Evitar la saturación de los terrenos, revistiendo canales; además construir un sistema de desagüe adecuado.
- d) Implementar la construcción de sistemas de drenajes impermeabilizados que recolecten las aguas de lluvias evitando la infiltración de aguas al suelo.
- e) Señalización de las zonas afectadas por hundimiento.

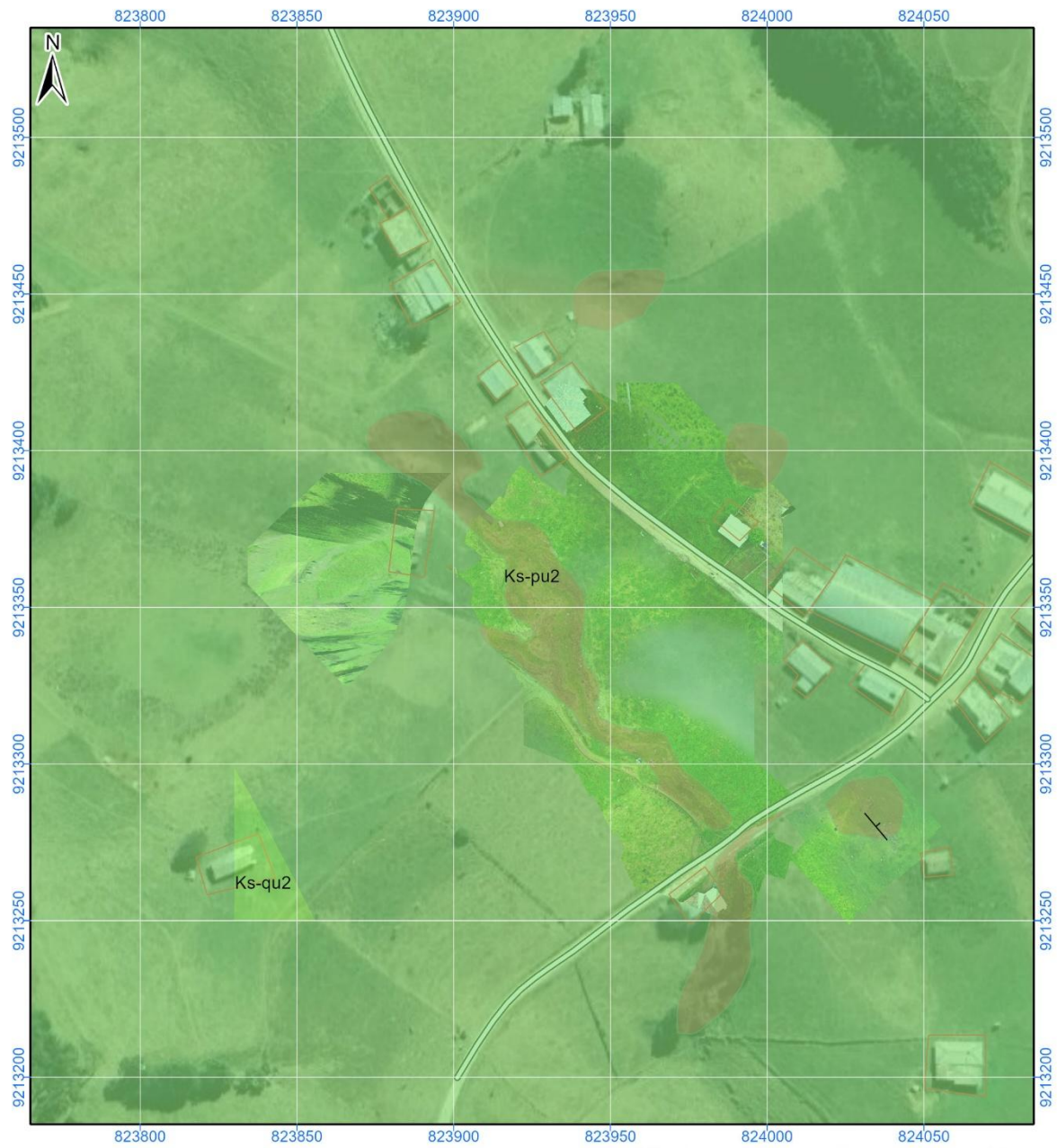

Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS


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

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ingemmet. (1984). *Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota /14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepen (15-e), escala 1: 100,000. Ingemmet. Boletín N° 38 Serie A.*
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/157>
- Zavala, B. & Rosado, M. (1980). Riesgo Geológico en la Región Cajamarca, *Hojas Mapa 8,16 y 19, escala 1: 250,000. Ingemmet. Boletín N° 44 Serie C.*
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/300>
- Zavala, B. & Barrantes R. (2007). Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca.
<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/220>
- Congreso de la República del Perú. (2018, junio 5). *Ley N° 30779, ley que dispone medidas para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).* 2.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-dispone-medidas-para-el-fortalecimiento-del-sistema-ley-n-30779-1655993-1/>
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017.* Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gob.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>
- Presidencia de la República del Perú. (2023, noviembre 24). Decreto Legislativo N° 1587. *Decreto Legislativo que Modifica la Ley 29664, Ley que Crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd)*, 4.
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2238192-1>
- Presidencia del Consejo de Ministros del Perú. (2021). *Lineamientos para la organización y funcionamiento de los Centros de Operaciones de Emergencia - COE. Resolución Ministerial N° 258-2021-PCM.*
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2370158/RM%20N%C2%B0%20258-2021-PCM%20%281%29...pdf.pdf?v=1636130560>
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas.*
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional.*
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

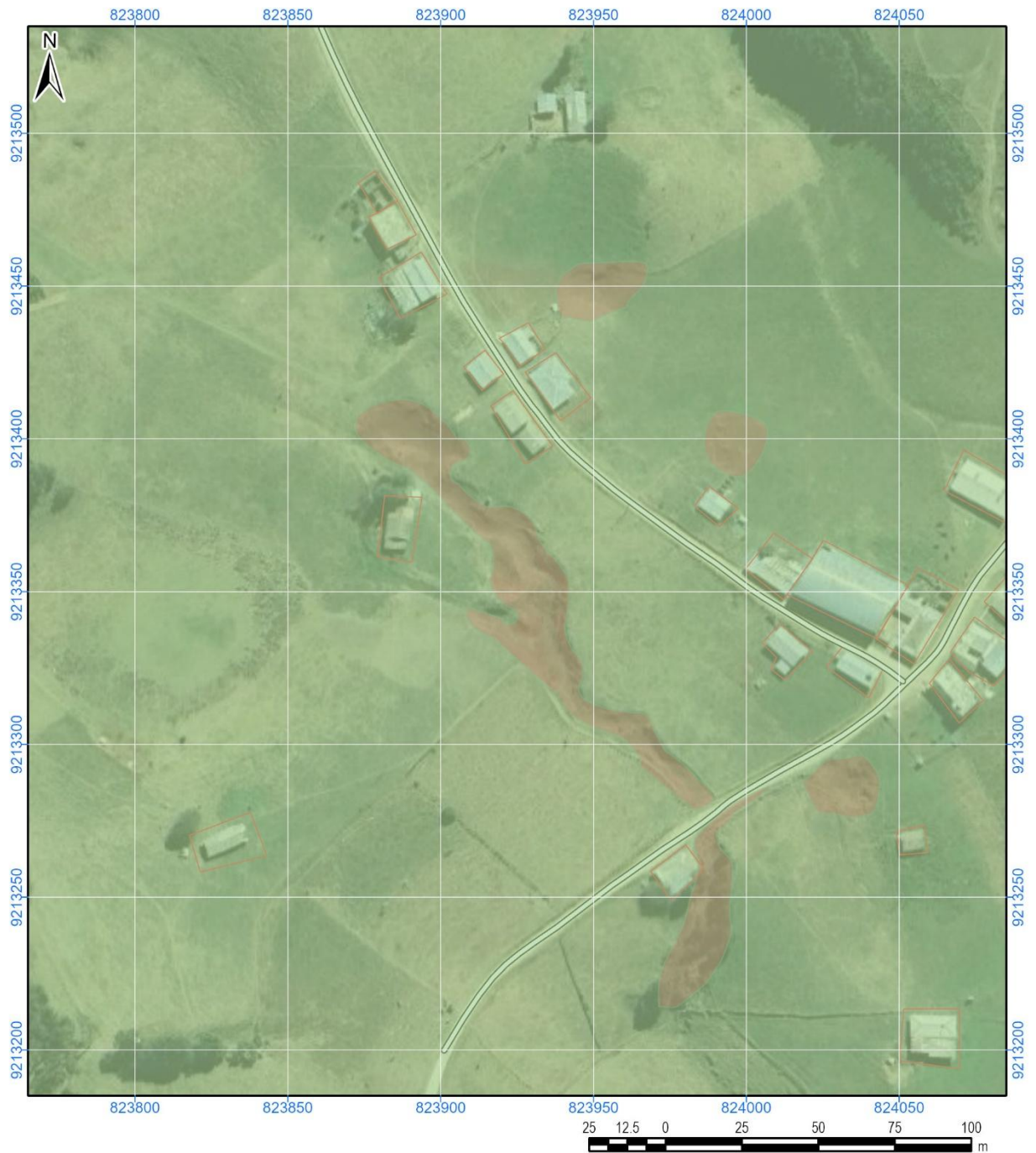
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Via_local
	casas
	Hundimiento

LEYENDA	
	Grupo Pulluicana
	Grupo Quilquiñan

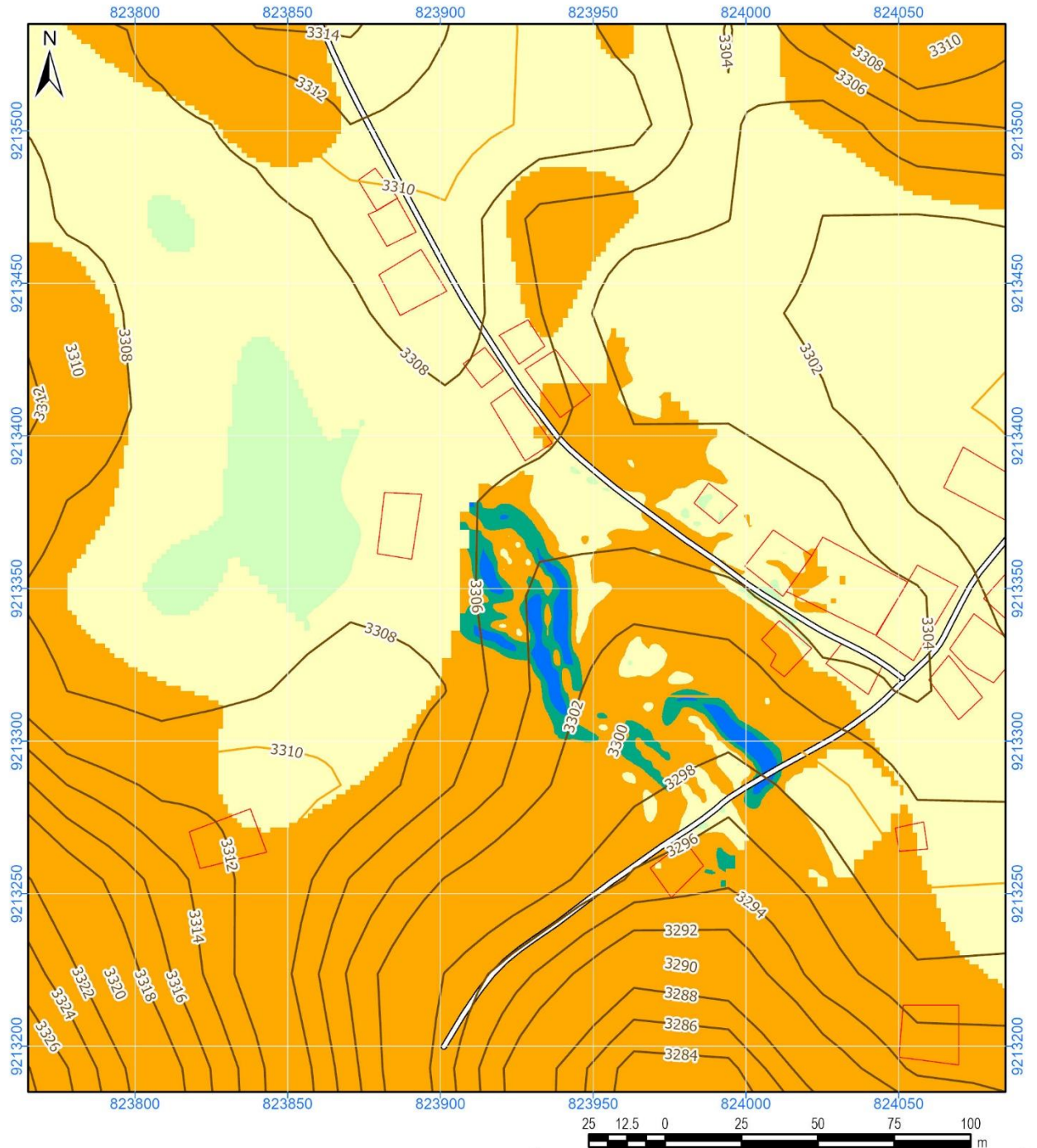
<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CELENDIN - OXAMARCA</p>	
<p>MAPA GEOLOGICO DE CASERIO SAN JUAN DE PIOBAMBA</p>	
Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2025
<p>MAPA 1</p>	



SIMBOLOGÍA	
	Via_local
	casas
	Hundimiento

LEYENDA	
	L-rs: Lomada en roca sedimentaria

<p>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 - CELENDIN - OXAMARCA</p>	
<p>MAPA GEOMORFOLOGICO DE CASERÍO SAN JUAN DE PIOBAMBA</p>	
Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2025
<p>MAPA 2</p>	



SIMBOLOGÍA	
	Via_local
	casas
	Curva mayor
	Curva menor

LEYENDA	
	0 - 1: Terreno llano
	1 - 5: T. inclinado con pendiente suave
	5 - 15: Pendiente moderada
	15 - 25: Pendiente fuerte
	25 - 45: Pendiente muy fuerte o escarpada


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 - CELENDIN - OXAMARCA	
MAPA DE PENDIENTES DE CASERIO SAN JUAN DE PIOBAMBA	
Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2025
MAPA 3	



25 12.5 0 25 50 75 100 m

SIMBOLOGÍA	
	Vía_local
	casas

LEYENDA
Hundimiento

<div><div><div>SECTOR ENERGÍA Y MINAS</div><div>INGEMMET</div><div>INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</div><div>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</div><div>EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</div></div></div>		
CAJAMARCA - CELENDIN - OXAMARCA		
<div>MAPA DE PELIGROS DE CASERIO</div> <div>SAN JUAN DE PIOBAMBA</div>		
Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León	<div>MAPA</div> <div>4</div>
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2025	