

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7373

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CASERÍO OVERAL

Departamento Piura
Provincia Huancabamba
Distrito Huarmaca



ABRIL
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CASERÍO OVERAL

Departamento Piura, provincia Huancabamba, distrito Huarmaca

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

Equipo de investigación:

*Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos por caída de rocas en el caserío Overal, distrito Huarmaca, provincia Huancabamba, departamento Piura. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7373, 33p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivos del estudio	5
1.2 Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3 Aspectos generales.....	6
1.3.1 Ubicación	6
1.3.2 Accesibilidad	6
2. DEFINICIONES.....	7
3. ASPECTO GEOLÓGICO	10
3.1 Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1 Formación Ñaupe (Os-ña).....	11
3.1.2 Intrusivo tonalítico – granodiorítico	12
3.1.3 Depósito coluvial (Q-co).....	13
3.1.4 Depósito fluvial (Q-fl).....	15
3.1.5 Depósito aluvial (Q-al).....	15
3.1.6 Depósito Antropógeno (Q-an)	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
4.1.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)	15
4.1.2 Pendiente del terreno.....	16
4.1.3 Unidades Geomorfológicas	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	19
5.1.1 Caída de rocas.....	20
5.1.2 Características visuales del evento	20
5.1.3 Factores condicionantes	21
5.1.4 Factores desencadenantes	21
5.1.5 Daños	22
6. CONCLUSIONES	25
7. RECOMENDACIONES	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXO 1. MAPAS.....	28
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	32

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Overal, distrito Huarmaca, provincia Huancabamba, departamento Piura. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno.

En el caserío Overal se presentan afloramientos de rocas conformadas por cuarcitas (Formación Ñaupe), moderadamente meteorizadas y medianamente a muy fracturadas y un intrusivo tonalítico – granodiorítico ligeramente meteorizado y medianamente a poco fracturado. Además, se tienen depósitos coluviales, compuestos por bloques y gravas (65%) de origen intrusivo y metamórfico, de forma subangulosos, en matriz areno limosa (35%); fluviales, constituidos por bolones, cantos y gravas subredondeadas en matriz areno limosa; aluviales, conformados por gravas y arenas limosas; así como antropógenicos, conformados por la acumulación de material de diferente índole, usado para nivelar el terreno, con fines de construcción de viviendas (materiales muy inestables ante movimientos sísmicos).

En cuanto a los aspectos geomorfológicos, en el área se presentan las subunidades de montaña en rocas metamórficas y montaña en rocas intrusivas, sus laderas presentan pendientes de escarpadas a muy escarpadas (25° a $>45^\circ$); también la sub unidad de vertiente coluvial de detritos presentándose con pendiente escarpada (25° a 45°); y la sub unidad de terraza aluvial y terraza fluvial con terrenos de pendiente inclinada (1° a 15°).

El 26 de setiembre del 2022, en la localidad de Olmos, se registró un sismo de magnitud 3.9 en la escala de Richter, lo que debilitó la ladera del cerro en el caserío Overal, para luego, el 05 de octubre, producirse una caída de rocas hacia la vía asfaltada Olmos – Cajamarca, registrándose daños materiales en tres viviendas y un templo, en sus paredes y pisos presentan agrietamientos.

Los bloques de roca caídos tienen un diámetro entre 0.20 m y 1.5 m, la familia principal de discontinuidades tienen una dirección de buzamiento de 48 – 80; las fracturas son rugosas.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas el caserío Overal y alrededores se le considera de **Peligro Medio - Alto**, ante la caída de rocas.

Finalmente, en el informe se sugiere revegetar las laderas con especies nativas, con la finalidad de evitar la erosión y futuras caídas de rocas; así como mejorar la cimentación de las viviendas y evitar construir sobre depósitos antrópicos poco consolidados, esto aumenta la vulnerabilidad de las viviendas ante la presencia de un movimiento sísmico. Realizar la EVAR correspondiente.

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 (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Huarmaca, según Oficio N°510-2022-MDH/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por caída de rocas en el caserío Overal.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alicántara Quispe, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan el caserío Overal, los trabajos de campo se realizaron el 26 de octubre del 2022.

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 la Municipalidad Distrital de Huarmaca, y las entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por caída de rocas que se presentan en el caserío Overal, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, viviendas y vías de comunicación en la zona de influencia del evento.”
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- a) Informe Técnico - Geología Ambiental, “Zonas críticas por peligros geológicos en la Región Piura” - Primer Reporte – INGEMMET (Vilchez et al., 2009), identifica en la provincia de Huancabamba 5 zonas, las cuales son afectadas por flujos de detritos, caída de rocas y deslizamientos.
- b) Jaimes, F.; J, Russe, E.; Santos, A. & Bellido, F. (2011), Geología del cuadrángulo de Olmos, hoja 12-d, escala 1:50 000, se indica que el sector evaluado, se encuentra sobre la Formación Ñaupe y un intrusivo tonalítico – granodiorítico.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El caserío Overal se ubica a 123 km, al sur este de la ciudad de Piura, políticamente pertenece al distrito Huarmaca, provincia Huancabamba, departamento Piura.

Geográficamente se ubica en la margen izquierda del río Olmos. Las coordenadas del área de estudio se detallan en el cuadro 1 y figura 1

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio del caserío Overal

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	658600	9344200	-5.931161°	-79.567230°
2	658600	9343350	-5.938849°	-79.567207°
3	657800	9343350	-5.938867°	-79.574432°
4	657800	9344200	-5.931180°	-79.574455°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	658309	9343779	-5.934974°	-79.569839°

1.3.2 Accesibilidad

El acceso terrestre es a través de la vía asfaltada Cajamarca-Chiclayo-Overal (departamento Piura). La ruta de acceso se describe en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada: caserío Overal.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chiclayo – caserío Overal	Asfaltada	373	7 h 30 min

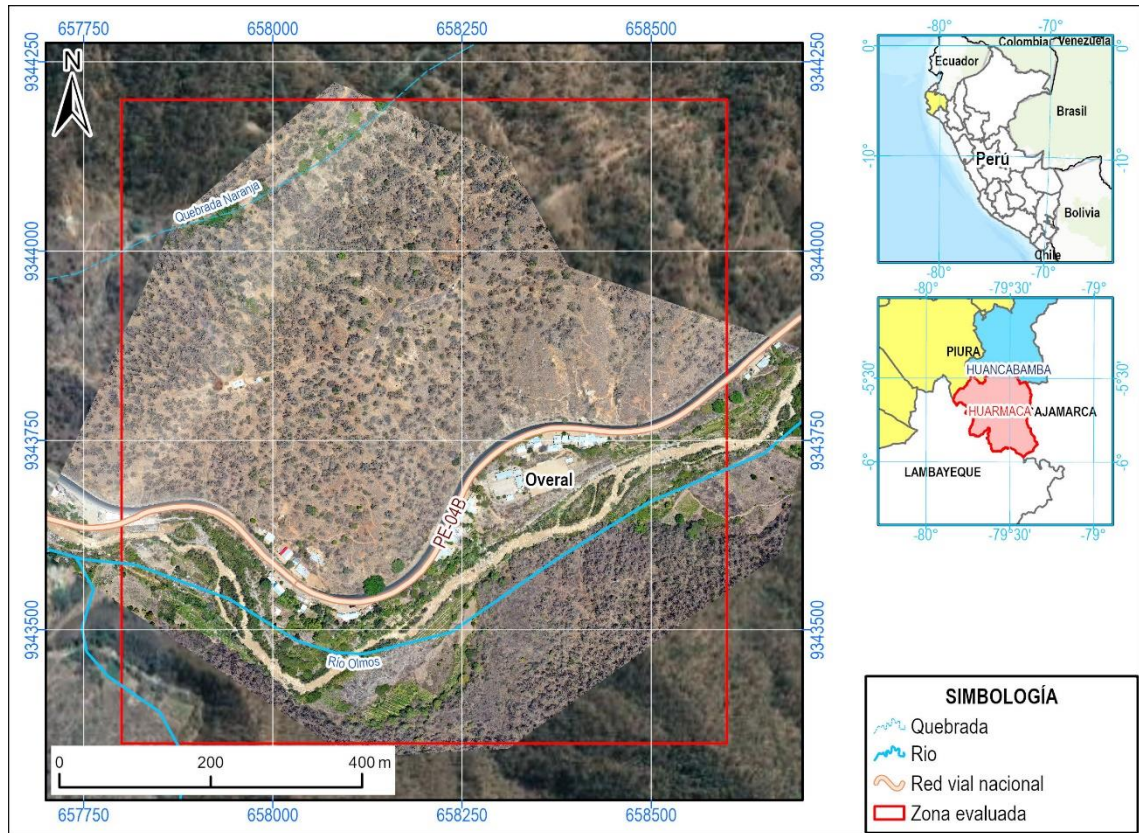


Figura 1. Ubicación del caserío Overal.

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:

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.

Aluvi3n: Flujo extremadamente r1pido que desciende por cauces definidos, formando r1os de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo. Est1n relacionados a lluvias excepcionales, aludes en nevados, movimientos s1smicos, ruptura de lagunas o embalses artificiales y desembalse de un r1o producido por un movimiento en masa.

Arcilla: Suelo para ingenier1a con tama1o de part1culas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesi3n y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Buzamiento: 1ngulo que forma la recta de m1xima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

Ca1da: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en ca1das de rocas, suelos y derrumbes.

Ca1da de rocas: Tipo de ca1da producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a trav1s del aire o ca1da libre, a saltos o rodando.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acci3n de la gravedad.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o dep3sito formado por la acumulaci3n 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 pr1cticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensi3n o de tracci3n.

Deluvial: Terreno constituido por enormes dep3sitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

Erosi3n fluvial: Este fen3meno est1 relacionado con la acci3n h1drica de los r1os al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los r1os principales o secundarios que drenan una cuenca.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antr3pico 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.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

Inactivo relicto: Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

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.

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.

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. 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 GEOLOGICO

El análisis geológico, se desarrolló en base a la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Olmos, hoja 12-d II, elaborado por Jaimes, F.; J, Russe, E.; Santos, A. & Bellido, F. (2011), escala 1:50 000, publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (mapa 1).

Asimismo, los trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales y fotografías con dron sirvieron para caracterizar las diferentes unidades litológicas.

3.1 Unidades litoestratigráficas

En el sector evaluado afloran rocas de origen metamórfico de la Formación Ñaupe, un intrusivo tonalítico – granodiorítico y depósitos recientes, de origen fluvial, aluvial, coluvial y antropógeno.

3.1.1 Formación Ñaupe (Os-ña)

Consiste en bancos gruesos de cuarcita gris oscuras a negras muy recristalizadas con abundantes venillas de cuarzo de segregación, por lo general estos bancos de cuarcitas se encuentran en sinclinales a veces invertidos y con fuerte deformación. La fuerte recristalización de estas cuarcitas no permite distinguir estructuras sedimentarias, por lo que el medio sedimentario de las mismas es difícil de determinar.

Los afloramientos de cuarcitas de la Formación Ñaupe son muy restringidos con afloramientos muy conspicuos como las que se pueden observar en ambas márgenes del río Olmos (Jaimes, F.; J, Russe, E.; Santos, A. & Bellido, F., 2011), como es el caso de la zona de estudio, donde el macizo se encuentra medianamente a muy fracturado y moderadamente meteorizado (fotografía 1 y 2).



Fotografía 1. Se observa el macizo de la Formación Ñaupe de color gris, medianamente a muy fracturado y ligeramente meteorizado.



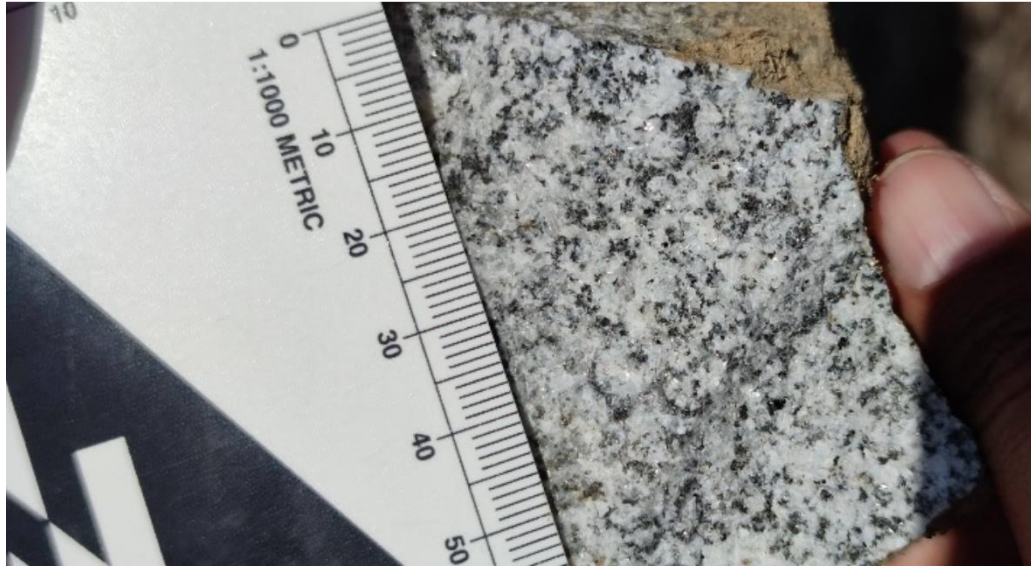
Fotografía 2. Muestra de mano de las cuarcitas de la Formación Ñaupe, donde se aprecian óxidos de hierro rellenando fracturas.

3.1.2 Intrusivo tonalítico – granodiorítico

En el área evaluada este afloramiento se encuentra poco a medianamente fracturado y ligeramente meteorizado, tiene una textura equi-granular de cristales compuestos de plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblendas, (fotografía 3 y 4).



Fotografía 3. Se observa el intrusivo tonalítico – granodiorítico, poco a medianamente fracturado y ligeramente meteorizado.



Fotografía 4. Muestra de mano de una tonalita equi-granular, donde se muestran los cristales de color claro (cuarzo y plagioclasa) y oscuros (hornblenda y biotita).

3.1.3 Depósito coluvial (Q-co)

Constituido por bloques y gravas de origen intrusivo y metamórfico, subangulosos con matriz areno - limosa, generado por desprendimiento (caída de rocas), distribuidos de forma caótica y heterométrica, en dirección de norte a sur (hacia la carretera), poco compactos e inestables a la saturación de agua y movimientos sísmicos.



Figura 2. Se observa un depósito coluvio – deluvial, compuesto por bloques y gravas sub angulosas, en matriz limo arcillosa.

Ficha descriptiva N° 1 - Figura 2

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre
	<input type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino
	<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico
	<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico
	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial
	<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral
	<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar

GRANULOMETRÍA

%	
<input type="text" value="30"/>	Bolos
<input type="text"/>	Cantos
<input type="text" value="40"/>	Gravas
<input type="text"/>	Gránulos
<input type="text" value="15"/>	Arenas
<input type="text" value="10"/>	Limos
<input type="text" value="5"/>	Arcillas

FORMA

<input checked="" type="checkbox"/> Esférica
<input type="checkbox"/> Discoidal
<input type="checkbox"/> Laminar
<input type="checkbox"/> Cilíndrica

REDONDES

<input type="checkbox"/> Redondeado
<input type="checkbox"/> Subredondeado
<input type="checkbox"/> Anguloso
<input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso

PLASTICIDAD

<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input type="checkbox"/> Med. Plástico
<input checked="" type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/> No plástico

ESTRUCTURA

<input checked="" type="checkbox"/> Masiva
<input type="checkbox"/> Estractificada
<input type="checkbox"/> Lenticular

TEXTURA

<input type="checkbox"/> Harinoso
<input checked="" type="checkbox"/> Arenoso
<input type="checkbox"/> Aspero

CONTENIDO DE

<input type="checkbox"/> Materia Orgánica
<input type="checkbox"/> Carbonatos
<input type="checkbox"/> Sulfatos

%

LITOLOGÍA

<input checked="" type="checkbox"/> 50	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input checked="" type="checkbox"/> 50	Matamórficos
<input type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

Limos y Arcillas	
<input type="checkbox"/> Blanda	
<input type="checkbox"/> Compacta	
<input type="checkbox"/> Dura	

Arenas

<input checked="" type="checkbox"/> Suelta
<input type="checkbox"/> Densa
<input type="checkbox"/> Muy Densa

SUELOS GRUESOS

Gravas

<input checked="" type="checkbox"/> Suelta
<input type="checkbox"/> Med. Consolidada
<input type="checkbox"/> Consolidada
<input type="checkbox"/> Muy Consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS

<input type="checkbox"/> GW	<input type="checkbox"/> GC
<input type="checkbox"/> GP	<input type="checkbox"/> SW
<input checked="" type="checkbox"/> GM	<input type="checkbox"/> SP
<input type="checkbox"/> SM	<input type="checkbox"/> SC

SUELOS FINOS

<input checked="" type="checkbox"/> ML	<input type="checkbox"/> CH
<input type="checkbox"/> CL	<input type="checkbox"/> OH
<input type="checkbox"/> OL	<input type="checkbox"/> PT
<input type="checkbox"/> MH	

3.1.4 Depósito fluvial (Q-fl)

Los depósitos fluviales constituyen los materiales de lechos de ríos, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos no consolidados heterométricos constituidos por bolones, cantos y gravas subredondeadas en matriz arena limosa, mezcla de lentes arenosos y arena – limosos. Son transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta (Vilchez et al., 2020).

En el sector evaluado el material que da origen a este depósito es transportado por el río Olmos.

3.1.5 Depósito aluvial (Q-al)

Está constituido por gravas y arenas limosas; se los encuentra formado parte de conos de deyección o piedemonte que confluyen hacia los cursos principales de los ríos, en el sector evaluado sobre estos depósitos se han construido viviendas y la Institución Educativa N° 20445 de educación primaria.

3.1.6 Depósito antropógeno (Q-an)

En el sector evaluado se localizan en la parte baja de las laderas en ambos márgenes de la vía principal (carretera asfaltada), materiales acumulados provenientes de la actividad humana, compuesto por escombros y desmonte, con poca o ninguna compactación.

Los pobladores han transportado material para nivelar el terreno con la finalidad de construir sus viviendas. Estos depósitos son inestables ante movimientos sísmicos y de fácil remoción ante precipitación pluvial.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis geomorfológico realizó el levantamiento fotogramétrico mediante el empleo de dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con una resolución 50 cm por pixel para el modelo digital de elevaciones, y 8 cm por pixel para la ortofoto, (figura 4), información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico del relieve y cartografiado in situ.

4.1.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio, se distribuye sobre un relieve con elevaciones entre 595 m s.n.m. y 829 m s.n.m.; se clasificó en cinco niveles altitudinal, con la finalidad de visualizar la extensión del área respecto a la diferencia de alturas, (mapa 2).

El centro poblado, se asienta sobre superficies con elevaciones entre 635 m s.n.m. y 620 m s.n.m.

Las máximas elevaciones se ubican al noreste y sobrepasan los 800 m s.n.m. La caída de rocas se originó a los 740 m s.n.m. y desciende hasta la vía asfaltada 635 m s.n.m.

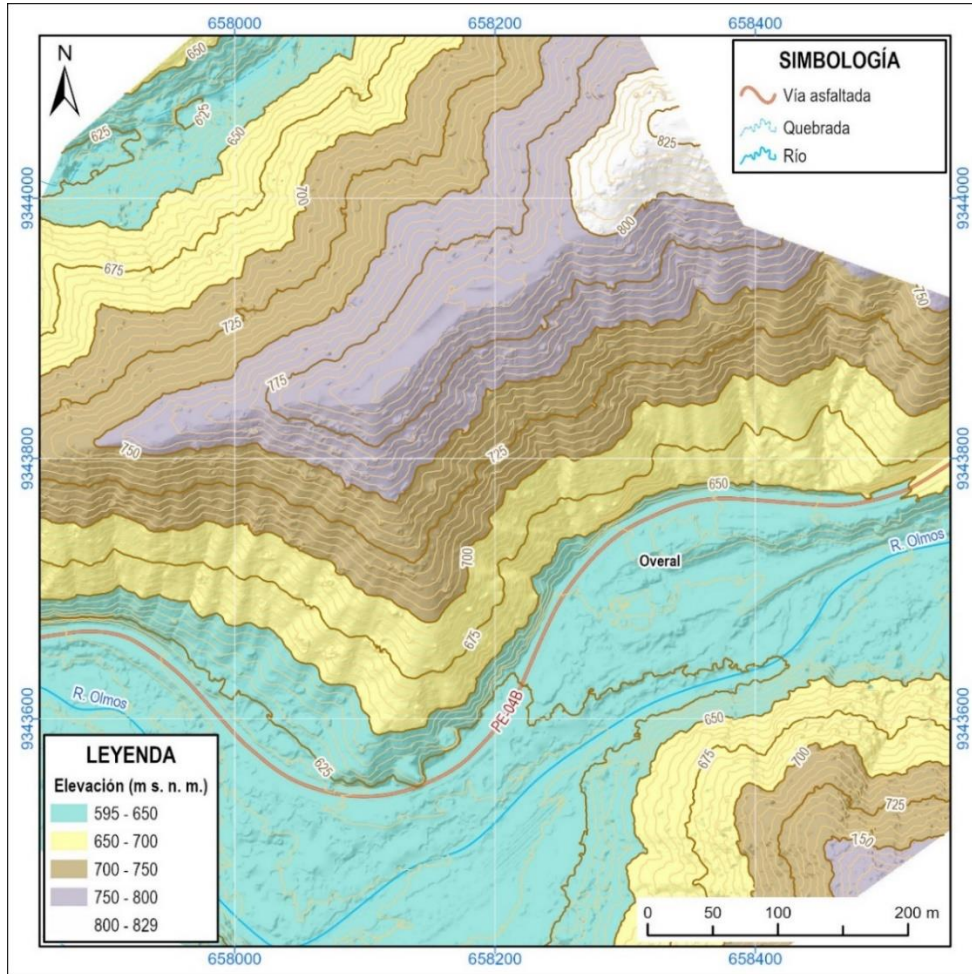


Figura 3. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.1.2 Pendiente del terreno

En el sector evaluado, la ladera presenta pendientes variables, en margen derecha del río Olmos, sobre las viviendas del caserío Overall; la pendiente se encuentra escarpada (25° - 45°) a muy escarpada ($>45^{\circ}$), donde se origina la caída de rocas (figura 5 y 6).

Las variaciones de la pendiente, se muestran en el mapa de pendientes (mapa 2).

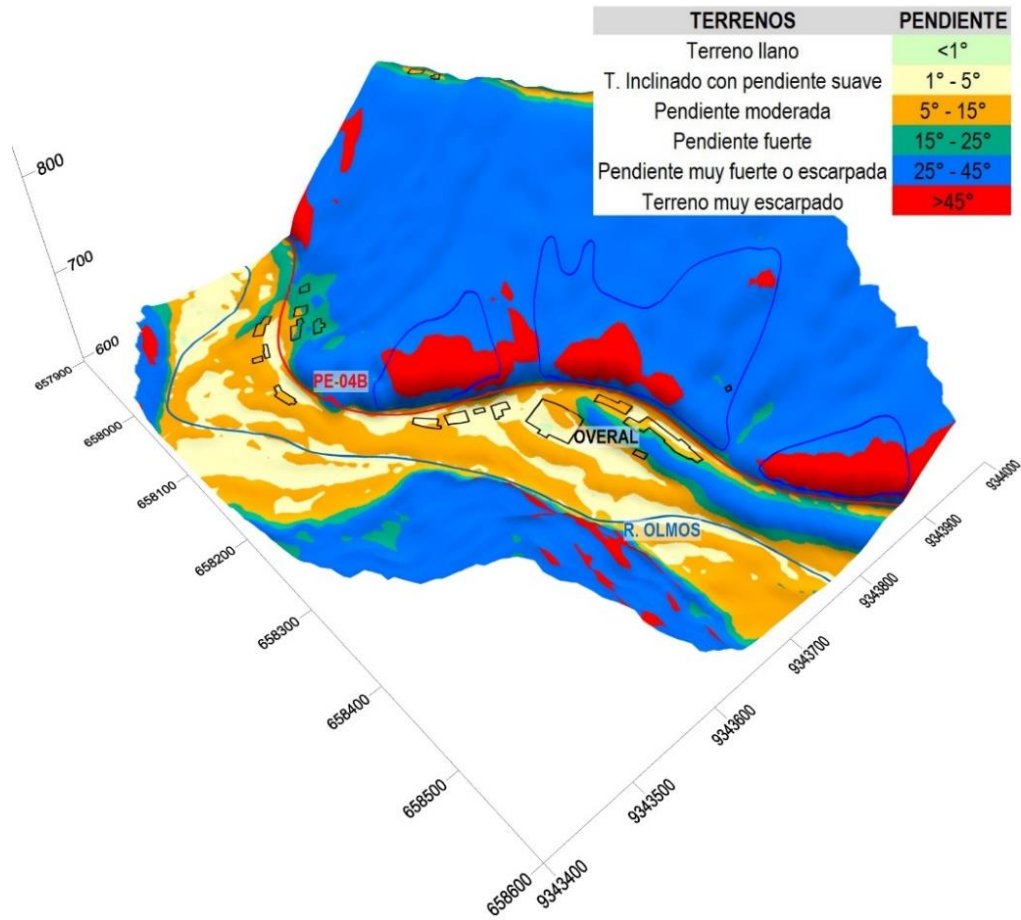


Figura 4. Modelo 3D, se muestran las pendientes del terreno, se aprecia el área afectada por caída de rocas (en línea azul oscuro) en el caserío Overal.



Figura 5. En el sector evaluado, se muestra el terreno con pendiente escarpada, promedio de 45°

4.1.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado, 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. (mapa 3).

Geoformas 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).

Unidad de montaña

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

- Subunidad de montaña en roca metamórfica (RM-rm)

Corresponde a afloramientos de rocas metamórficas tipo esquistos y filitas, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas.

Los terrenos presentan pendientes que varían de escarpada (25°- 45°) a muy escarpados (> 45°), se observa al oeste del caserío Overal.

- Subunidad de montaña en roca intrusiva (RM-ri)

Se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente escarpada (25°- 45°), a terrenos muy escarpados (> 45°), compuestos por rocas del intrusivo tonalítico – granodiorítico, esta unidad se encuentra al este del del caserío Overal.

Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores.

Unidad piedemonte

Corresponden a aquellas geoformas con acumulación de material detrítico, siendo identificados por sus cambios bruscos de pendiente, se observan en las laderas de las montañas o en la base de las mismas (Zavala et al., 2009).

- **Sub unidad de vertiente coluvial de detritos (V-d)**

En base de las laderas de la montaña, se tienen depósitos conformados por bloques de roca con litología uniforme. Son producto de procesos de caídas y vuelcos, influenciado por el fracturamiento del macizo rocoso. Se caracteriza por presentar escasa matriz.

- **Sub unidad de terraza aluvial (T-al)**

Geoforma de origen denudacional y/o depositacional, forma bancos o graderías de sedimentación aluvial, ubicada en las márgenes de las quebradas, en el sector evaluado esta unidad se identificó en ambos lados del río Olmos, conformado por bloques y gravas subangulosos en una matriz areno – limosa.

- **Sub unidad de terraza fluvial (T-fl)**

Geoforma de origen denudativo y depositacional, que los cauces de los ríos al evolucionar en su madurez, sedimentan y profundizan sus lechos y laderas, quedando en sus márgenes formas de bancos o graderías de sedimentación fluvial conocidas como terrazas fluviales.

Geoformas Particulares

- **Depósito antrópico (Dan)**

Los depósitos antrópicos son acumulaciones artificiales de suelos naturales o de fragmentos de roca o material de desecho, o una mezcla de ellos. En la zona de estudio se identificaron como depósitos antropógeno acumulados por el hombre o máquinas la mayoría de ellos con fines de construcción como base de viviendas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

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

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

El peligro geológico identificado en el caserío Overal, corresponde a un movimiento en masa de tipo caída de rocas.

Estos eventos, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, la geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de roca y cobertura vegetal. Se tiene como “desencadenantes” las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

5.1.1 Caída de rocas

En la ladera ubicada al norte de Overal, colindante al caserío, se identificó procesos de caída de rocas.

Se realizó la descripción del evento in situ, como morfométrica, toma de datos GPS, fotografías y fotografías aéreas usando dron (figura 6).

En la parte media de la ladera se desencadenó la caída de rocas, dirigiéndose el material hacia la parte baja, al norte de la vía asfaltada.

Los bloques transportados tienen diámetros entre 0.20 m a 1.5 m, la familia principal de discontinuidades tienen un azimut de 318° y un buzamiento de 48° - 80°NE, las caras de las fracturas son rugosas.

Este tipo de movimiento en masa es uno de los más rápidos, la trayectoria que siguen los bloques y la distancia que ellos puedan alcanzar dependen de la morfología del terreno.

El macizo rocoso se encuentra de medianamente a muy fracturado y moderadamente meteorizado, y el área presenta escasa vegetación nativa (mapa 4).

Este tipo de masas es uno de los más rápidos, la trayectoria que siguen los bloques y la distancia que ellos pueden alcanzar, dependen de la morfología del terreno.

Según Pimentel (2011), la caída de rocas se debe principalmente a las discontinuidades pre - existentes de las rocas, tales como fallas, juntas y estratificación. Para el caserío Overal la caída de rocas está influenciada por el sismo acaecido en la localidad de Olmos el 26 de setiembre del 2022, de magnitud 3.9 en la escala de Richter.

5.1.2 Características visuales del evento

La caída de rocas presenta las siguientes características:

- Altura: 130 m.
- Tipo de rotura: Vuelco.
- Zona de arranque: Ladera.
- Forma de zona de arranque: discontinua.
- Alcance máximo: 140 metros.
- Tamaño de los fragmentos de roca en el depósito: 0.20 a 1.5 m de diámetro.
- Tamaño de gravas: <6 cm.
- La pendiente de la ladera (promedio): 45°.
- Forma de los bloques: discoidal subangulosos.

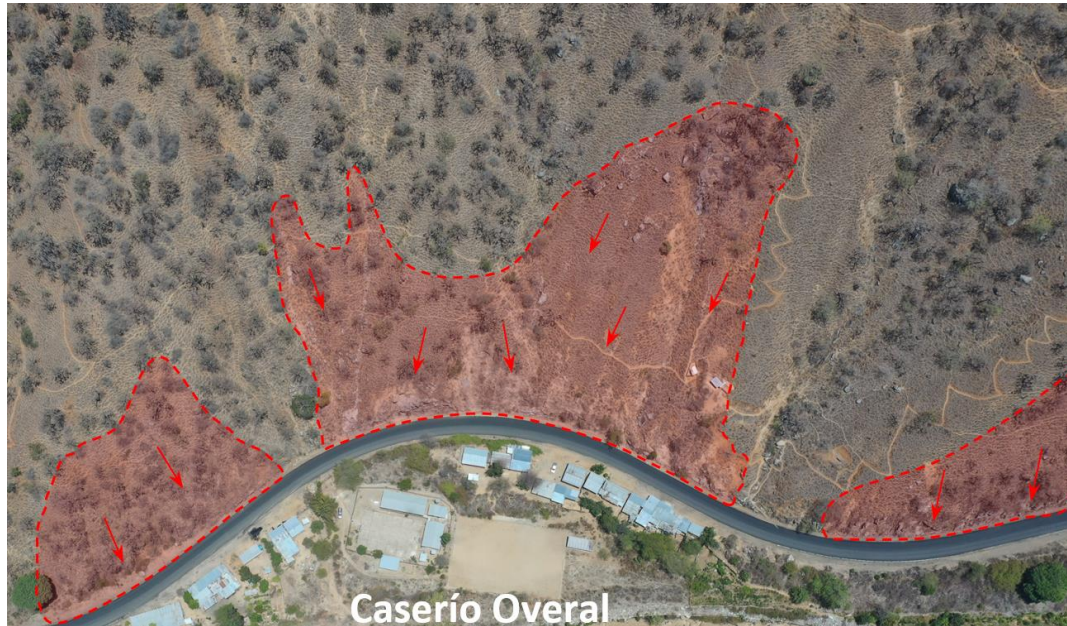


Figura 6. En la imagen se observa el área (líneas discontinuas de color rojo), afectada por caída de rocas (de manera difusa), en dirección a las viviendas y la carretera asfaltada que conduce a las ciudades de Piura y Lambayeque.

5.1.3 Factores condicionantes

Factor litológico

Dentro de los factores litológicos que han condicionado la caída de rocas tenemos:

- Las rocas metamórficas de la Formación Ñaupe, se encuentran medianamente a muy fracturadas y moderadamente meteorizadas.
- El intrusivo tonalítico – granodiorítico, se encuentran ligeramente meteorizados y medianamente a poco fracturados.
- Fracturamiento a favor de la pendiente.

Factor geomorfológico

Tenemos las geoformas de montaña en roca intrusiva y metamórfica con ladera de pendiente escarpado a muy escarpado (25° a $<45^\circ$), donde arranca la caída de rocas, son inestables.

5.1.4 Factores desencadenantes

Sismo

El sismo reportado el 26 de setiembre de 2022, a 31 km de Olmos y 5.5 km del caserío Overall (figura 7), el cual según los pobladores produjo un sonido estruendoso, causando zozobra, este evento originó el agrietamiento de la losa

e infraestructura de la institución educativa y algunas viviendas; así mismo desencadenó la caída de rocas, las cuales llegaron a la carretera asfaltada.

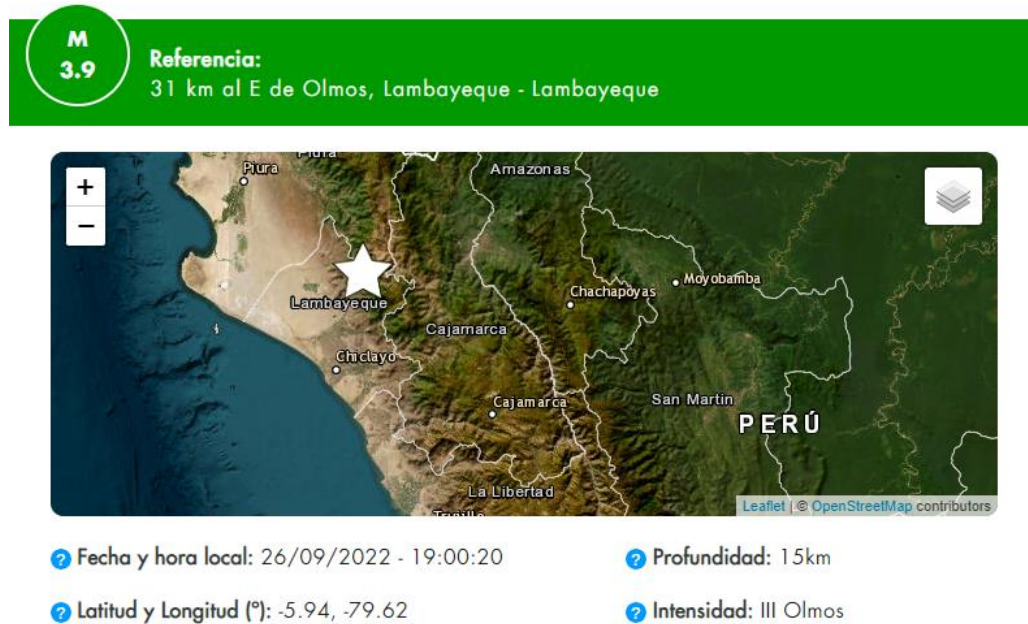


Figura 7. Reporte sísmico: IGP/CENSIS/RS 2022-0577, de fecha 26 de setiembre del 2022.

5.1.5 Daños

La vía nacional asfaltada, que comunica Olmos – Cajamarca, fue afectada por caída de rocas (bloques de 0.20m a 1.5m de diámetro), en tramos de 127m, 200 m y 125 m.

El sismo originó fracturas el piso y las paredes de su templo, esto se debe por encontrándose cimentados sobre un depósito antrópico, material de relleno, arenas y gravas con bajo contenido de arcillas, el cual está medianamente compactado, con fines de construcción, (figura 8, 9 y fotografía 5).

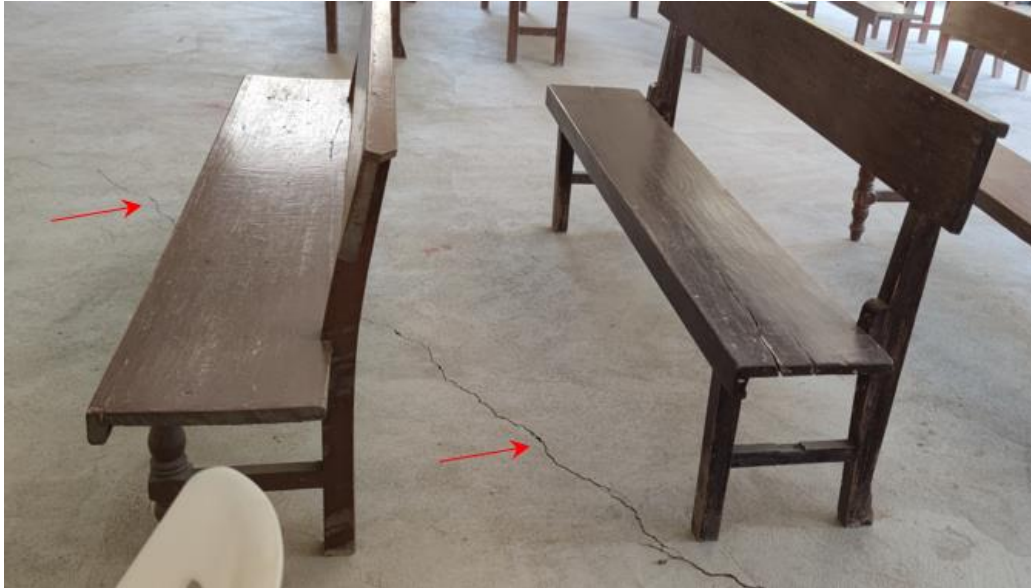


Figura 8. Se observa agrietamientos el piso del templo, estos fueron originados por el sismo.



Figura 9. Grietas en pared de vivienda.

Fotografía 5. Grietas en pared de vivienda.



6. CONCLUSIONES

- a. En el sector evaluado se indentificó afloramientos de rocas conformadas por cuarcitas (Formación Ñaupe), moderadamente meteorizadas y medianamente a muy fracturadas; también, se tiene y de un intrusivo tonalítico – granodiorítico El intrusivo tonalítico – granodiorítico, que se encuentra ligeramente meteorizados y medianamente a poco fracturados.
- b. Así mismo encontramos depósitos recientes origen coluvial compuestos por bloques y gravas de origen intrusivo y metamórfico, de forma subangulosos, en matriz areno limosa; depósito fluvial constituido por bolones, cantos y gravas subredondeadas en matriz areno limosa, depósito aluvial conformado por gravas y arenas limosas; y un depósito antropógeno, conformado por la acumulación de material transportado, para nivelar el terreno, con fines de construcción de viviendas.
- c. El intrusivo tonalítico – granodiorítico, se encuentran ligeramente meteorizados y medianamente a poco fracturados.
- d. Geomorfológicamente se tienen las subunidades de montaña en roca metamórfica y montaña en roca intrusiva, el terreno presenta pendientes escarpadas (25° a 45°) a muy escarpado (>45°); sub unidad de vertiente coluvial de detritos con una pendiente escarpada (25° a 45°) y sub unidad de terraza aluvial y terraza fluvial con terreno de pendiente inclinada (1° a 15°).
- e. El 05 de octubre del 2022, se generó una caída de rocas conformada por fragmentos de roca de naturaleza metamórfica e intrusiva, de formas angulosas a sub angulosas, como evento co-sísmico del movimiento registrado el 26 de setiembre del mismo año.
- f. El sector Overall por estar asentado sobre depósitos antrópicos compuesto por escombros y desmonte, así mismo tenemos depósitos aluviales, conformado por gravas y arenas limosa (al no estar compactados, en el momento del sismo originó que en el terreno presenten agrietamientos, lo que trajo consigo que en las paredes y pisos de tres viviendas y del templo se presentaran rajaduras.
- g. El sismo también detonó caída de rocas que afectó la vía asfaltada que conecta del caserío Overall con Lambayeque y Piura, en tramos de 127m, 200 m y 125 m.
- h. Los fragmentos de roca, que se desplazaron hacia el tramo de la carretera, tenían dimensiones comprendidas entre 0.20m a 1.5 m de diámetro, con escasa matriz.
- i. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas el caserío Overall y alrededores se le considera de **peligro medio - alto**, ante la caída de rocas.

7. RECOMENDACIONES

- a. Revegetar las laderas con especies nativas, con la finalidad de evitar la erosión y futuras caídas de rocas.
- b. Mejorar la cimentación de las viviendas y evitar construir sobre depósitos antrópicos no consolidados, para evitar su colapso o asentamientos en caso de movimientos sísmicos.
- c. El sistema propuesto para evitar la caída de rocas son mallas ancladas, estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.
- d. Programar periódicamente simulacros, ante fenómenos sísmicos, ubicar una zona segura para evacuar en caso de sismo y un eventual evento de caída de rocas.
- e. Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de peligro. Estas charlas deben ser canalizadas por la municipalidad, donde Ingemmet puede participar.
- f. Realizar una Evaluación de Riesgos – EVAR, con el fin de determinar medidas de control a largo plazo.

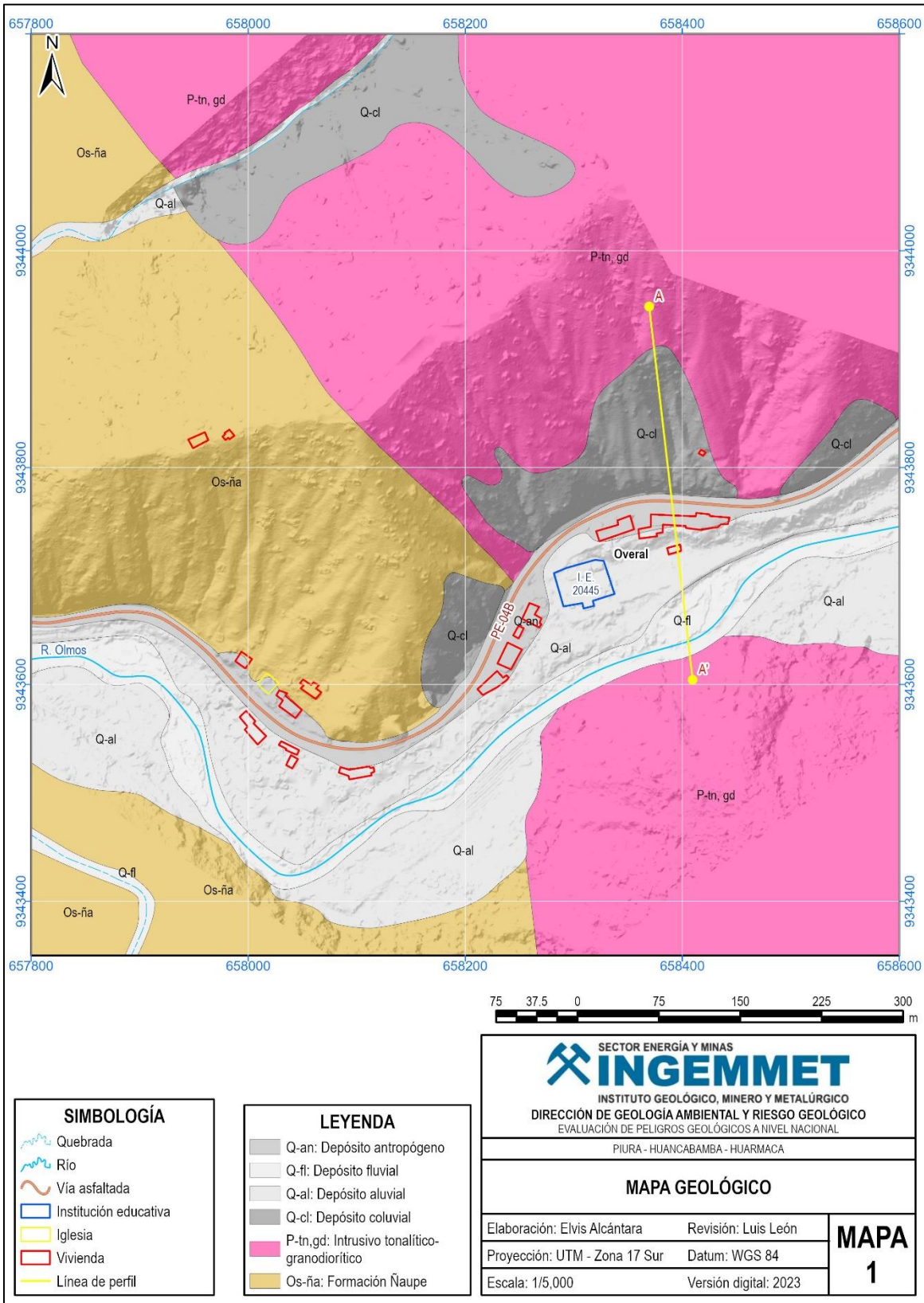

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610

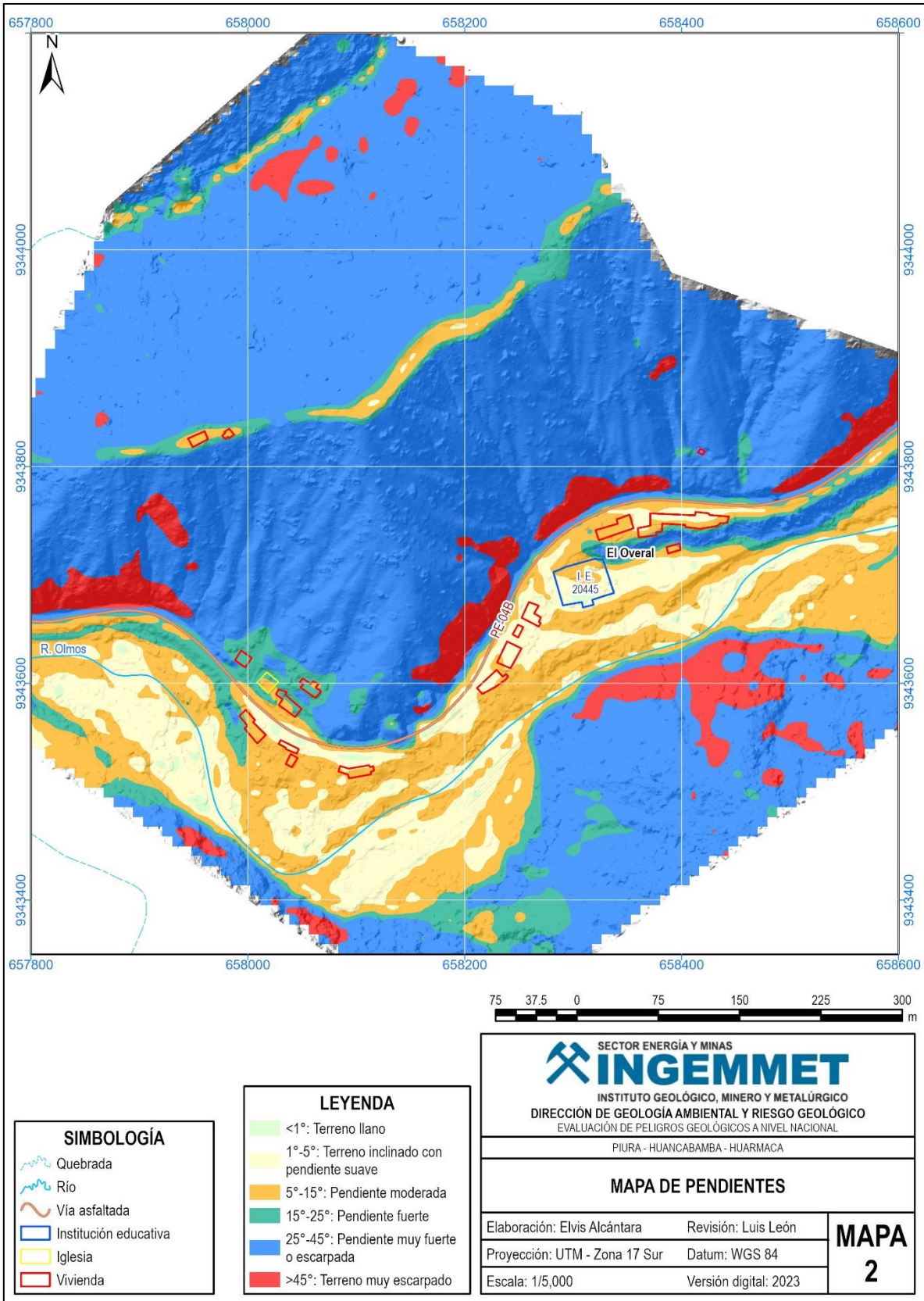

Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

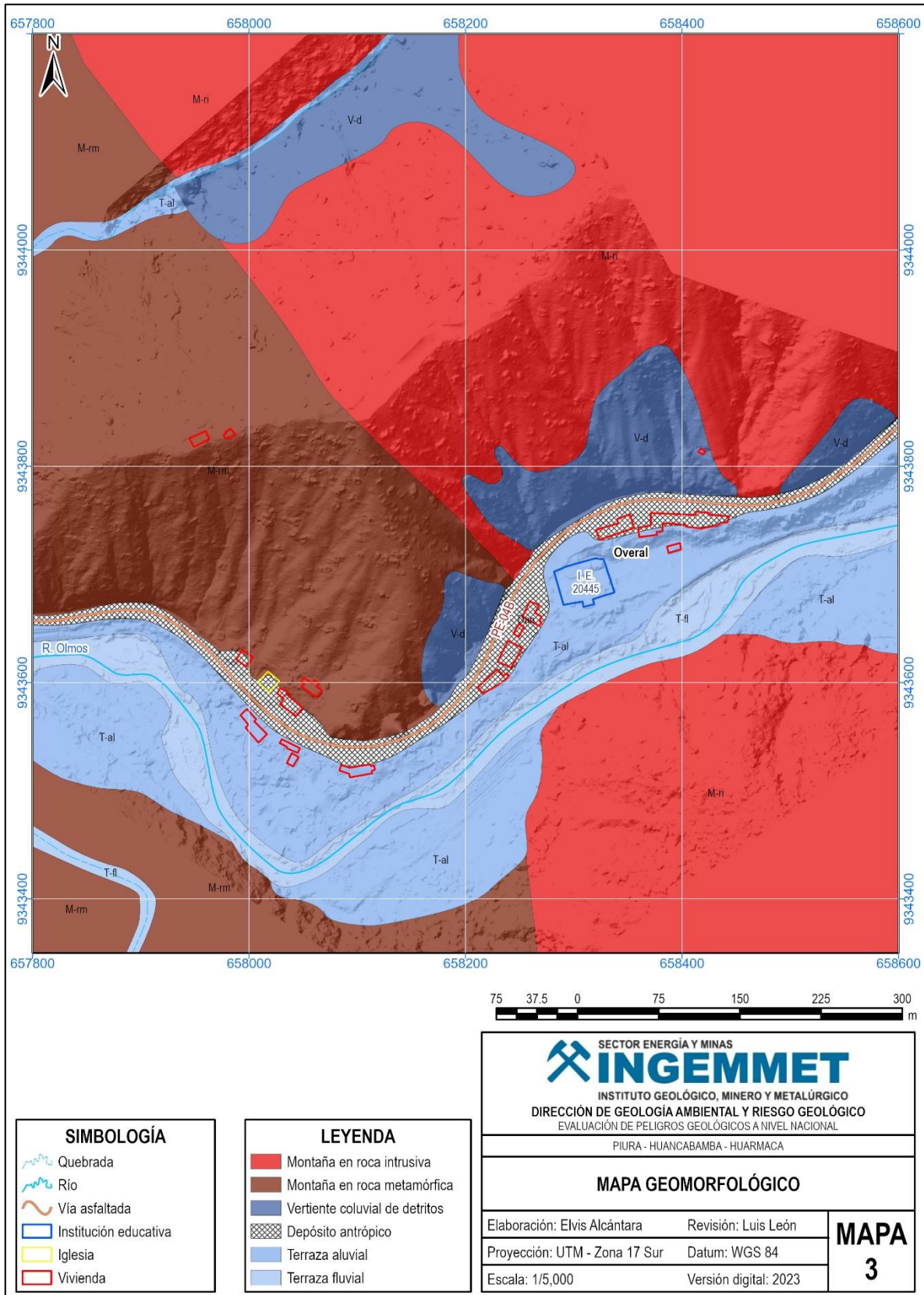
BIBLIOGRAFÍA

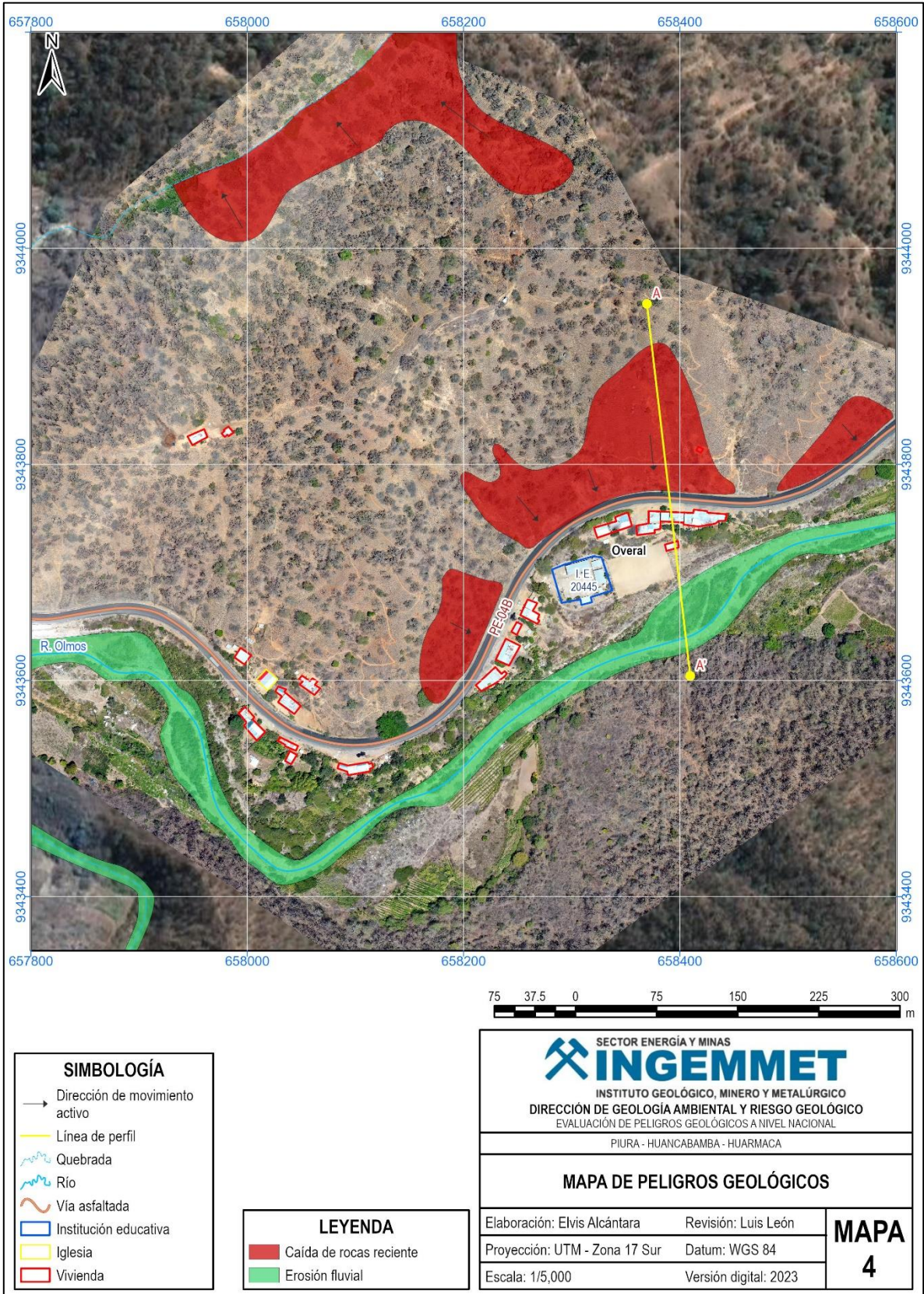
- Corominas Dulcet, J., & García Yagué A. (1997). Terminología de los movimientos de laderas, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.
- González, L. I. (2004). Ingeniería Geológica. Madrid: Isabel Capella.
- Jaimes, F.; J, Russe, E.; Santos, A. & Bellido, F. (2011), Geología del cuadrángulo de Olmos, hoja 12-d. Boletín N° 140 Serie A: Carta Geológica Nacional, 76 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Suarez, J. (2001). Control de Erosión.
- Suarez, J. (s.f.). Deslizamientos: Análisis geotécnico.
- Suarez, J. (s.f.). Respuesta hidrogeológica de los deslizamientos de tierra. II Congreso colombiano de hidrogeología, 12p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- Vilchez et al., (2009), Zonas críticas por peligros geológicos en la Región Piura - Primer Reporte, 54p.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Uso de vegetación

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

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

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

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

Mallas ancladas

Es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos o que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero (figura A1). Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de

grandes masas de suelo o roca. Todos estos elementos poseen recubrimiento anticorrosivo salvo los elementos de anclaje (bulones intermedios, los anclajes superiores, tuerca y placas de anclaje).



Figura A1. Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.