

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7481

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL BARRIO RAMÓN CASTILLA PARTE ALTA

Región La Libertad
Provincia Otuzco
Distrito Otuzco
Paraje Barrio Ramón Castilla



MARZO
2024

**EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL BARRIO
RAMÓN CASTILLA PARTE ALTA**
(Distrito de Otuzco, provincia Otuzco, departamento de La Libertad)

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

Equipo de investigación:
Lucio Medina Allcca

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024) - *Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el barrio Ramón Castilla parte alta. Distrito de Otuzco, provincia Otuzco, departamento La Libertad.* Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7481, 31 p.

CONTENIDO

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Accesibilidad.....	7
1.3.3. Clima	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
3.1. Unidades volcánicas y litoestratigráficas	11
3.1.1. Centro Volcánico Carabamba (Po-carE2)	11
3.1.2. Complejo Volcánico Upillao – Rushos (Po-urpE2)	11
3.1.3. Depósito deluvial (Q-dl)	13
3.1.4. Depósito coluvial (Q-cl).....	13
3.1.5. Depósito aluvial (Q-al)	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Unidades geomorfológicas	14
4.2.1. Unidad de Montañas	14
4.2.2. Unidad de Piedemonte	14
4.2.3. Unidad de terraza	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Deslizamiento	18
5.1.1. Factores condicionantes.....	21
5.1.2. Factores desencadenantes.....	22
6. CONCLUSIONES	23
7. RECOMENDACIONES	25
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
ANEXO 1: MAPAS	27

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligro geológico por deslizamiento realizado en el barrio Ramón Castilla parte alta. Distrito de Otuzco, provincia Otuzco, departamento La Libertad. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet a **través** de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El área evaluada presenta un macizo rocoso conformado por flujos piroclásticos riolíticos de cristales del Centro Volcánico Carabamba y flujos piroclásticos de cenizas (tobas) con alto contenido de fragmentos lávicos del Complejo Volcánico Urpillao-Rushos. Además, el macizo se encuentra cubierto por depósitos coluviales originados por movimientos en masa y depósitos deluviales generados por escorrentías superficiales.

Geomorfológicamente, el deslizamiento activo se ubica en ladera de montaña modelada en roca volcánica, con pendiente que varía entre 15° a 45°, caracterizada como fuerte a escarpada; además, se observa lugares preparados para accesos y construcciones de viviendas con pendiente entre 1° a 5° considerado como inclinado a suave.

En el área de evaluación se identificaron movimientos en masa activos retrogresivos de tipo deslizamiento, con escarpa irregular continua y activo; además, se encuentra dentro del cuerpo de un movimiento complejo tipo deslizamiento-flujo reactivado. El deslizamiento abarca un área aproximada de 25 519 m² (2.55 ha), 240 m de longitud en el eje principal, entre 70 m a 120 m de ancho y 85 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento. Además, la longitud de la escarpa principal mide 140 m, con salto variable entre 0.50 a 2 m y desplazamiento horizontal estimado de 1 m. La masa deslizada activa presenta escarpas secundarias pequeñas, con saltos entre 0.20 m a 0.50 m y agrietamientos múltiples; además, la pendiente del terreno promedio en el cuerpo de deslizamiento activo es de 20°.

El deslizamiento activo afecta más de 35 viviendas y vías de acceso, de continuar el desplazamiento de la masa del deslizamiento podría convertirse en flujo y afectar un estimado de 50 viviendas más, ubicadas en el pie del deslizamiento y áreas aledañas.

Los factores que condicionan la ocurrencia del deslizamiento en el sector del barrio Ramón Castilla parte alta, son la presencia de depósitos inconsolidados pertenecientes a movimiento en masa antiguos, ubicados sobre un macizo rocoso muy fracturado con superficie completamente meteorizado. También la ladera de montaña modelada en roca volcánica, con pendiente que varía principalmente entre 5° y 45°, caracterizada como moderado a escarpada o muy fuerte. Cortes en la ladera realizados para la construcción de accesos y viviendas, y presencia de tierras de cultivo. Además, por las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico inconsolidado en la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión.

Por las condiciones mencionadas en el párrafo anterior, el área afectada por el deslizamiento y las áreas aledañas, se considera como Zona Crítica y Peligro Alto. El deslizamiento podría aumentar sus dimensiones, convertirse en flujo de lodo y afectar a los habitantes ubicados en el cuerpo del deslizamiento, pie del deslizamiento y áreas aledañas.

Finalmente, en el informe de evaluación técnica se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada con la finalidad de minimizar los daños que se puedan generar.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Gerencia de Gestión de Riesgo y Desastre de la Municipalidad Provincial de Otuzco, Oficio N° 005-2023-GGRD-MPO-JJSC; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación del evento de tipo deslizamiento que afecta la parte alta del Barrio Ramón Castilla en el distrito de Otuzco.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Lucio Medina Allcca y Edwin Calderon Vilca, realizar la evaluación de peligros geológicos in situ, la cual se llevó a cabo el 27 de setiembre del 2023.

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 (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 Provincia de Otuzco, al Gobierno Regional de Puno 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) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia del deslizamiento.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante el peligro geológico identificado en trabajo de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional, que involucra la zona de evaluación, tenemos:

- A) El Boletín N° 50 de la Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgo Geológico en la Región La Libertad” (Medina et al., 2012). Contiene información básica sobre inventario de peligros geológicos, mapas temáticos como el de movimientos en masa que abarca la región de La Libertad. La zona de evaluación es considerada de alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.
- B) En la publicación del proyecto de investigación GR-4, titulada **Estudio del Volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) y los Yacimientos Epitermales Asociados, Departamentos de La Libertad y Ancash** (Rivera et al., 2005). Se

menciona que el casco urbano de Otuzco se asienta sobre el Grupo Calipuy conformada por depósitos volcánicos pertenecientes al estratovolcán Urpillao, constituidos por intercalaciones de flujos piroclásticos y flujos de lava.

- C) La publicación más relevante sobre la caracterización geológica fue desarrollada por Navarro & Rivera (2006) en su publicación Estratigrafía volcánica del Cenozoico (Grupo Calipuy) en Otuzco y Huamachuco, norte del Perú. Los autores para el área de evaluación identifican a los afloramientos de la Caldera Carabamba y del Centro volcánico Urpillao-Rushos.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector evaluado pertenece al sector Ramón Castilla Alto, ubicado al área este de la población de Otuzco, provincia de Otuzco, departamento La Libertad (figura 1 y 2). Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) se muestran en el cuadro 1:

Cuadro 1. Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	768805	9126105	-7.898788°	-78.562046°
2	769102	9126257	-7.897399°	-78.559362°
3	769417	9125642	-7.902940°	-78.556474°
4	769121	9125490	-7.904329°	-78.559149°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	769035	9126014	-7.899598°	-78.559956°

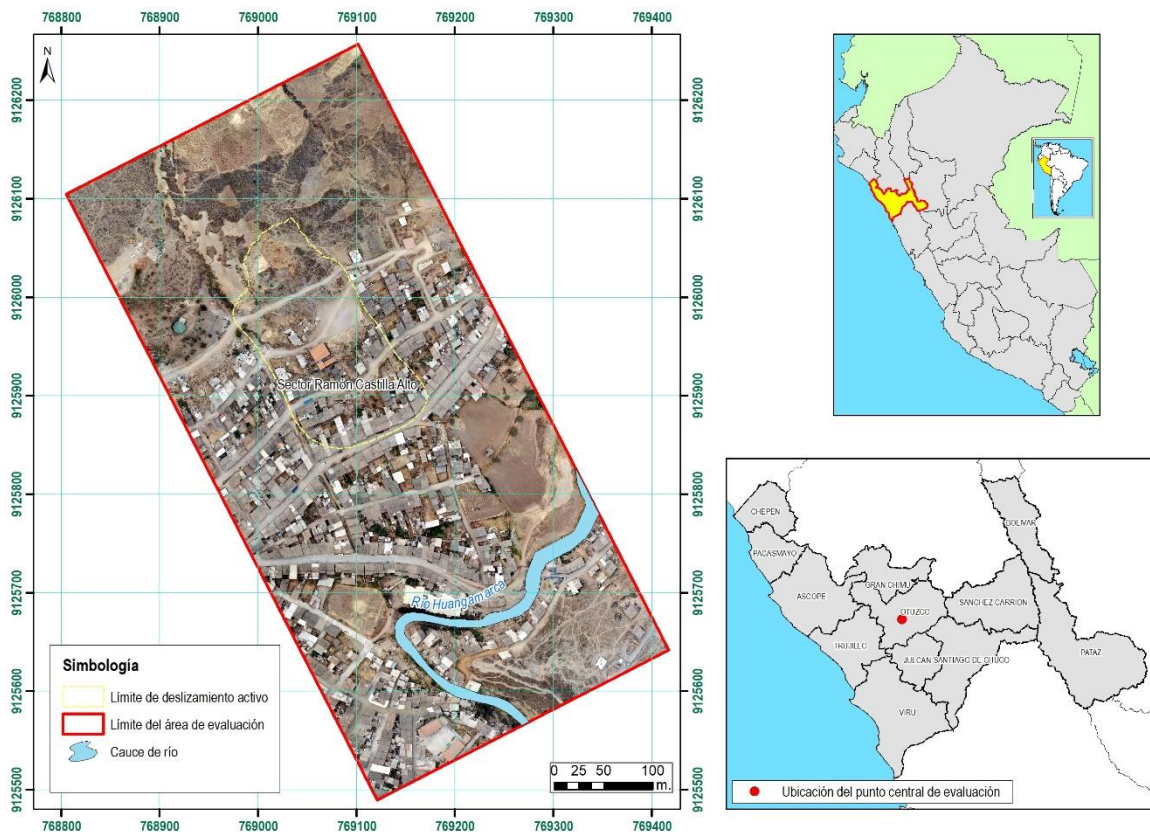


Figura 1. Ubicación del área de evaluación



Figura 2. Vista panorámica en mosaico del sector Ramon Castilla Alto y alrededores.

1.3.2. Accesibilidad

Para acceder al área de evaluación, se parte de ciudad de Lima siguiendo las siguientes rutas mencionadas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Trujillo	Carretera asfaltada (Panamericana Norte)	556.7	9 horas 10 minutos
Trujillo – Otuzco	Carretera asfaltada	82.8	1 hora 30 minutos
Plaza Mayor de Otuzco – Sector Ramon Castilla Alta	Vías asfaltadas y trocha carrozable	1.5	5 minutos

1.3.3. Clima

La zona evaluada posee un clima frío y seco todo el año, con veranos e inviernos cortos, regularmente en el verano está más nublado que en los días de invierno; el periodo de lluvias empieza en octubre hasta abril del siguiente año, siendo marzo el mes de mayor precipitación pluvial. El tipo de clima es (C(i)B') según el Mapa de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - SENAMHI (2021).

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 2 °C a 13 °C y rara vez baja a menos de -1 °C o sube a más de 15 °C.

2. DEFINICIONES

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

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

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 de tracción.

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

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

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

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

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.

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

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 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. 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.

Proluvial: Complejo sedimento deltaico friable de material fragmental, acumulado al pie de una pendiente como resultado de una ocasional avenida torrencial.

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.

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. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La caracterización de los aspectos geológicos (mapa 1) se realizó en base al Mapa geológico integrado del Perú a escala 1:50 000 versión 2022 y publicado en el Sistema de Información Geográfica (Geocatmin) del Ingemmet. Además, se realizó trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades volcánicas y litoestratigráficas

Las unidades volcánicas aflorantes en el área evaluada (mapa 1) está conformada por secuencias litológicas del Centro Volcánico Carabamba, Complejo Volcánico Urpillao – Rushos y depósitos inconsolidados compuestos por deluviales, coluviales y aluviales.

3.1.1. Centro Volcánico Carabamba (Po-carE2)

Según Rivera et al. (2005) corresponde a una de las calderas más antiguas y erosionadas distinguidas en el área de estudio. Se localiza al sureste del poblado de Carabamba, inmediaciones de los sectores Las Cautivas y C° Mollepuquio. Los depósitos de flujos piroclásticos de la caldera Carabamba yacen al oeste sobre rocas intrusivas del Batolito de la Costa y hacia el este sobre lavas del Volcán San Pedro.

En la zona de C° Mollepuquio y la confluencia de las quebradas Motilón y Cortadera se distinguen megabloques de rocas sedimentarias (pelitas, calizas, areniscas cuarcíferas) pertenecientes a rocas del basamento (Fm. Chicama, Fm. Chimu?); así como lavas andesíticas incluidas dentro de una matriz de flujo de cristales soldados. Esta zona correspondería a la zona proximal de la caldera. Los productos en zonas distales (ejemplo: Sectores de Cuyquin, al Sur y SE de Carabamba, y Caca ida en San Pedro) corresponden a flujos de cenizas soldadas de composición riolítica, dispuestas en capas masivas de 8 a más de 40 m de espesor. En total poseen un espesor promedio de 300 m. Estos flujos contienen gruesos fenocristales de cuarzo, plagioclasa, biotita, anfíbol y óxidos. El cuarzo está presente entre 50 y 60%. Se distingue poco contenido de fragmentos líticos lávicos (<5%). Los depósitos de flujos forman superficies de colinas de 60 a 300m de altura.

Localmente está compuesto depósitos de flujos piroclásticos riolíticos de cristales, soldados y masivos. Presenta cristales gruesos entre los que resalta el cuarzo, plagioclasa, anfíbol, biotita y líticos lávicos centimétricos, muy esporádicos (Rivera et al., 2005).

El afloramiento rocoso a nivel general se observa muy fracturada con superficie completamente meteorizada; características que influyen en la estabilidad de la ladera del área evaluada.

3.1.2. Complejo Volcánico Urpillao – Rushos (Po-urpE2)

Según Navarro & Rivera (2006) regionalmente está compuesto por dos estratovolcanes erosionados y alineados en dirección Noroeste a Sureste: Urpillao (al Sur) y Rushos (al Norte). Los depósitos emitidos por el volcán Rushos sugieren que este volcán tuvo cinco etapas eruptivas, caracterizadas por actividades efusivas y explosivas: 1) Depósitos de flujos de lava andesítica muy alterada, sobreyacen depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas. 2) Depósitos de flujos piroclásticos de cenizas con coloraciones grises, intercalados con otros flujos de ceniza de coloraciones gris rojizas. Estos depósitos están cortados por vetas de cuarzo que tienen una dirección NE-SO. 3) Depósitos de flujos de lava andesítica afírica, gris azulada, se intercalan con capas delgadas de depósitos de flujos de ceniza. 4) Depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas. 5) Depósitos de flujos de lava andesítica afírica, gris verdosas.

Los depósitos volcánicos pertenecientes al volcán Urpillao, sugieren nueve eventos eruptivos: 1) Depósitos de flujos de lava andesítica porfirítica gris verdosa, que sobreyacen a una secuencia volcanoclástica gris violácea. 2) Depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, con alto contenido de fragmentos líticos lávicos. 3) Depósitos de flujos lávicos porfiríticos gris verdosos. 4) Depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas con fragmentos líticos juveniles monomícticos. 5) Depósitos de flujos lávicos andesíticos afaníticos. 6) Consiste en depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas. 7) Depósitos de flujos de lava andesítica

afírica gris oscuros a gris verdosos. 8) Depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, con fragmentos líticos porfíricos. Se intercalan con algunos depósitos de flujos piroclásticos de cenizas. 9) Depósitos de flujos de lava andesítica afírica, gris verdosa.

Localmente la ladera superior, noreste del deslizamiento reactivado, está compuesto por roca de tipo flujos piroclásticos de cenizas (tobas) con alto contenido de fragmentos lávicos (fotografías 1 y 2). El macizo a nivel general se encuentra medianamente fragmentado con superficie ligeramente meteorizada



Fotografía 1. Valor GSI estimado para estrato compuesto arcillitas de color gris oscuro Coordenadas. UTM: 768873 / 9126179, Zona 17.



Fotografía 2. Valor GSI estimado para estrato compuesto arcillitas de color gris oscuro.
UTM: 768873 / 9126179, Zona 17.

3.1.3. Depósito deluvial (Q-dl)

Está conformado por capas de suelo fino, generalmente compuesto principalmente por limos y arcillas con inclusiones de fragmentos de roca volcánica. Se encuentra depositado en la ladera con pendiente moderados a fuerte; estos depósitos han sido formados por la escorrentía (pequeños chorros) pluvial sin cauce o ha sido transportada por torrentes de corto recorrido.

3.1.4. Depósito coluvial (Q-cl)

Corresponde al depósito producto de la meteorización mayormente física (deslizamientos), resultantes principalmente de la acción transportadora de la gravedad.

Están formados por material de naturaleza ligeramente homogénea, con fragmentos de roca heterométricos mezclados con materiales finos como limo y arcilla principalmente.

3.1.5. Depósito aluvial (Q-al)

Son depósitos acumulados en las márgenes del río Huangamarca, corresponde a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales por el transporte que sufrieron y su ubicación tienen selección de regular, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial; los depósitos aluviales en algunos sector están cubiertos por desmonte antropógeno. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La caracterización de la pendiente del terreno, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como uno de los factores condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa; además, muestra las características morfométricas del terreno.

Para el área evaluada, la pendiente del terreno se caracterizó en base a la información del modelo de elevación digital de 0.07 m de resolución generado a partir de imágenes captadas con Mavic 2 Enterprise proporcionado por Subgerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de La Libertad.

En la caracterización se consideraron 6 rangos de pendientes como son: de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

En el mapa 2, se muestra claramente los arranques o escarpas principales y secundarios del deslizamiento en proceso de reactivación con pendiente del terreno mayor a 45°; además, se observa pendiente variable de 15° a 45° en el cuerpo del deslizamiento.

4.2. Unidades geomorfológicas

La caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose montañas, piedemontes y planicies.

Además, para la delimitación se consideró los límites de las unidades volcánicas (substrato rocoso) dando énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes (depósitos superficiales); sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas captadas por dron e imágenes satelitales de alta resolución.

En el mapa 3 y figura 3, se muestra las subunidades geomorfológicas identificadas dentro del área de evaluación.

4.2.1. Unidad de Montañas

La unidad de montañas consiste en geformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza.

En el área de evaluación se identificó la siguiente subunidad geomorfológica (mapa 3):

Subunidad de montañas en roca volcánica (M-rv):

Relieve modelado en rocas del centro volcánico Carabamba y del complejo volcánico Upillao-Rushos, con laderas con formas variable entre cóncavas a convexas y pendiente del terreno desde moderada (5° a 15°) a escarpado (25° a 45°).

4.2.2. Unidad de Piedemonte

Se identificó las siguientes subunidades:

Piedemonte coluvial (P-c)

Subunidades formadas principalmente por procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento-flujo, su composición litológica es homogénea a causa de su corto a mediano recorrido, está compuesta por materiales inconsolidados. Además, en superficie están formados por la acción de la escorrentía, litológicamente está compuesto por capas de suelo fino de limos y arcillas con inclusiones de fragmentos de roca volcánica de tipo toba lítica y de ceniza.

Su morfología es convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa

Presenta superficie ligeramente escalonada relacionada con las escarpas principales y secundarias del deslizamiento en proceso de activación. A nivel general la pendiente del terreno que varía entre 15° a 45° caracterizado como fuerte a escarpado; además, presenta lugares con pendiente entre 1° a 5° considerado inclinado a suave asociado a cortes realizados para accesos construcciones de viviendas.

Piedemonte deluvial (P-d)

Está formado por la acción de la escorrentía superficial en laderas con pendiente del terreno variable entre 15° a 45° caracterizado como fuerte a escarpado; también, presenta lugares con pendiente entre 1° a 5° considerado inclinado a suave asociado a cortes realizados para accesos y construcciones de viviendas.

4.2.3. Unidad de terraza

Se identificó la siguiente subunidad:

Terraza aluvial (T-a)

Corresponde a porciones de terreno alargado a ligeramente inclinado con pendiente del terreno entre 1° a 5° y altura relativamente marcada (elevada) en comparación del lecho del río. Se ubica en ambos márgenes del río Huangamarca. Esta subunidad es susceptible a la inundación y erosión fluvial.

Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos) que corresponden principalmente a rocas polimícticas.



Figura 3. Se observa las subunidades geomorfológicas como terraza aluvial (Ta), piedemonte deluvial (P-d), piedemonte coluvial (P-c), y la montaña modelada en roca volcánica (M-rv).



Figura 4. Se observa las subunidades distribuidas en las márgenes del río Huangamarca: terraza aluvial (Ta), piedemonte deluvial (P-d), principalmente.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La evaluación de peligros geológicos en el área de evaluación se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa inactivos, reactivados y activos a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en el método de observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno dron y se complementó con el análisis de imágenes satelitales de alta resolución disponibles en SASPlanet.

En el sector Ramón Castilla parte alta se asienta al pie de montaña, geodinámicamente de pasado activo, representada por la ocurrencia de movimiento complejo de tipo deslizamiento – flujo en estado reactivado (figura 4).

En la actualidad en el cuerpo del deslizamiento – flujo (depósito) se observó la activación de un deslizamiento que se describe a continuación.



Figura 5. Delimitado con líneas discontinuas de color rojo se observa el movimiento complejo tipo deslizamiento-flujo reactivado.

5.1. Deslizamiento

En el área de evaluación (barrio Ramón Castilla parte alta) se presenta un deslizamiento rotacional retrogresivo con escarpa irregular continua, abarca un área aproximada de 25 519 m² o 2.55 ha (figura 6), sin considerar el movimiento en masa de tipo deslizamiento-flujo lo rodera; además, el evento se considera activo y posee 240 m de longitud en el eje principal, entre 70 m a 120 m de ancho y 85 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento; además, la longitud de la escarpa principal mide 140 m con salto (desplazamiento vertical) variable entre 0.50 a 1m (figura 7) y desplazamiento horizontal estimado de 1m. En la masa deslizada presenta escarpas secundarias pequeñas con saltos entre 0.20 m a 0.50 m y agrietamientos múltiples (figura 8). La pendiente del terreno promedio en el deslizamiento es de 20°.

En la actualidad el deslizamiento afecta más de 35 viviendas (fotografías 3 y 4) y vías de acceso por encontrarse en el cuerpo del deslizamiento. Además, de continuar el desplazamiento de la masa podría convertirse en flujo y afectar un estimado de 50 viviendas más ubicadas en el pie del deslizamiento.

Características visuales del deslizamiento

A continuación, se detalla las características más relevantes del deslizamiento en sector Ramón Castilla Alto:

- Estado de actividad: activo
- Estilo de la escarpa: múltiples
- Forma de la escarpa: irregular y continua
- Longitud de la escarpa principal: 140 m
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 85 m
- Superficie de rotura inferida: rotacional
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): 0.50 a 2 m
- Saltos secundarios: 0.20 m a 0.50 m
- Desplazamiento horizontal (DH) estimado: 1 m
- Longitud horizontal del eje principal del evento: 240 m
- Ancho inicial evento: 70 m
- Ancho en el pie del evento: 120 m
- Pendiente promedio del terreno: 20°
- Área de deslizamiento: 25 519 m² o 2.55 ha
- Agrietamientos: transversales múltiples
- El avance del deslizamiento: retrogresivo



Figura 6. Se observa el área de influencia directa del deslizamiento rotacional activo.



Figura 7. Se observa el salto (desplazamiento vertical) variable del deslizamiento rotacional activo.



Figura 8. Se observa escarpas secundarias y agrietamientos en el deslizamiento rotacional activo.



Fotografía 3. Vivienda destruida ubicada en el cuerpo de deslizamiento rotacional activo.
UTM: 769015 / 9125943, Zona 17.



Fotografía 4. Vivienda con fisuras diagonales ocasionadas por el deslizamiento rotacional en la parte alta del barrio Ramón Castilla
UTM: 769015 / 9125943, Zona 17.

5.1.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

Depósitos inconsolidados pertenecientes a movimiento en masa antiguos ubicados sobre macizo rocoso conformado por roca de tipo flujos piroclásticos de cenizas medianamente fragmentado con superficie ligeramente meteorizada y flujos

piroclásticos riolíticos de cristales muy fracturada con superficie completamente meteorizada.

Este tipo de depósito y litología permite la filtración y retención del agua, lo que aumenta el peso de la masa inestable.

Factor geomorfológico

Ladera de montaña modelada en roca volcánica con pendiente que varían principalmente varían entre 5° a 45°, considerado como moderada a muy fuerte; además, presenta pendiente mayores a 45° en sectores dispersos asociados a cortes de ladera.

Factor antropogénico

Cortes en la ladera realizados para la construcción de accesos y viviendas (fotografía 5), y presencia de tierras de cultivo.

5.1.2. Factores desencadenantes

De acuerdo a las características del movimiento, se infiere que fue causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso normal, que ayudaron a humedecer el material inconsolidado en la ladera, provocando sobresaturación interna del suelo y la pérdida de cohesión.



Fotografía 5. Vista panorámica de los cortes realizados en la ladera para la construcción de accesos y viviendas
UTM: 769021 / 9125984, Zona 17.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. El macizo rocoso en el área evaluada está compuesto por flujos piroclásticos riolíticos de cristales del Centro Volcánico Carabamba y flujos piroclásticos de cenizas (tobas), con alto contenido de fragmentos lávicos del Complejo Volcánico Urpillao-Rushos. Además, el macizo se encuentra cubierto por depósitos coluviales originados por movimientos en masa y depósitos deluviales generados por escorrentías superficiales.
2. La ladera de montaña modelada en roca volcánica donde se ubica el deslizamiento activo presenta pendiente del terreno que varía principalmente entre 15° a 45° caracterizada como fuerte a escarpada; además, presenta lugares con pendiente entre 1° a 5° considerado como inclinado a suave ubicados en los accesos y plataformas para construcciones de viviendas.
3. El peligro geológico identificado corresponde a deslizamiento rotacional retrogresivo con escarpa irregular continua y activo, que se encuentra dentro del cuerpo de un movimiento complejo tipo deslizamiento-flujo reactivado.
4. El deslizamiento activo mide aproximadamente 25 519 m² (2.55 ha), 240 m de longitud en el eje principal, entre 70 m a 120 m de ancho y 85 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento. Además, la longitud de la escarpa principal mide 140 m, con salto variable entre 0.50 a 2 m y desplazamiento horizontal estimado de 1 m.
5. La masa deslizada activa presenta escarpas secundarias pequeñas con saltos entre 0.20 a 0.50 m y agrietamientos múltiples; además, la pendiente del terreno promedio en el cuerpo de deslizamiento activo es de 20°.
6. Los factores que condicionan la ocurrencia del deslizamiento en el sector del barrio Ramón Castilla parte alta, son la presencia de depósitos inconsolidados pertenecientes a movimiento en masa antiguos, ubicado sobre macizo rocoso muy fracturada con superficie completamente meteorizada. Ladera de montaña modelada en roca volcánica con pendiente que varía principalmente entre 5° y 45°, caracterizada como moderado a escarpada o muy fuerte. Cortes en la ladera realizados para la construcción de accesos y viviendas. Y presencia de tierras de cultivo en el talud superior del deslizamiento.
7. De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico inconsolidado en la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión.
8. El deslizamiento afecta más de 35 viviendas y las vías de acceso. De continuar el desplazamiento del deslizamiento, este podría convertirse en flujo y afectar un estimado de 50 viviendas ubicadas en el pie del deslizamiento y áreas aledañas.
9. El sectores donde se presenta deslizamiento activos y áreas aledañas, se considera zona crítica y de Peligro Alto. El deslizamiento podría aumentar su tamaño y ocasionar daños a las viviendas en barrio Ramón Castilla.

10. Durante periodos de lluvias intensas y prolongadas, el depósito del deslizamiento activo será saturado con agua y aumentará de peso; factores que contribuyen con la inestabilidad del terreno. Además, sumada la pendiente del terreno, aumentará la inestabilidad contribuyendo a la pérdida de la cohesión, lo que va a generar un aumento de tamaño del deslizamiento y la generación de nuevos escarpes secundarios y agrietamientos del terreno.

7. RECOMENDACIONES

1. Reubicar a la población asentada en el área de influencia directa del deslizamiento activo y sus alrededores.
2. Elegir la zona de acogida para la población afectada por el deslizamiento activo en coordinación con las autoridades responsables de los procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres de los tres niveles de gobierno y las instituciones técnico-científicas.
3. Realizar estudios geológicos e ingeniero geológicos en la zona de acogida antes de ser ocupada por los pobladores afectados por el deslizamiento.
4. Realizar trabajos de modelamiento geotécnico para determinar el área de influencia real del deslizamiento activo.
5. Construir zanjas de coronación en la cabecera del deslizamiento para captar las aguas pluviales y evitar su infiltración; además, se debe sellar las grietas generadas por el deslizamiento.
6. Reforestar el área de influencia del deslizamiento activo y su ladera superior con plantas nativas de la zona (evitar completamente la plantación de eucaliptos y pinos), bajo el asesoramiento técnico especializado.
7. Realizar monitoreo visual y geodésico para analizar la evolución del deslizamiento. Además, se debe implementar un Sistema de Alerta Temprana y elaborar un plan de contingencia ante deslizamiento y flujos no canalizados.
8. Implementar las medidas estructurales propuestas para que el deslizamiento no continúe con el avance lateral, y para que no afecte a más viviendas y las vías de acceso a la ciudad de Otuzco por el lado noreste.


LUCIO MEDINA ALLCCA
Ingeniero Geólogo
CIP N° 101456


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cossio, A. & Jaén, H. (1967)- Geología de los Cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa (hojas 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f, 18-f). Lima: INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 17, 157p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/134>
- Cossío, A. (1964). Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. INGEMMET, Boletín N° 8, serie A, 69 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/158>
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Medina, L., Luque, G. & Pari, W. (2012). Riesgo Geológico en la Región La Libertad. INGEMMET, Boletín, serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 50, 233p., 9 mapas. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/290>
- Navarro, P. & Rivera, M. (2006) - Estratigrafía volcánica del Cenozoico (Grupo Calipuy) en Otuzco y Huamachuco, norte del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 13, Lima, 2006. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p 558-561. Publicación Especial. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/4138>
- 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, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Rivera, M., Monge, R., Navarro, P., De La Cruz, N. & De La Cruz, J. (2005). Estudio del volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) y los yacimientos epitermales asociados, departamentos de La Libertad y Áncash. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 339 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/4845>
- Rivera, M.; Monge, R. & Navarro, P. (2005). Nuevos datos sobre el volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en el norte del Perú: departamentos de La Libertad y Ancash. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 99: 7-21. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3689>
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

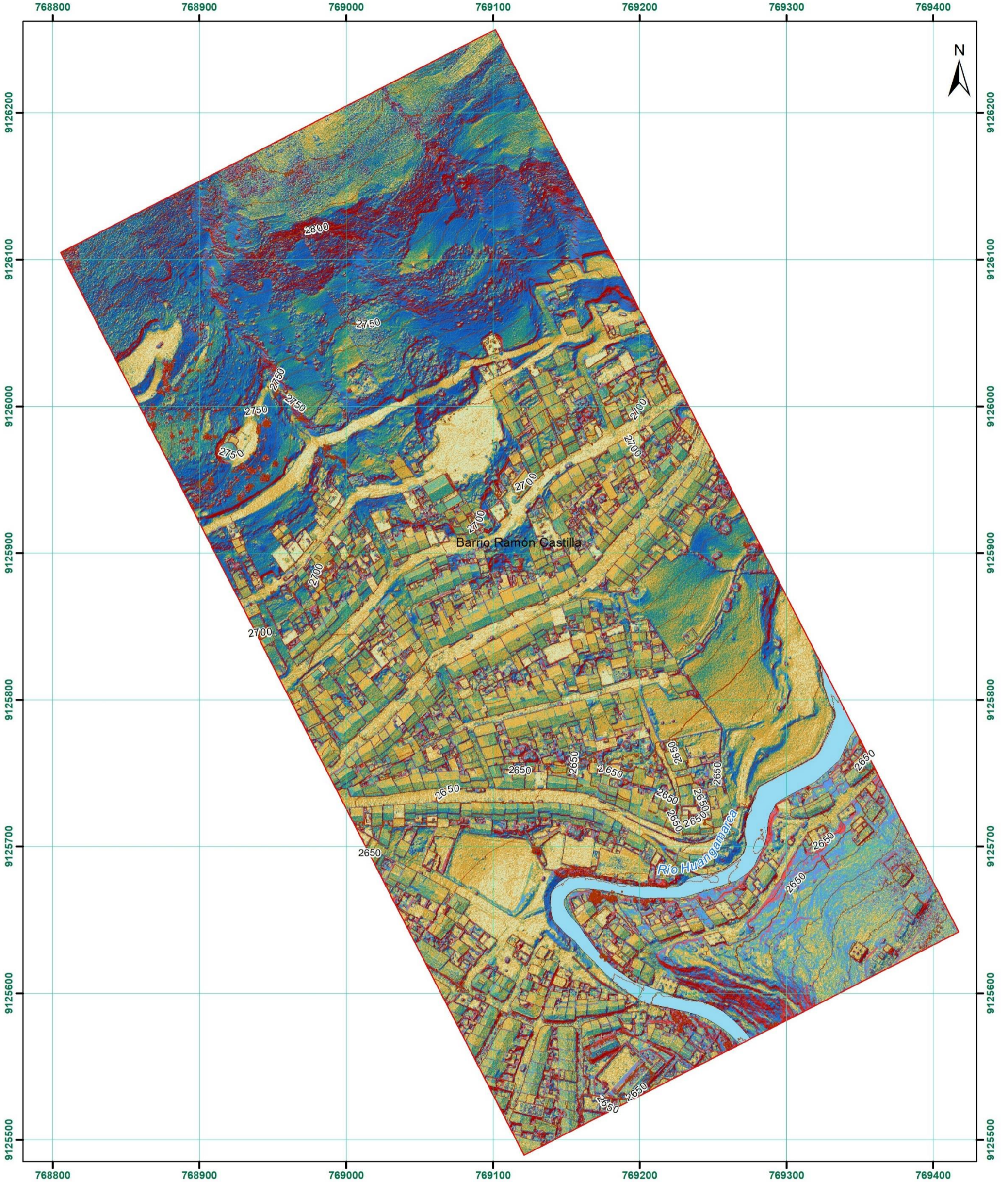
ANEXO 1: MAPAS



Leyenda

	Centro Volcánico Carabamba, Po-carE2
	Complejo Volcánico Urpillao-Rushos, Po-urpE2
	Depósito deluvial, Q-dl
	Depósito coluvial, Q-cl
	Depósito aluvial, Q-al
	Cauce de río, Cauce de río


SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
GEOLOGICO BARRIO RAMÓN CASTILLA - OTUZCO		
VERSIÓN DIGITAL Año 2023	Escala: 1/2,500 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur	MAPA: 01



Simbología

Leyenda

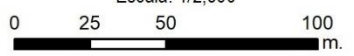
Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 1°	Verde claro	Terreno llano
1° - 5°	Verde medio	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Verde oscuro	Pendiente moderada
15° - 25°	Azul claro	Pendiente fuerte
25° - 45°	Azul oscuro	Pendiente muy fuerte a escarpado
> 45°	Rojo	Terreno muy escarpado

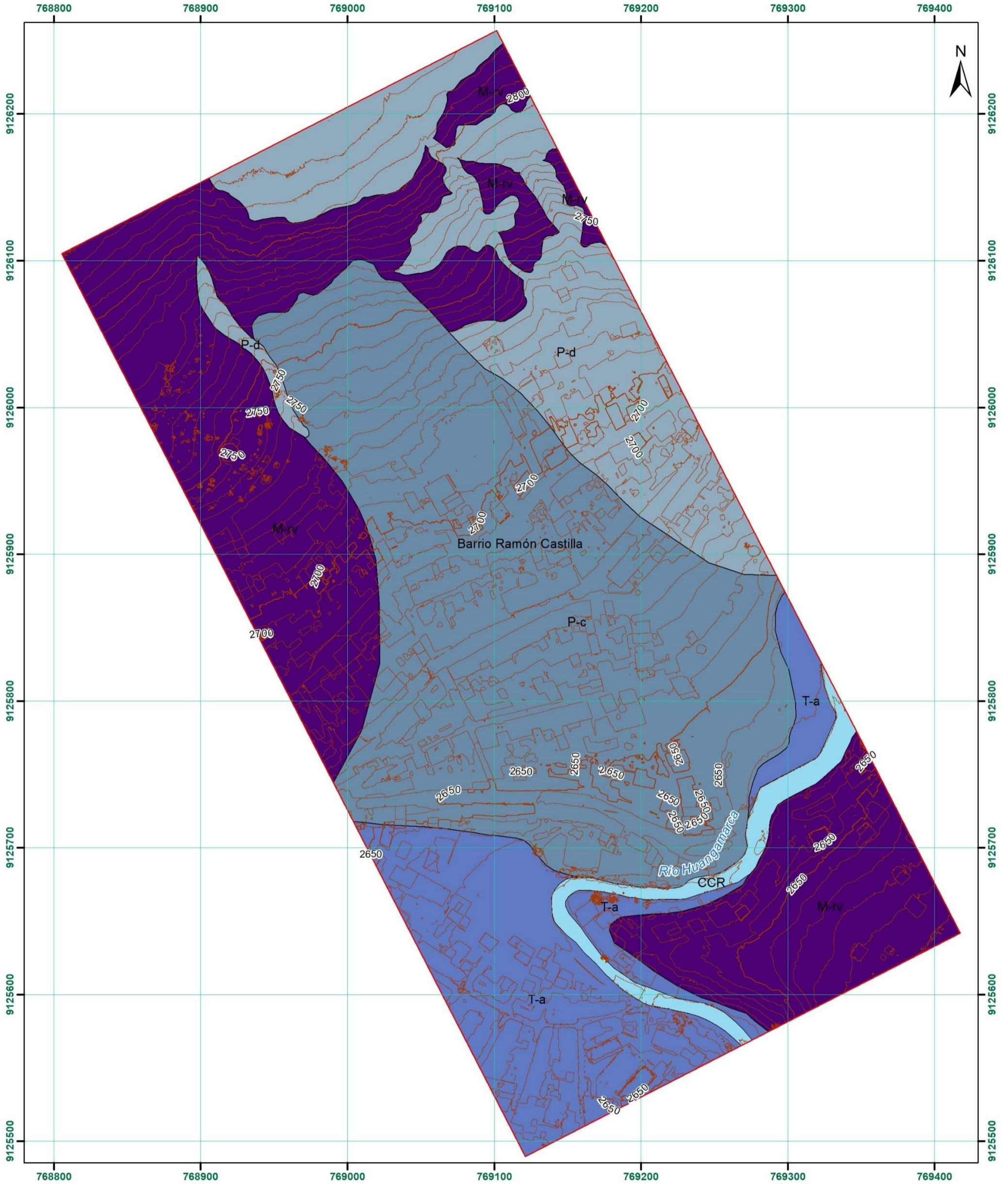


SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO





DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional


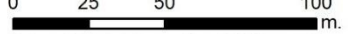
**PENDIENTE DE LOS TERRENOS
 BARRIO RAMÓN CASTILLA - OTUZCO**

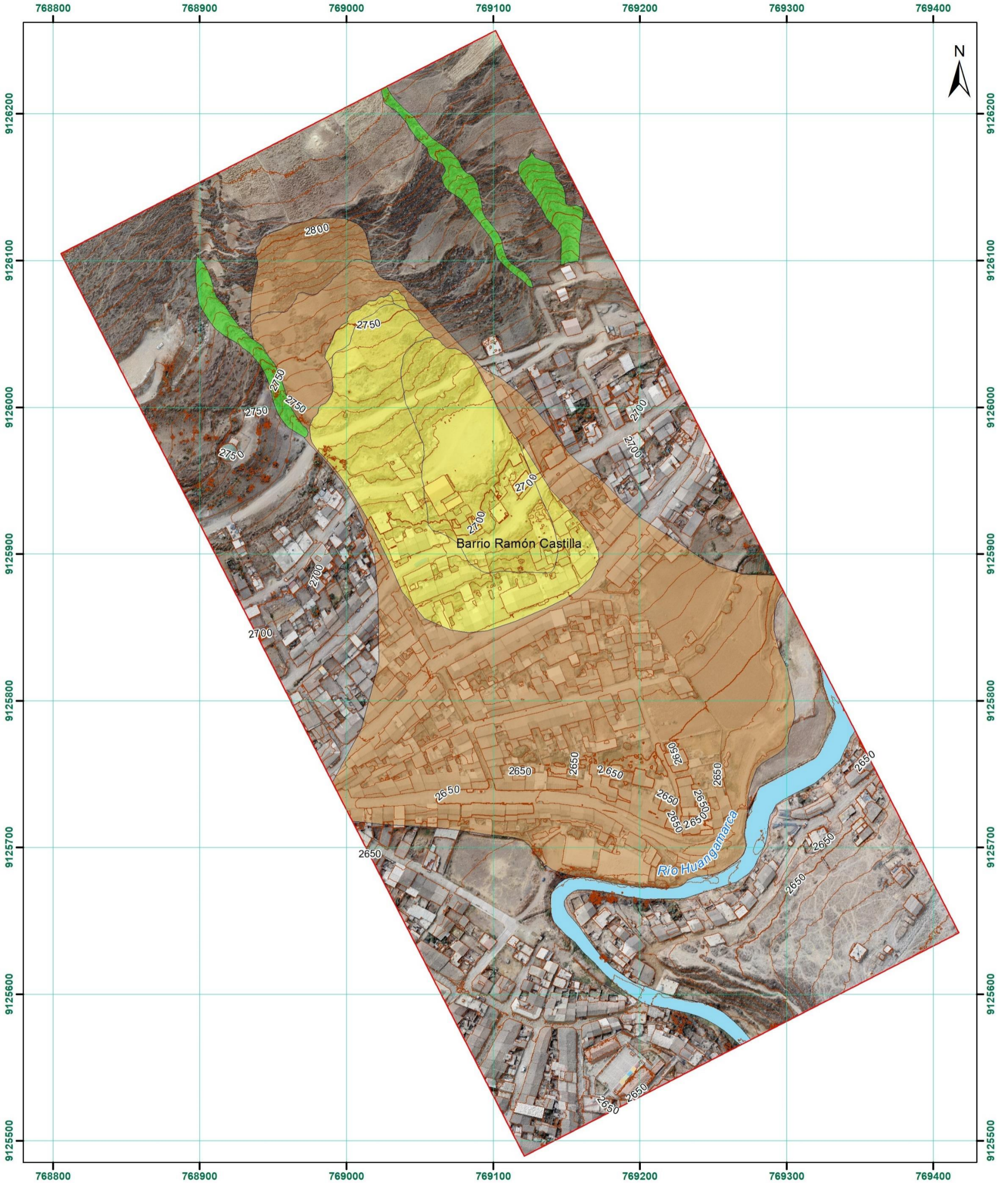
VERSIÓN DIGITAL Año 2023	Escala: 1/2,500  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur	MAPA: 02
-----------------------------	--	--------------------------------------



Leyenda

	Montaña en roca volcánica, M-rv
	Piedemonte coluvial, P-c
	Piedemonte deluvial, P-d
	Terraza aluvial, T-a

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO		
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
GEOMORFOLÓGICO BARRIO RAMÓN CASTILLA - OTUZCO		
VERSIÓN DIGITAL Año 2023	Escala: 1/2,500  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur	MAPA: 03



Leyenda

	Deslizamiento rotacional, Activo
	Deslizamiento - fujo, Reactivado
	Erosión en cárcava, Inactivo latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional		
PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO BARRIO RAMÓN CASTILLA - OTUZCO		
VERSIÓN DIGITAL Año 2023	Escala: 1/2,500 0 25 50 100 m. Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 17 Sur	MAPA: 04