

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7540

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE QUERCO

Departamento: Huancavelica

Provincia: Huaytará

Distrito: Querco



OCTUBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE QUERCO

(Distrito Querco, provincia Huaytará, departamento Huancavelica)



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

Equipo de investigación:

Mauricio A. Núñez Peredo

Norma L. Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Núñez, M. & Sosa, N. (2024). "Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en la Comunidad de Querco". Distrito Querco, provincia Huaytará, departamento Huancavelica. Lima: Ingemmet, Informe técnico N°A7540, 41p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	23
1.3. Aspectos generales.....	34
1.3.1. Ubicación.....	4
1.3.2. Población	4
1.3.3. Accesibilidad	4
1.3.4. Clima	6
1.3.5. Zonificación sísmica	7
2. DEFINICIONES.....	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
2.1. Unidades litológicas.....	10
2.1.1. Grupo Sacsaquero	10
2.1.2. Depósitos cuaternarios.....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
4.1. Pendientes del terreno.....	12
4.2. Unidades geomorfológicas	13
4.2.1. Subunidad de montañas en rocas volcanosedimentaria (M-rvs):.....	13
4.2.2. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):.....	14
4.2.3. Subunidad de vertiente coluvial (V-c):.....	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	16
5.1.1. Deslizamientos	16
5.1.2. Flujo “Avalancha de detritos”	20
5.2. Daños registrados en el poblado de Querco	21
5.3. Factores de inestabilidad de laderas	25
5.3.1. Factores condicionantes.....	25
5.3.2. Factores detonantes o desencadenantes	25
5.3.3. Factores antrópicos	26
6. OTRAS EVIDENCIAS ENCONTRADAS.....	26
6.1. Surgencias de agua.....	26
6.2. Índice Topográfico de Humedad	31
7. CONCLUSIONES.....	32
8. RECOMENDACIONES	33
9. BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO 1: MAPAS	35

RESUMEN

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

En el área de estudio aflora una gruesa secuencia masiva de tobas líticas y piroclásticas, con areniscas tobáceas retrabajadas, intercalada con limoarcillitas del Grupo Sacsacero (Facies Inferior). La presencia de fragmentos líticos envueltos en una matriz de grano medio hace que esta formación tenga un comportamiento de un acuífero permeable de moderada a alta productividad, evidenciado en la presencia de bofedales o surgencias de agua identificados en el poblado de Querco y alrededores.

En el contexto geomorfológico y de relieve, en el área se ha identificado unidades que van de montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentaria, con laderas de pendiente fuertes a muy fuerte (15° a 45°); además de vertientes y unidades de piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento, coluvio–deluvial, coluvial).

El contexto litológico y geomorfológico condicionan una geodinámica activa y significativa en el poblado, señalándose dos eventos de considerable magnitud: i) un deslizamiento rotacional antiguo, con un escarpe principal erosionado, mostrando varias reactivaciones y en cuyo depósito actual se asientan viviendas del poblado, se desarrollan actividades agrícolas con y riego por inundación; ii). una avalancha de detritos, dispuesta sobre el deslizamiento antiguo y producto de reactivaciones del mismo evento posterior a este.

El 18 de marzo del 2023, producto del último evento meteorológico (ciclón Yaku) y la filtración de aguas superficiales y subterráneas, tal como ocurrió en el 2017 (Niño Costero), en la comunidad de Querco, se reactivó el deslizamiento antiguo, generando la destrucción de nueve viviendas y daños en otras 16; afectación en la infraestructura de dos colegios (Institución Educativa Inicial N° 356 y Escuela Primaria N° 22159).

Cabe mencionar que las surgencias de agua inventariados en campo, juegan un papel importante en la inestabilidad de las laderas: notándose que la mayoría de ellos, son producto de filtraciones que emanan de algunas viviendas y laderas colindantes al poblado de Querco. Esta característica evidencia que el nivel freático es muy superficial.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y dinámicas mencionadas anteriormente, la comunidad de Querco, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** por deslizamientos y derrumbes, sujetos hacer reactivados con lluvias intensas y/o prolongadas y/o extraordinario, como las que generaron con los fenómenos El Niño Costero y Yaku.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica como, reubicar las viviendas afectadas por las reactivaciones del deslizamiento, revestir los canales de riego, prohibir la construcción de nuevas viviendas y/o algún tipo de infraestructura sobre la corona y cuerpo del deslizamiento, reducir y de ser posible no realizar prácticas agrícolas, hasta que se estabilice el deslizamiento; por ningún motivo se debe usar técnicas de riego por inundación, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica de 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 Municipalidad Distrital de Querco, según Oficio N°066-2023-MDQ/ALC; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en la comunidad de Querco.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Mauricio Núñez Peredo y Norma Sosa Senticala, realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado, la cual se realizó el 26 de octubre del 2023, en coordinación con las autoridades locales de la comunidad de Querco.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) Campo: a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Gabinete: donde se realizó el procesamiento de toda información adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Querco 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. 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Querco.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N°69, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la región Huancavelica” (Vílchez *et al.*, 2019), con cartografía de peligros a escala 1:50,000, que permitió elaborar el mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000 (figura 1). La localidad de Querco y alrededores, se localiza en terrenos de alta susceptibilidad.

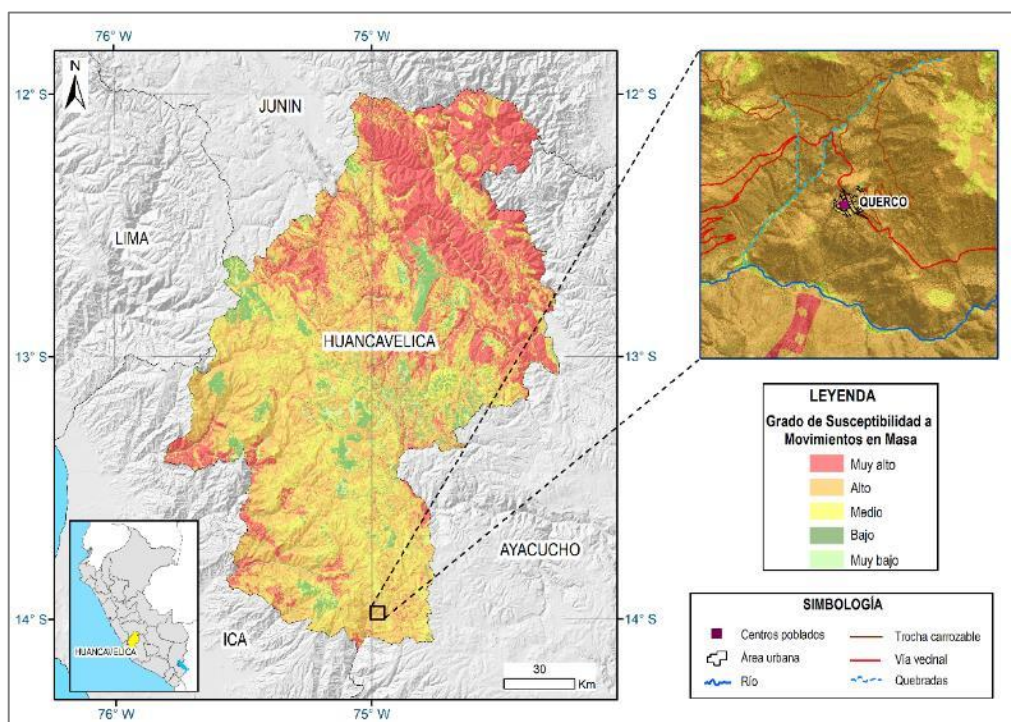


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa en la localidad de Quichuas y alrededores. **Fuente:** Vílchez et al., 2019.

- B) Boletín N°49 Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras. Hojas: 28-m y 28-n” (Palacios, 1994). Describe la geología regional a escala 1:100, 000 de la zona evaluada, donde se exponen principalmente rocas volcánico-sedimentaria de edad cenozoico de naturaleza andesítica intercaladas con sedimentos.
- C) Informe de emergencia N° 1343 (INDECI, COEN, 2023). Este informe reporta que el 18 de marzo, aproximadamente a las 17:00 horas, en la comunidad de Querco (distrito Querco), se registró lluvias intensas y como consecuencia, múltiples viviendas y vías quedaron en condición de afectadas, inhabitables y colapsadas.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

La comunidad de Querco se ubica en la margen izquierda de la quebrada Huallhuaracca. Políticamente pertenece al distrito Querco, provincia Huaytará, departamento Huancavelica (figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	503310.082	8455389.202	-13.97182761°	-74.96935221°
2	503288.657	8453610.931	-13.98790679°	-74.96954846°
3	501641.6225	8453630.775	-13.98772879°	-74.98479930°
4	501663.0474	8455409.046	-13.97164963°	-74.98460198°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	502548.0804	8454527.982	-13.97961557°	-74.97640673°

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la localidad de Querco presenta una población censada de 677 habitantes distribuidos en un total de 287 viviendas particulares.

Tabla 2: Distribución poblacional en la localidad de Querco

DISTRITO	POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDA
QUERCO	Querco	677	287

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 3. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Ica	Asfaltada	294	3 horas 55 min
Ica – Querco	Asfaltada-afirmada	150	4 horas 20 min

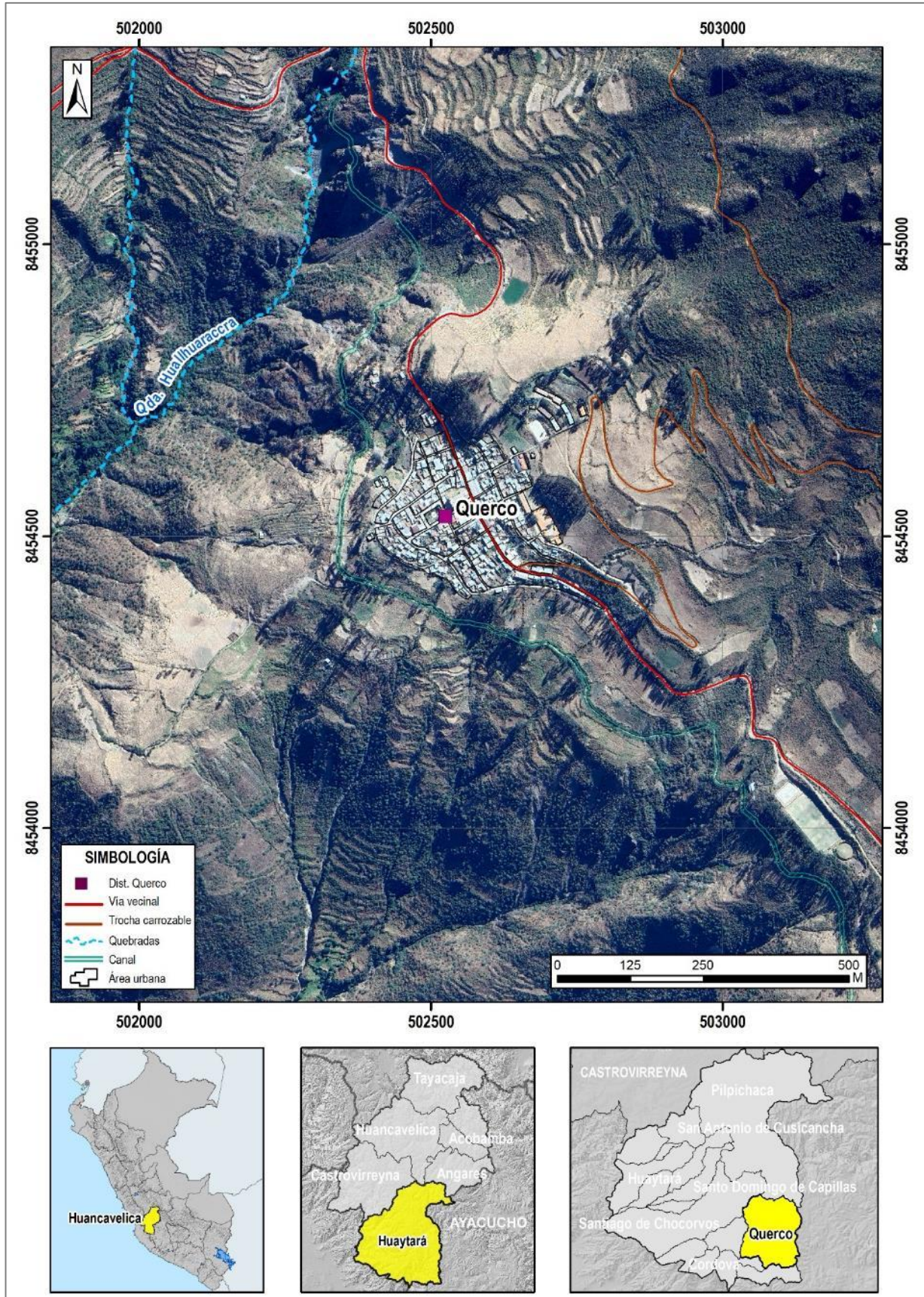


Figura 2: Ubicación de la localidad de “Querco”. Distrito Querco, provincia Huaytará, departamento Huancavelica.

1.3.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Querco presenta un clima semiseco, semifrío, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo enero 2019 – octubre 2023 fue de 8.9 mm, (figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a abril.

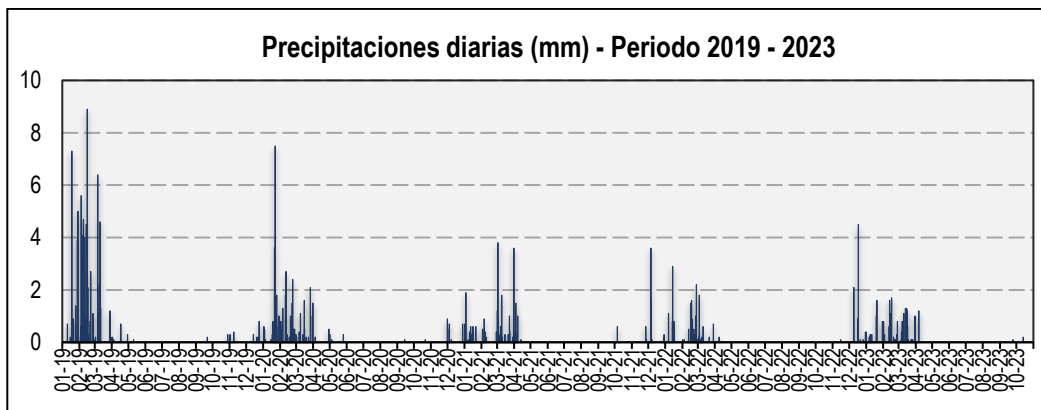


Figura 3. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2023. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9744650>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 33.0°C en verano y un mínimo de 11.0°C en invierno (figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 60.4% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

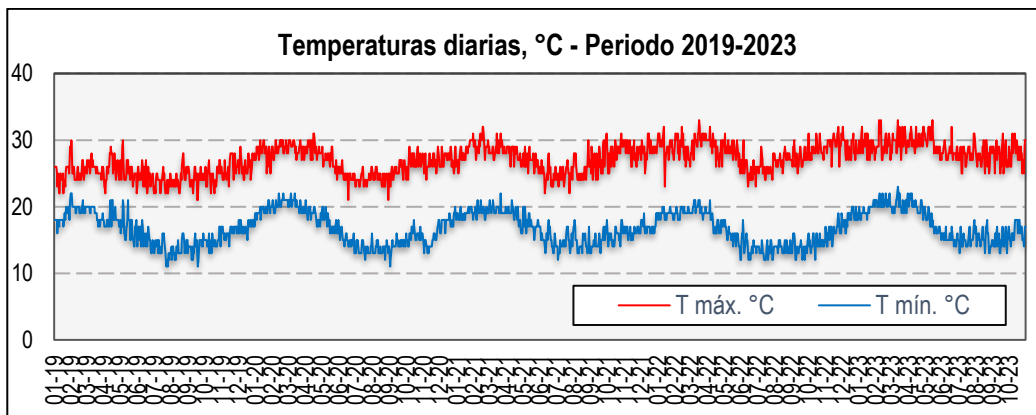


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2022. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9744650>.

1.3.5. Zonificación sísmica

Considerando los niveles de zonificación sísmica diferenciados en Perú (figura 5); el área de estudio se ubica en la Zona 4 (sismicidad Muy Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.45 g.

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

Tabla 3. Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

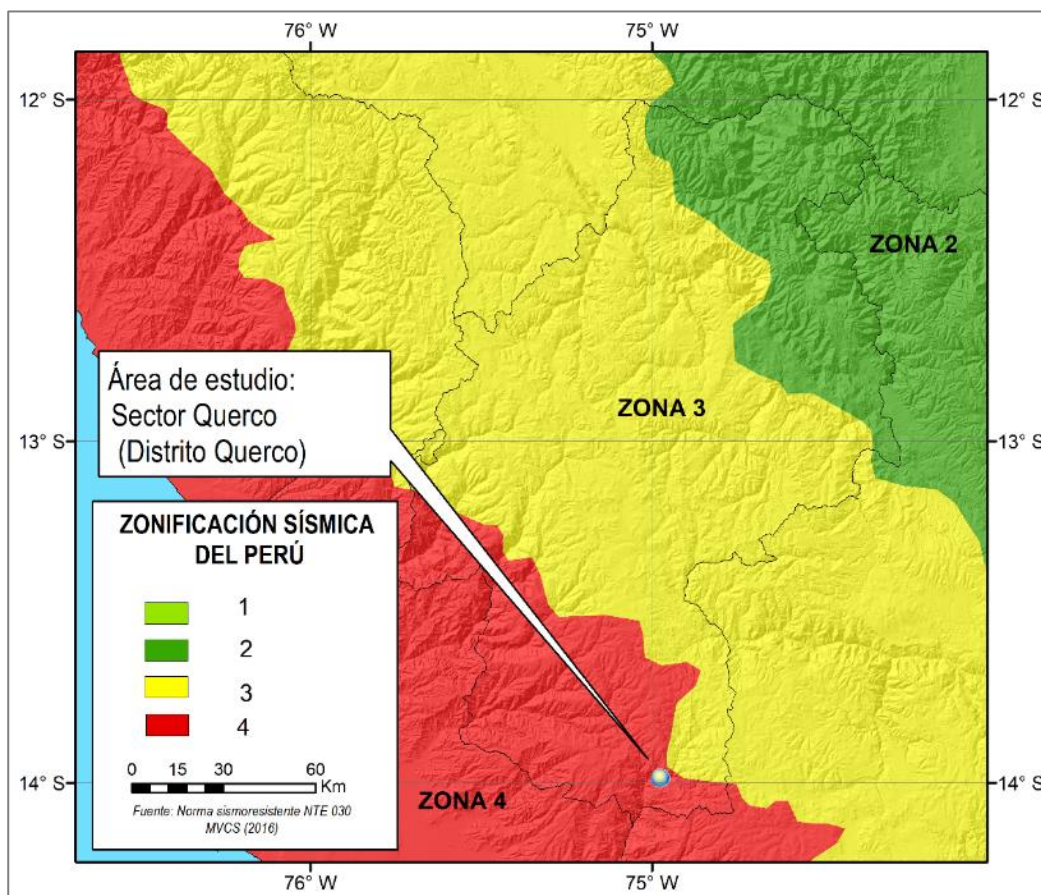


Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 MVCS, 2016.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones:

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.

ACUÍFERO: Es una formación natural o una estructura geológica, capaz de almacenar y transmitir agua con buena conductividad hidráulica, para suministrar una cantidad razonable de agua para un pozo o manantial. La conductividad hidráulica de un acuífero debe ser generalmente más que 10^{-6} m/s.

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

CÁRCAVA: Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

DERRUMBE: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

DESLIZAMIENTO: Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

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.

INACTIVO: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

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

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

MOVIMIENTO EN MASA: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

PELIGROS GEOLÓGICOS: Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

PERMEABILIDAD: La permeabilidad de una roca en particular está definida por su conductividad hidráulica (K), que es un parámetro específico, cuya importancia incide en relación del flujo de agua subterránea a través de un sistema acuífero, definiéndose como la capacidad de un medio poroso para transmitir agua (Driscoll, 1986).

POROSIDAD: Un medio poroso está formado por un agregado de granos entre los cuales existen espacios vacíos que pueden ser ocupados por un fluido; estos espacios vacíos se llaman poros.

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

SUSCEPTIBILIDAD: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

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

ZONA CRÍTICA: Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Paras (28-n-III), a escala 1: 50,000 (Atencio & Valencia, 2002); así como la referencia del Boletín N°49: "Geología del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras (Palacios, 1994); ambos publicados por Ingemmet.

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litológicas

Las unidades litológicas que afloran en el área de estudio son principalmente de origen volcánico-sedimentario de edad Cenozoica. Esta unidad se encuentra cubierta por depósitos recientes coluvio-deluvial, coluvial y proluvial, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, (anexo 1: Mapa 01).

2.1.1. Grupo Sacsaquero

Corresponde a una gruesa secuencia volcánico-sedimentaria, constituida por derrames andesíticos intercalados con sedimentos, piroclásticos, areniscas tobáceas, tobas soldadas y tobas redepositadas (Palacios, 1994)

De acuerdo a sus características litológicas, las rocas del Grupo Sacsaquero han sido subdivididas en tres facies o series (Palacios, 1994) de las cuales, una aflora en la zona evaluada:

Facie Inferior (P-sa i): Litológicamente está constituido por una gruesa secuencia masiva de tobas líticas y piroclásticas con areniscas tobáceas retrabajadas intercalado con limoarcillitas en estratos medianos (fotografía 1). Sus fragmentos líticos soportados en una matriz de grano medio hacen que esta formación tenga un comportamiento permeable. A estas características intrínsecas se le suma la gran red de fracturamiento regional, lo cual genera propiedades hidráulicas de doble porosidad.

En este sentido, estas propiedades confieren a las rocas del Grupo Sacsaquero como un acuífero permeable de modera a alta productividad (Peña et al, 2010), aspecto

que condiciona la existencia de bofedales o surgencias de agua identificados en el poblado de Querco y alrededores.



Fotografía 1. Vista con dirección al noreste del cerro Sullcash, donde se puede observar afloramientos de origen volcánico-sedimentaria constituidos por tobas piroclásticas intercaladas con sedimentos de limoarcillitas del Grupo Sacsaquero (facie inferior). Las características intrínsecas de las rocas y su grado de fracturamiento, le confieren propiedades de un acuífero permeable de modera a alta productividad.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd):

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Se localizan en forma caótica al pie de laderas por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.02 a 0.20 m envueltos en una matriz areno-arcilloso, medianamente consolidados (figura 6).

b. Depósito coluvial (Q-cl):

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos, heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, en forma de conos o canchales. Los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de matriz, son sueltos sin cohesión. Conforman taludes de reposo poco estables; se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados; generalmente corresponde a depósitos de derrumbes, caídas de rocas y deslizamientos.

c. Depósito proluvial (Q-pl):

Los depósitos proluviales se originan a partir de los materiales dejados por flujos, la existencia de material detrítico suelto acumulado en la ladera y en el cauce de la quebrada, la presencia de bofedales y cuando ocurren precipitaciones pluviales

intensas se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por el cauce de las quebradas.

Están compuestos por fragmentos líticos angulosos a subangulosos con tamaños variables, envueltos en matriz areno limoso-arcilloso, permeables y medianamente consolidados.



Figura 6. A. Vista de depósitos coluvio-deluvial (Q-cd), formando por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos, heterométricos, medianamente consolidados. B. Detalle de los fragmentos líticos con diámetros visibles entre 0.02 a 0.20 m envueltos en una matriz areno-arcilloso.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el anexo 1: Mapa 02, se presenta el mapa de pendientes elaborado en base a información del modelo de elevación digital (DEM) de 0.15 m de resolución obtenido de sobrevuelos de dron, realizados en el mes de octubre del 2023.

De acuerdo a este mapa, la zona de evaluación se localiza en laderas de montañas cuyos rangos de pendientes van desde muy fuerte (25° a 45°) a muy escarpado ($>45^\circ$). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre (figura 7).



Figura 7. Vista de la inclinación de las laderas colindantes al poblado de Querco (margen izquierdo de la quebrada Huallhuaracca), mostrando pendiente muy fuerte a muy escarpadas (25° a $>45^\circ$).

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (Anexo 1: Mapa 03), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1:250 000 (Vílchez *et al.*, 2019).

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geoformas:

A) Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual, (Villota, 2005).

4.2.1. Subunidad de montañas en rocas volcanosedimentaria (M-rvs):

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas de tipo volcánico-sedimentaria. Estas montañas se hallan expuestas en ambas vertientes del río Grande, cuyas laderas presentan pendientes fuertes a muy fuerte (15° a 45°), incluso llega a tener paredes semiverticales con pendientes mayor a 45° .

El patrón de drenaje es paralelo a subdendrítico, con valles profundos en forma de V. Por la configuración geomorfológica de estas, se les considera susceptibles a caídas de rocas, derrumbes, avalancha de rocas, deslizamientos y erosión de laderas (fotografía 2).



Fotografía 2. Vista de la subunidad de montaña modelada en rocas volcanosedimentaria. Sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de caídas de rocas, derrumbes, avalancha de rocas, deslizamientos y erosión de laderas.

B) Unidad de Vertiente

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

4.2.2. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas, resultantes de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como derrumbes y deslizamientos.

Están compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas metamórficas dioríticos, heterométricos. Estas geformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de montañas, con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado (25° - $>45^{\circ}$) y fáciles de remover.

4.2.3. Subunidad de vertiente coluvial (V-c):

Corresponde a las geoformas originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales y/o prolongadas o actividad sísmica.

Esta subunidad corresponde a la combinación de geoformas formadas por la acumulación de depósitos de movimientos en masa (prehistóricos, antiguos y recientes) y acumulaciones de material movilizado por la escorrentía superficial que se acumulan lentamente.

4.2.4. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Estas geoformas se observaron cómo cuerpos de deslizamientos antiguos y recientes depositadas en las laderas superiores, donde las pendientes van de fuerte a muy fuerte (15°- 45°).

4.2.5. Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral)

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de los sistemas montañosos, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales y de carácter excepcional, en ocasiones a manera de flujos de detritos (figura 8).

Se depositan en la desembocadura de las quebradas y están asociadas a lluvias excepcionales. El material que los constituye es heterométrico, subangulosos a subredondeados, permeables y medianamente consolidados. Actualmente son áreas ocupadas por terrenos de cultivo.

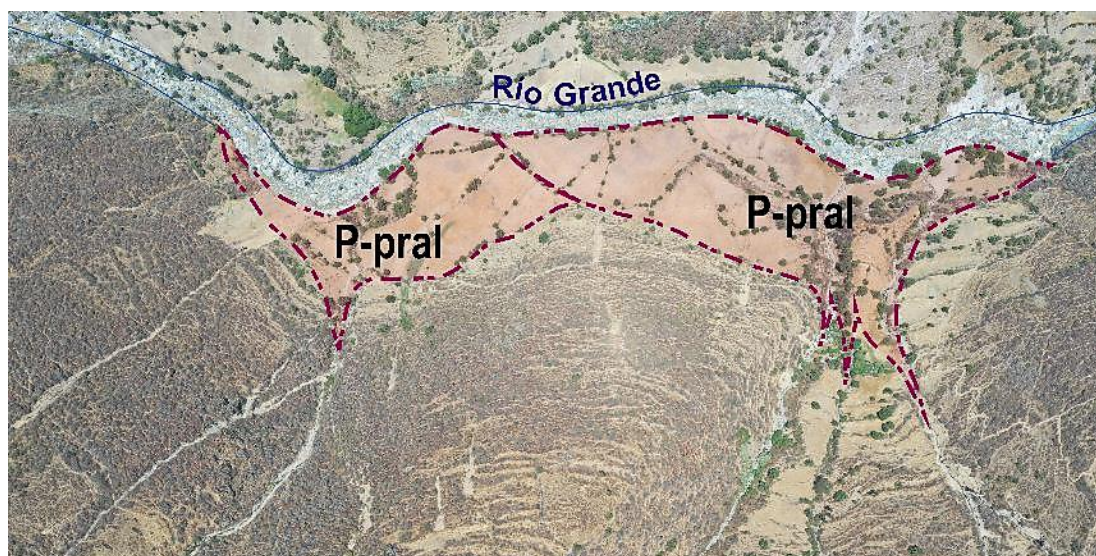


Figura 8. Vista de la subunidad de piedemonte proluvial o aluvio torrencial (P-pral), ubicado aguas abajo del poblado de Querco, depositado a manera de flujos de detritos antiguos.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el poblado de Querco y alrededores corresponden a los peligros geológicos de movimientos en masa, subtipo deslizamientos, avalancha de detritos, derrumbes y erosión en cárcava.

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.05 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Cabe precisar, que (Vílchez *et al.*, 2019); en su mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, categoriza y cataloga terrenos de alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, sobre los cuales se asienta la comunidad de Querco.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

De acuerdo a los trabajos de campo y a las evidencias geomorfológicas que presenta el área de estudio, se interpreta que el terreno sobre el cual se asienta el poblado de Querco, está conformado por dos eventos de considerable magnitud: i) El primero corresponde a un deslizamiento rotacional antiguo con un escarpe principal erosionado, varias reactivaciones a lo largo del tiempo y en cuyo depósito actualmente se asienta la población y a su vez se viene desarrollado actividades de cultivo; ii) el segundo, corresponde a varios procesos de avalancha de detritos, dispuestos sobre el deslizamiento antiguo y producto de reactivaciones del mismo evento posterior a este; (ver anexo 1: Mapa 4).

5.1.1. Deslizamientos

La topografía irregular y cóncava que presenta la ladera sur del Cerro Sullcash (ubicado al noreste de la comunidad de Querco) permitió identificar la cabecera de un antiguo deslizamiento (actualmente erosionado), con una corona de longitud 800 m aproximadamente.

La geometría de la corona del movimiento antiguo tiene forma semicircular y elongada, abierta hacia sus dos extremos. La masa deslizada empieza con un ancho promedio de 600 m, y una longitud de 800 m aproximadamente; la cual se movilizó sobre una superficie de falla aparentemente rotacional, cuyo vector de desplazamiento presenta una dirección preferente al suroeste (en dirección hacia el poblado de Querco). El escarpe principal se muestra de forma regular y discontinua, saltos verticales no visibles y pendientes del terreno entre 35° a 55° (figura 9).

Este deslizamiento presenta en la actualidad múltiples reactivaciones en su cuerpo, a manera de escarpes recientes (figura 10 y 11), grietas tensionales en el terreno (figura 12), desniveles (figura 13) y arboles inclinados (figura 14); condicionados principalmente por la sobresaturación del suelo (presencia de aguas superficiales y subterráneas), la fuerte pendiente del terreno (30°- 45°) y factores antrópicos (manejo inadecuado del agua de escorrentía y el mal sistema de riego).



Figura 9. Vista panorámica de escarpes de deslizamientos antiguos (actualmente erosionados), sobre el cual se emplazó el poblado de Querco. Las líneas entrecortadas amarillas delimitan dicho deslizamiento y las líneas continuas muestran las reactivaciones recientes.



Figura 10. Vista de escarpes recientes. Las flechas color amarillo demarcan las reactivaciones del deslizamiento antiguo, ubicadas muy cerca (≈ 30 m) de las viviendas del poblado de Querco. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502692; N: 8454658 (tomada el 2023)



Figura 11. Vista de dos escarpes recientes Las flechas color amarillo demarcan las reactivaciones del deslizamiento antiguo (escarpes recientes), ubicadas muy cerca (≈ 25 m) de la posta de salud del poblado de Querco, el cual es protegida por un muro de contención de 4 m de ancho y 57 m de largo. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502723; N: 8454529 (tomada el 2023).



Figura 12. Grietas tensionales en el terreno de hasta 3.0 m de longitud, 3.0 cm de ancho y 5.0 cm de profundidad visible. Podría afectar viviendas ubicadas a solo 5 m por debajo de esta. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502702; N: 8454482.



Figura 13. Desniveles en el terreno entre 0.60 m a 1.0 m, con un vector de movimiento hacia el suroeste. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502612; N: 8454730.



Figura 14. Árboles de eucalipto inclinados a favor del movimiento (suroeste – oeste-suroeste). Estas evidencias visuales nos indica reactivaciones del deslizamiento antiguo. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 562585; N: 8454691.

El 18 de marzo, producto del último evento meteorológico (ciclón Yaku) y la filtración de aguas superficiales y subterráneas en el poblado de Querco, los deslizamientos y derrumbes ocasionaron la destrucción de 9 viviendas y la afectación de 16 viviendas y 2 instituciones educativas.

Características visuales

El principal deslizamiento identificado al norte del centro poblado de Querco, en general tienen las siguientes características:

- Ancho de escarpa: 800 m.
- Longitud de la escarpa: 950 m
- Forma de la escarpa principal: regular y discontinua.
- Salto principal: no se observa.
- Saltos secundarios: no presenta.
- Velocidad del movimiento: muy lento.
- Presencia múltiples escarpas antiguas y reactivadas de forma regular y continua con longitudes entre 50 a 480 m; los saltos de las escarpas principales tienen aproximadamente entre 2 a 5 m de longitud.
- Grietas longitudinales: 3 m de longitud, 3 cm de ancho y 5 cm de profundidad.
- Edad estimada del evento: Antiguo
- Actividad del movimiento
 - Edad: Antiguo
 - Estilo: Único
 - Distribución: Confinado (se presenta una escarpa, pero no tiene una superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada)
- Área aproximada: 70 ha.

El terreno inestable al estar saturado de agua, y tener una cierta pendiente, ante lluvias intensas o presencia de sismo, la masa inestable va ceder cuesta abajo en forma de deslizamiento o en forma de derrumbe, para este último evento la pendiente del terreno debe ser mayor de 35°.

5.1.2. Flujo “Avalancha de detritos”

En cuanto a los depósitos de avalancha de detritos, estos fueron identificados a una altitud de 3380 m, dispuestos sobre la ladera noreste del cerro Sullcash; los cuales se desplazan y llegan hasta los 2780 m. Dicho depósito presenta las siguientes dimensiones: longitud de 430 m, ancho promedio de 360 m y recorrido total en alrededor de 1,2 Km en dirección a la quebrada Huallhuaraccra.

Este proceso se originó sobre substratos de tobas líticas y piroclásticas con areniscas tobáceas retrabajadas intercalado con sedimentos de limoarcillitas del Grupo Sacsaquero.

El depósito se conforma de fragmentos de rocas angulosos que varían de 0.5 hasta 1.5 m, dispuestos en la ladera de forma caótica.

5.2. Daños registrados en el poblado de Querco

El poblado de Querco muestra numerosos daños en su infraestructura urbana y sanitaria, como viviendas, centros educativos, calles, red de desagüe, etc. Estos daños se vienen generando por el movimiento lento y continuo del terreno.

El proceso se ha incrementado, evidenciándose una mayor cantidad de agrietamientos en todo el pueblo, que vienen afectando viviendas, dejándolas inhabitables y en algunos casos colapsadas (fotografías 3 y 4); también ha sido afectado la infraestructura educativa, vías, etc.

En la figura 15 y en la tabla 4 se muestra la ubicación y el registro de daños ocasionados a viviendas e infraestructuras como escuelas (figura 16). Así mismo algunos ejemplos se muestran en las fotografías mostradas a continuación.

Tabla 4. Registro de daños en el poblado de Querco.

N°	COORDENADAS UTM			Ocurrencia
	Norte	Este	Cota	
1	8454619	502643	502643	Institución Educativa Inicial N° 356 "Querco" afectado
2	8454582	502667	502667	Vivienda destruida
3	8454482	502701	502701	Vivienda afectada
4	8454463	502712	2856	Vivienda destruida
5	8454497	502657	2890	Vivienda afectada
6	8454511	502635	2893	Vivienda destruida
7	8454558	502655	2919	Escuela Primaria N° 22159 Afectada
8	8454580	502627	2923	Vivienda destruida
9	8454589	502621	2923	Vivienda destruida
10	8454615	502574	2919	Vivienda afectada
11	8454707	502519	2918	Vivienda afectada
12	8454637	502533	2915	Vivienda destruida
13	8454464	502621	2911	Vivienda afectada
14	8454503	502548	2908	Vivienda destruida
15	8454594	502525	2905	Vivienda destruida
16	8454470	502523	2899	Vivienda destruida

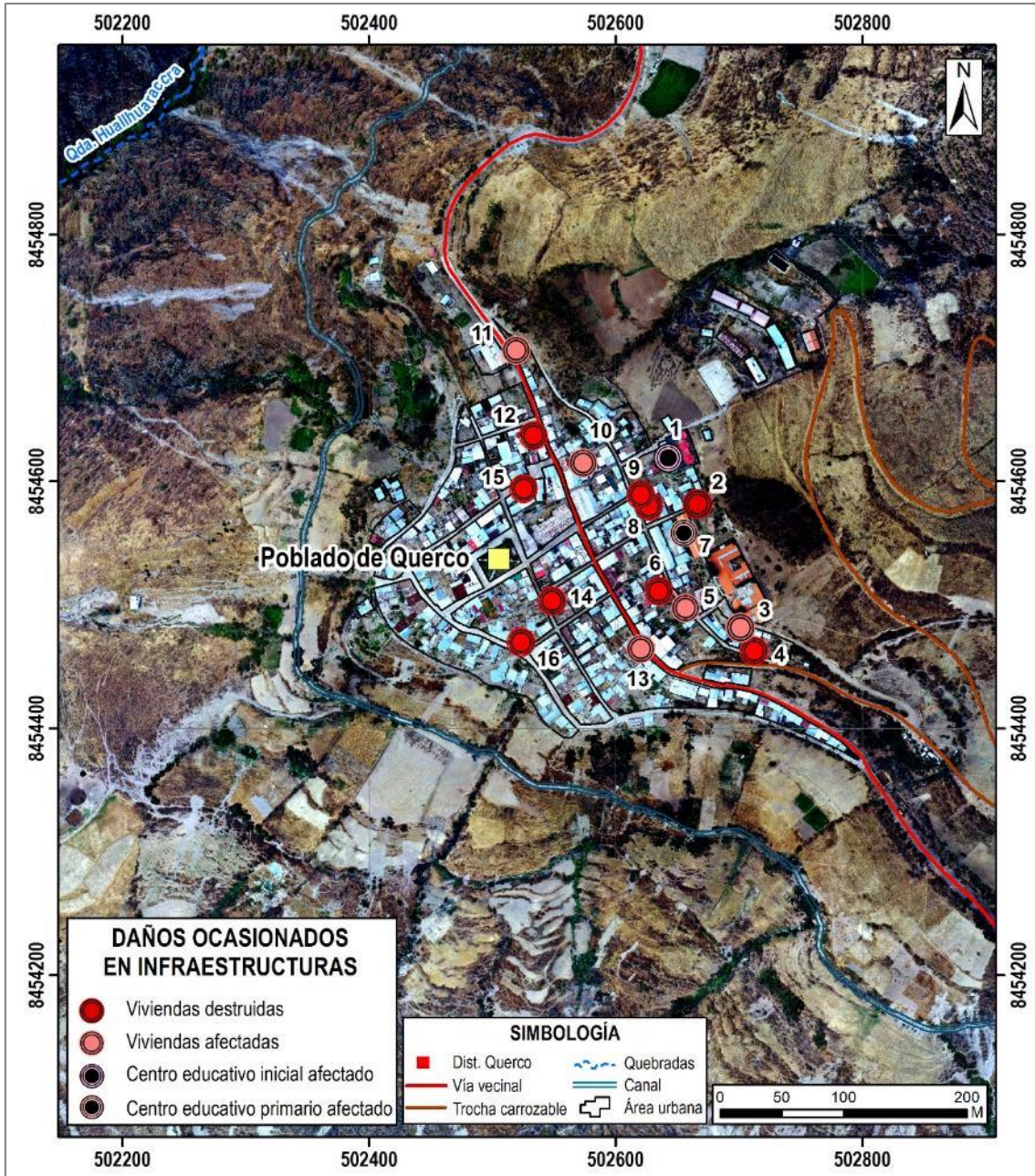


Figura 15: Mapa de localización de viviendas e infraestructura dañada y afectada en la comunidad de Querco.



Fotografía 3. Vista de vivienda de adobe colapsada producto de la reactivación de deslizamiento y surgencias de agua subterráneas. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502550; N: 8454504.



Fotografía 4. Vista de vivienda de adobe colapsada, ubicada entre el pasaje Petit Thours con calle Los Suspiros. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502523; N: 8454468.



Figura 16: Afectación de la escuela primaria Querco N°22159, con grietas en las paredes y puertas. Además, se registró la inclinación de la pared en 3° hacia el SW y se observa la separación del muro del medidor en 9.0 cm de la pared.

5.3. Factores de inestabilidad de laderas

5.3.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Características litológicas del área de estudio, conformado por rocas volcánico-sedimentaria, compuestas por una gruesa secuencia masiva de tobas líticas y piroclásticas con areniscas tobáceas retrabajadas intercalado con sedimentos de limoarcillitas en estratos medio.
- Condiciones hidrogeológicas de las rocas, cuyas características litológicas (fragmentos líticos soportados en una matriz de de grano medio) hacen que tengan un comportamiento de un acuífero permeable de modera a alta productividad, lo que condiciona los bofedales o surgencias de agua identificados en el poblado de Querco y alrededores cercanos
- Depósitos inconsolidados de tipo coluvial y coluvio-deluvial compuestos por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.02 a 0.20 m envueltos en una matriz areno-arcilloso, medianamente consolidados.

Factor geomorfológico

- Configuración geomorfológica de la zona de estudio (montañas modeladas en rocas volcanosedimentaria y vertientes coluviales, coluvio-deluvial y depósito de deslizamiento.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° y 45°, incluso llegando a tener paredes semiverticales mayores a 45°. Lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

5.3.2. Factores detonantes o desencadenantes

PRECIPITACIONES: Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales y/o extraordinario, relacionadas principalmente al fenómeno de “El Niño”. Permite la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.

AGUAS SUBTERRÁNEAS: Las aguas subterráneas se evidencian en forma de manantes o surgencias de agua. Otras fuentes discurren por el terreno, infiltrándose aguas abajo por la ladera. El efecto del agua subterránea, condicionado por las precipitaciones pluviales se combina desfavorablemente con las propiedades físicas y mecánicas de los materiales cuaternarios (de naturaleza poco consolidada), facilitando los empujes hidrostáticos que desestabilizan constantemente la ladera la ladera sur del Cerro Sullcash

SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 4 que corresponde a sismicidad Muy Alta. De generarse un sismo, el deslizamiento es muy probable que se reactive. Al tener los elementos necesarios, como es masa inestable con aumento de su peso y pendiente del terreno.

5.3.3. Factores antrópicos

- Canales de riego sin revestimiento, por donde discurre el agua permanentemente.
- Uso inadecuado de agua de riego. El riego por inundación de terrenos de cultivo, contribuye enormemente en la activación y/o reactivación de deslizamientos.

6. OTRAS EVIDENCIAS ENCONTRADAS

6.1. Surgencias de agua

Un factor muy importante de destacar son las surgencias de agua o manantes inventariados en campo (tabla 5), la mayoría de ellos (figuras 17, 18, 19), son producto de filtraciones que emanan por algunas viviendas y laderas colindantes al poblado de Querco, que; según reportan los pobladores, el 2023, a consecuencia del ciclón Yaku, incrementó su ocurrencia; sin embargo, según mencionan, es un fenómeno que año tras año se daba, pero de menor magnitud.

Tabla 5. Ocurrencias de surgencias de agua registradas en campo.

N°	COORDENADAS UTM			Ocurrencia
	Norte	Este	Cota	
SA 1	8454793	502737	2996	Captación de agua
SA 2	8454619	502643	2935	Surgencia de agua
SA 3	8454582	502667	2940	Surgencia de agua
SA 4	8454422	502839	2937	Surgencia de agua
SA 5	8454463	502712	2856	Surgencia de agua
SA 6	8454577	502572	2638	Surgencia de agua
SA 7	8454503	502548	2640	Surgencia de agua
SA 8	8454703	502452	2642	Surgencia de agua
SA 9	8454610	502453	2643	Surgencia de agua

Por otro lado, mencionar que las filtraciones de agua también tienen un origen antrópico; así por ejemplo se tiene el punto SA 1 que corresponde a una captación de agua (reservorio de agua) utilizado para uso agrícola, el cual se pudo observar que parte del agua discurre por la ladera, llegando a infiltrarse pendiente abajo sobre el terreno (figura 20).

De igual forma, el tipo de riego por inundación, así como las labores agrícolas, algunas incluso ubicadas muy cerca de las viviendas o infraestructuras como escuelas o postas (figura 21); que remueven la delgada capa de suelo; facilitan el ingreso de las aguas de precipitación pluvial y riego hacia el substrato, que debilita y aumenta el peso de la roca.

Por último, se tiene el manejo inadecuado del agua de escorrentía, como canales sin revestimiento (fotografía 6) y aguas drenadas hacia las laderas, como se observa en algunas viviendas las cuales direccionan sus desagües hacia el suelo, lo que genera mayor erosión e inestabilidad en el terreno por saturación del suelo.

Estas condiciones actuales estarían incrementando la inestabilidad de la ladera, por sobresaturación del suelo, con altas probabilidades de reactivaciones de considerable magnitud.



Figura 17. Vista de escarpe reciente, señalada con flechas color amarillo que demarcan las reactivaciones del deslizamiento antiguo (escarpes recientes) y en flechas azules, la surgencia de agua SA 4 que aparecieron entre enero y junio (actualmente seco). Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502839; N: 8454422.



Figura 18. Vivienda de adobe destruida producto de la reactivación del deslizamiento señalada con flechas color amarillo y en flechas azules, la surgencia de agua SA 5 que en temporada de lluvias discurre por debajo de las viviendas (actualmente seco). Las paredes de las viviendas alrededor del escarpe se muestran agrietadas con longitudes de hasta 3.0 m en. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502712; N: 8454463.



Figura 19. Vista del local comunal, el cual muestra las filtraciones de agua que salen de sus paredes, el cual según indican los pobladores, esta se habría incrementado este año a raíz de las fuertes precipitaciones. Corresponde a la surgencia de agua SA 6. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502572; N: 8454577.



Fotografía 5. Vista de la surgencia de agua subterránea SA 9 desde hace más de 50 años, el cual forma un pequeño bofedal perenne en el tiempo. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502453; N: 8454610.



Figura 20. Vista de una captación de agua (reservorio de agua), el cual se pudo observar que parte del agua discurre por la ladera (flechas entrecortadas azules), llegando a infiltrarse pendiente abajo sobre el terreno (distinguido por el terreno húmedo) en dirección hacia las calles principales. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502737; N: 8454793.



Figura 21. Vista de zonas de cultivo de alfalfa (líneas entrecortadas amarillas) ubicadas muy cerca de la institución educativa San Francisco. Esta acción, satura e inestabiliza los terrenos adyacentes. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502753; N: 8454747.



Fotografía 6. Canal de riego sin revestimiento que satura el terreno constantemente, lo que conlleva a la pérdida de la cohesión del terreno y dando lugar a la ocurrencia de movimientos en masa. Coordenadas referenciales UTM WGS-84, 18S: E: 502658; N: 8454761.

6.2. Índice Topográfico de Humedad

Para fines ilustrativos y a fin de poder mostrar mejor la ubicación en el área de evaluación de los puntos inventariados como surgencias de agua, se elaboró un mapa del índice topográfico de humedad (TWI), el cual permite identificar los lugares potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de aguas de escorrentía superficial (figura 22).

La obtención de este indicador fue realizada mediante una secuencia de análisis de modelos digitales de terreno (MDT) de alta resolución y precisión (obtenido de la fotogrametría del dron) y procesados en SAGA GIS.

Es así, que en el área de estudio se observa una importante cantidad de drenajes, que discurren ladera abajo en temporada de lluvias intensas; y que justamente los puntos inventarios coinciden con los niveles altos. Esto sugiere que, en incrementos de precipitaciones pluviales, la posibilidad de un incremento de la inestabilidad y producirse nuevos desprendimientos es alta. Se debe realizar obras de drenajes y/o sellado de grietas para evitar que la infiltración genere la reactivación de deslizamientos en la zona.

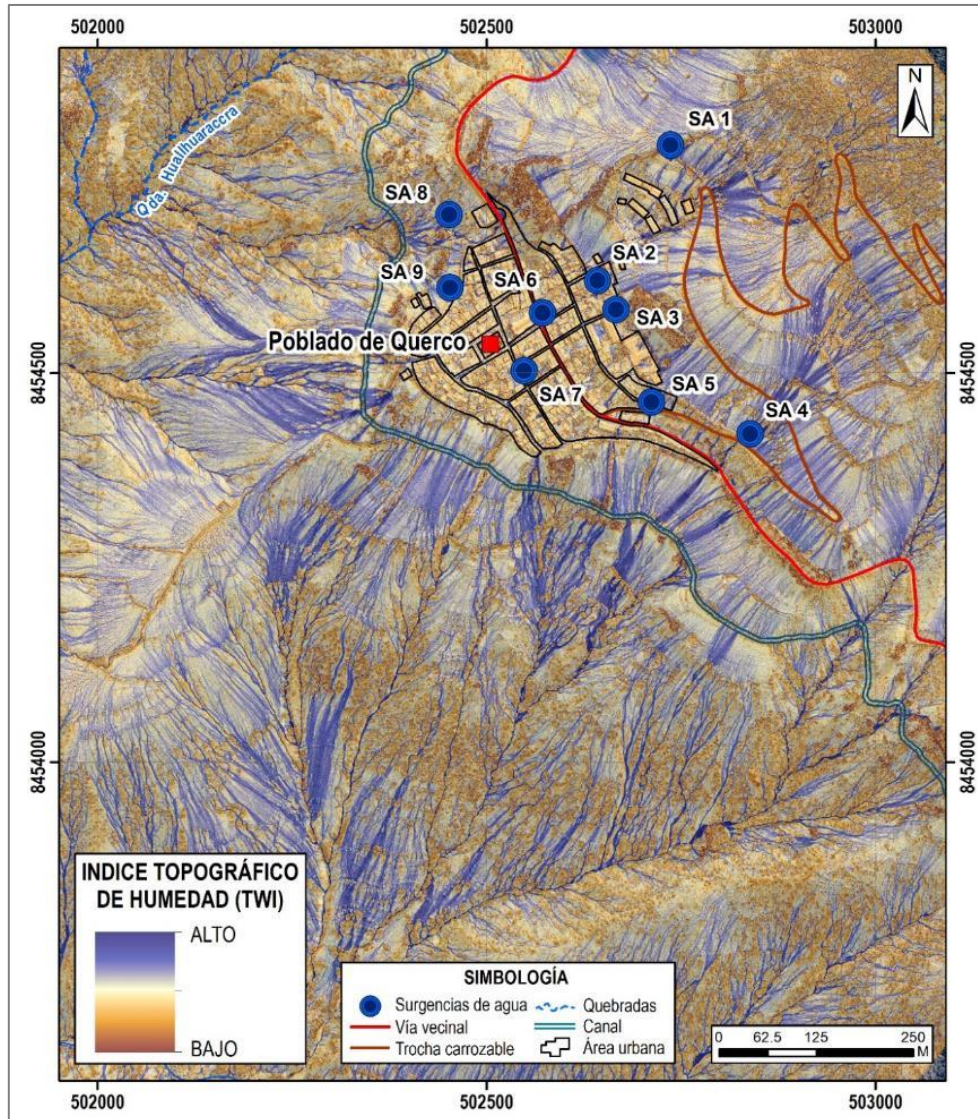


Figura 22: Mapa de la acumulación de agua (TWI) del poblado de Querco y alrededores.

7. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica y geodinámica de la zona de estudio, así como a los trabajos de evaluación de peligros geológicos realizado en campo, se emiten las siguientes conclusiones:

- 1) El terreno sobre el cual se asienta la comunidad de Querco, está conformado por depósitos de remoción de deslizamientos y avalancha de detritos; los cuales presentan reactivaciones y agrietamientos en el área de influencia de los mismos, como los registrados en el 2017 y el último registro del 18 de marzo del 2023, producto del ciclón Yaku y la filtración de aguas superficiales y subterráneas.
- 2) Los eventos antes mencionados, en especial por la reactivación del deslizamiento antiguo, han generado la destrucción de nueve viviendas y la afectación de otras 16; además la afectación de dos colegios (I.E.I. N° 356 y Escuela Primaria N° 22159).
- 3) Se registró varias surgencias de agua, la mayoría de ellas, producto de filtraciones que emanan por algunas viviendas y laderas colindantes al poblado. Esta característica evidencia que el nivel freático es muy superficial, incrementando la inestabilidad de la ladera con altas probabilidades de reactivaciones.
- 4) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por los siguientes factores:
 - Substrato rocoso compuesto por una gruesa secuencia masiva de tobas líticas y piroclásticas con areniscas tobáceas retrabajadas intercalada con limoarcillitas del Grupo Sacsaquero (Facies Inferior); cuyos fragmentos de roca se encuentran soportados en una matriz de grano medio, que hacen, que esta formación tenga un comportamiento de un acuífero permeable de modera a alta productividad.
 - Suelos inconsolidados (depósitos coluviales y coluvio-deluviales), adosados a las laderas de las montañas producto de la meteorización de rocas volcánico-sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa antiguos y activos.
 - Montañas modeladas en rocas volcanosedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-45°); lo que permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo, por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.
- 5) Los factores desencadenantes son las intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales o extraordinarias, relacionadas principalmente al fenómeno de “El Niño”; así como del incremento de las filtraciones de agua y la saturación del terreno, condicionado por el riego de cultivos por inundación, que contribuye enormemente en la activación y/o reactivación de deslizamientos
- 6) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas descritas, la comunidad de Querco se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o excepcionales y/o extraordinario.

8. RECOMENDACIONES

En base a la evaluación de peligros geológicos realizado en el presente informe, se brindan las siguientes recomendaciones:

- 1) Reubicar las viviendas comprometidas por el deslizamiento activo, labor que debe realizar la Municipalidad Distrital de Querco. Estos trabajos deben ser realizados por un especialista, los cuales tiene que tomar en cuenta con una evaluación de peligros geológicos, geotécnica y estudios de suelos, para determinar su capacidad portante con fines de cimentación a futuro.
- 2) Implementar el revestimiento de los canales de riego, con concreto, mampostería, terrocemento, entre otros. De esta manera se controlará la infiltración y saturación del terreno. Estos trabajos deben ser realizados por un especialista.
- 3) Prohibir la construcción de nuevas viviendas y/o algún tipo de infraestructura sobre la corona y cuerpo del deslizamiento. No realizar cortes de talud.
- 4) No realizar prácticas agrícolas dentro de los terrenos afectados por el deslizamiento, ya que el riego de cultivos ayudaría a saturar el terreno y con ello contribuye con desestabilizar la ladera.
- 5) Construir zanjas de captación, para drenar las aguas hacia quebradas cercanas y así estabilizar la zona y evitar que el agua subterránea siga filtrando hacia sus viviendas y terrenos.
- 6) Prohibir el riego por inundación y aspersion prolongado en los terrenos de cultivo, alfalfa y pastizales, porque esta acción incrementa la saturación del terreno y por ende contribuye con la inestabilidad del terreno.
- 7) Implementar un sistema de monitoreo instrumental para estimar el desplazamiento de los deslizamientos identificados en el poblado de Querco.
- 8) Realizar estudios hidrogeológicos y geofísicos que ayuden a determinar el origen de las surgencias de agua registrados en el poblado de Querco.
- 9) Realizar la evaluación del riesgo (EVAR) de desastres por deslizamiento aplicando la normatividad vigente, con apoyo de especialista acreditado, para determinar las áreas de riesgo y ratificar o descartar las medidas de mitigación propuestas.
- 10) Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro al que se encuentran expuestos el poblado de Querco y alrededores.



MAURICIO ANTONIO NUÑEZ PEREDO
Ingeniero Geólogo
CIP N° 278509



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

9. BIBLIOGRAFÍA

Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1966) - Landslide types and process, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washinton D. C., National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.

Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8404119>.

Palacios, O. (1994) - Geología del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras: Hojas 28-m y 28-n. Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional n°49, 120 p., 2 mapas.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.

Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.

Peña, F., Sánchez, M. & Pari, W. (2010). Hidrogeología de la cuenca del río Ica. Regiones Ica y Huancavelica. Ingemmet, Boletín, Serie H: Hidrogeología, n° 3, 349p. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12544/370>.

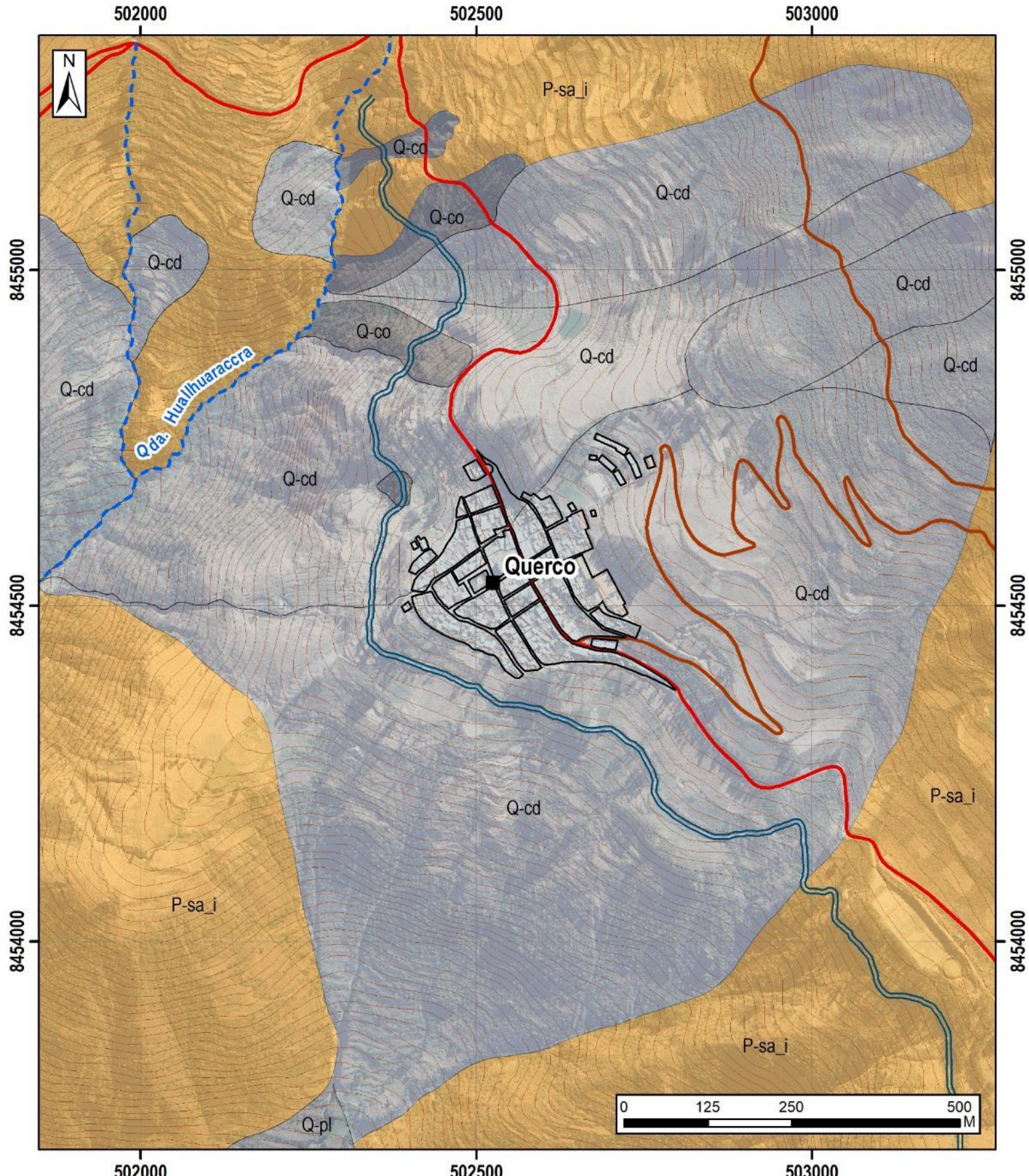
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Servicio Nacional de Meteorologica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>.

Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas.

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



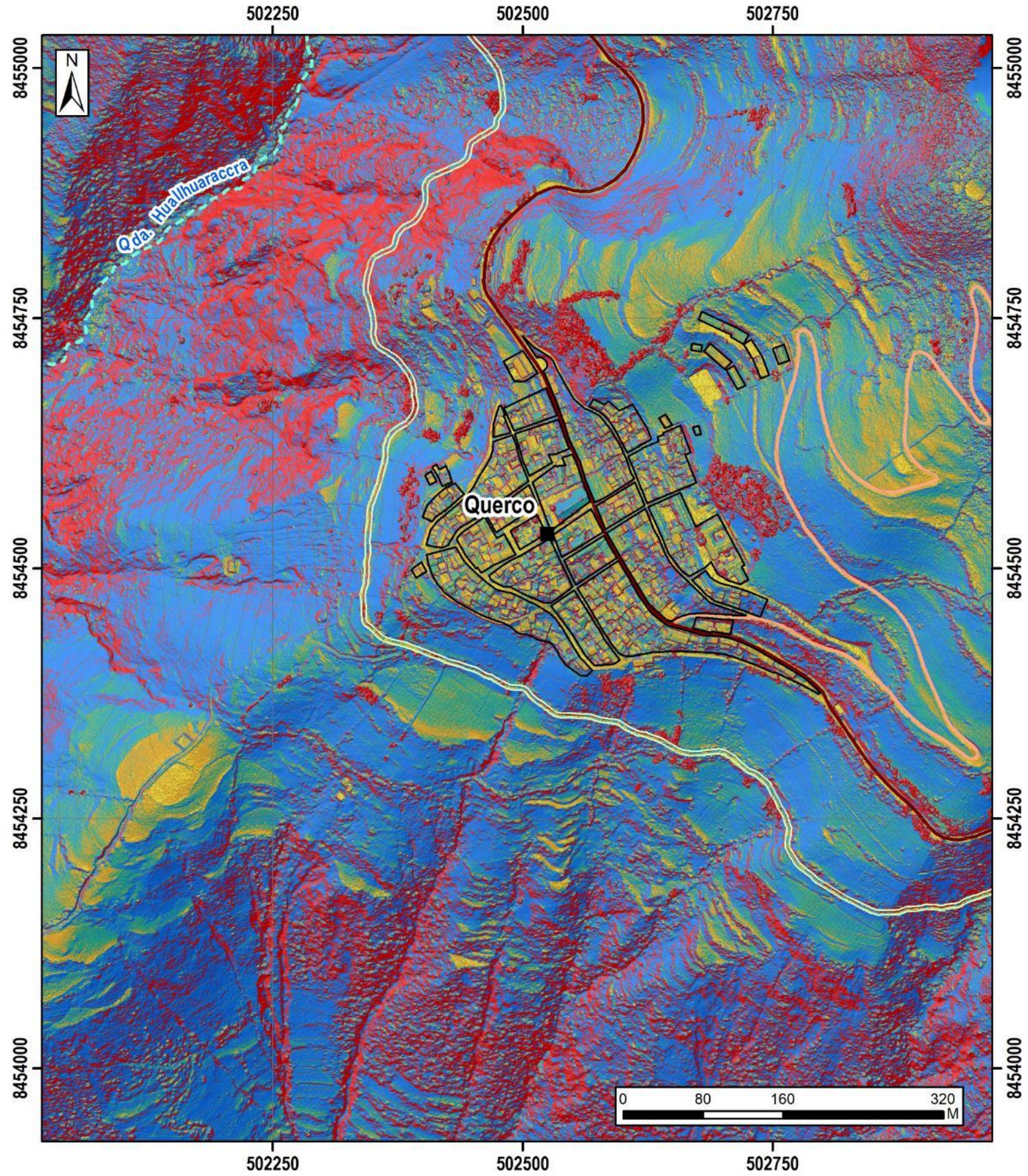
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Depósito coluvial Q-co
		Holoceno	Depósito coluvio-deluvial Q-cd
		Holoceno	Depósito proluvial Q-pl
PALEOGENO	EOCENA	Grupo Sacsaquero	P-sa_i

SIMBOLOGÍA

- Dist. Quercó
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- ~ Quebradas
- Canal
- ~ Curvas de nivel
- Área urbana


 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO: HUANCAMELICA
 PROVINCIA: HUAYTARÁ
 DISTRITO: QUERCÓ
GEOLOGICO

Escala: 1/7,500	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023	Impreso: Noviembre, 2023	



RANGO DE PENDIENTES	
0°-1°	Terreno llano
1°-5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5°-15°	Pendiente moderada
15°-25°	Pendiente fuerte
25°-45°	Pendiente muy fuerte a escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA	
■	Dist. Quерco
—	Vía vecinal
—	Trocha carrozable
~	Quebradas
—	Canal
—	Curvas de nivel
□	Área urbana

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO		
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO: HUANCVELICA PROVINCIA: HUAYTARÁ DISTRITO: QUERCO		
PENDIENTES DEL TERRENO		
Escala: 1/5,000	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023	Impreso: Noviembre, 2023	

502000

502500

503000



8455000

8455000

8454500

8454500

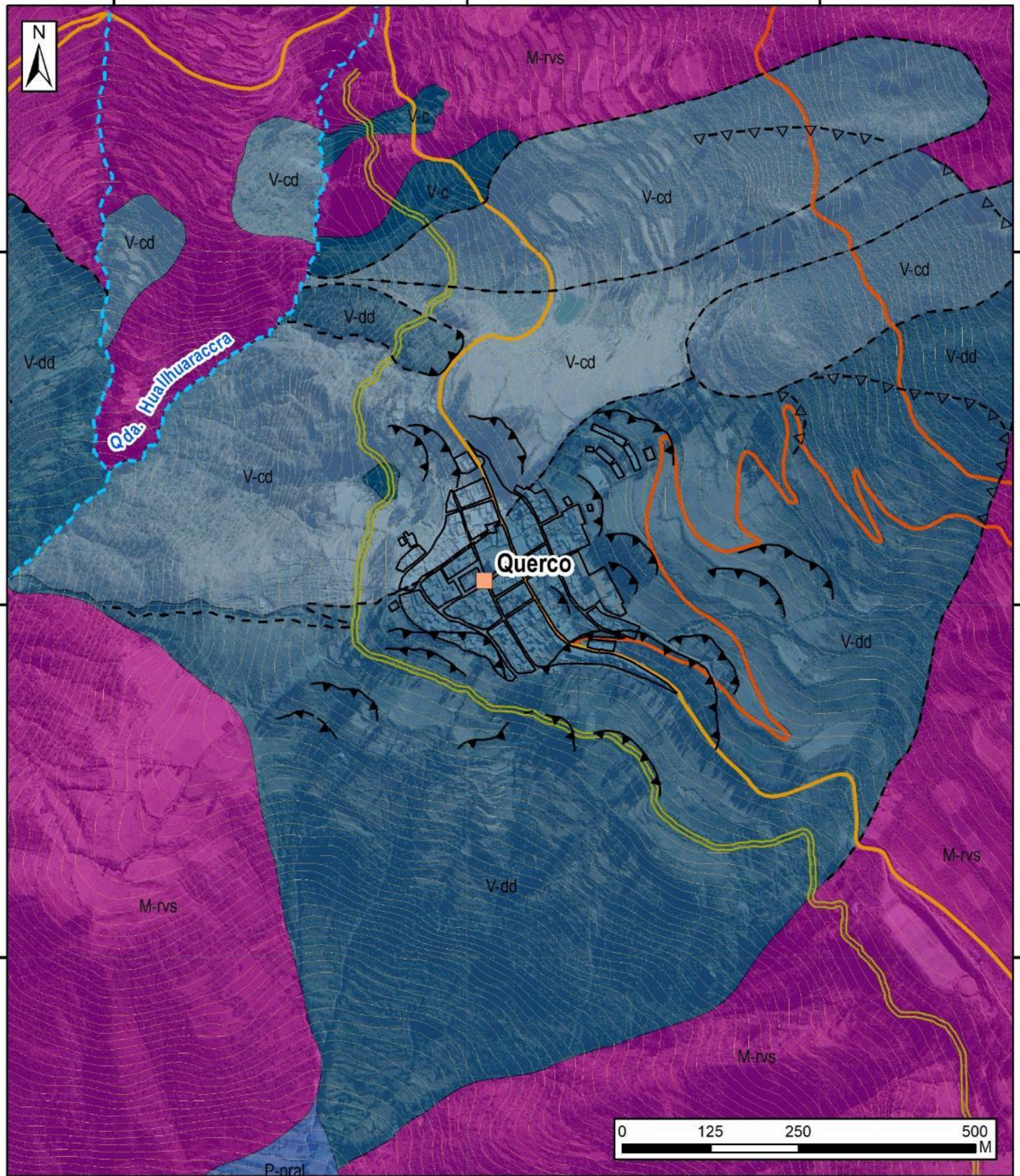
8454000

8454000

502000

502500

503000



UNIDAD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	
MONTAÑA	Montañaña en roca volcanosedimentaria	M-rvs
	Vertiente coluvial	V-c
VERTIENTE	Vertiente coluvio-deluvial	V-cd
	Vertiente con depósito de deslizamiento	V-dd
	Piedemonte proluvial o aluviotorrencial	P-pral

SIMBOLOGÍA	
	Dist. Quercó
	Escarpa de deslizamiento antiguo
	Escarpa de deslizamiento reciente
	Vía vecinal
	Trocha carrozable
	Quebradas
	Canal
	Curvas de nivel
	Área urbana

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: HUANCAMELICA
 PROVINCIA: HUAYTARÁ
 DISTRITO: QUERCÓ

GEOMORFOLÓGICO

Escala: 1/7,500	Elaborado por: Nuñez, M.	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	03
Versión digital 2023	Impreso: Noviembre, 2023	

502000

502500

503000

8455000

8455000

8454500

8454500

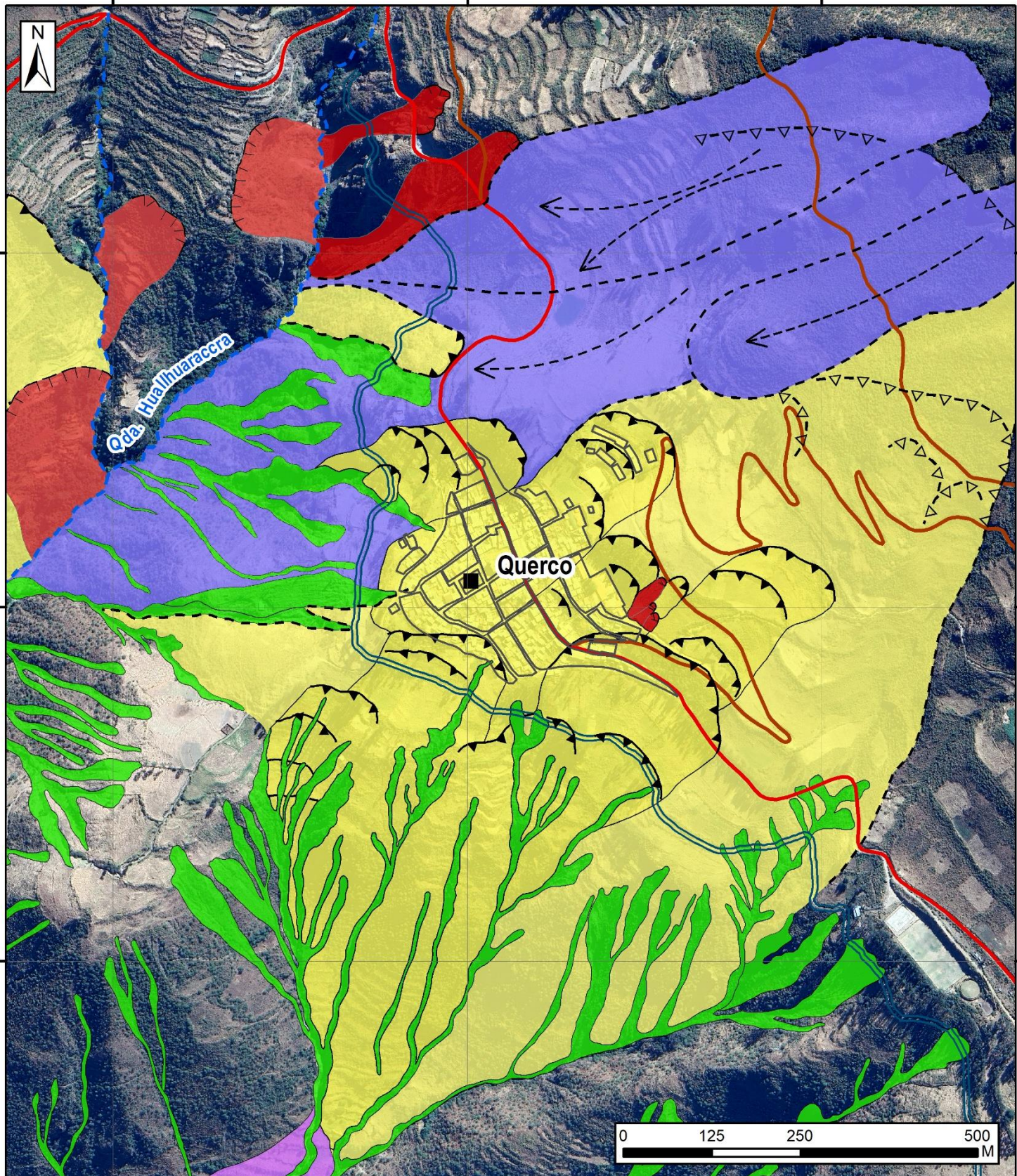
8454000

8454000

502000

502500

503000



LEYENDA	
	Derrumbe, Activo
	Derrumbe, Inactivo-latente
	Deslizamiento, Activo
	Deslizamiento, Inactivo-latente
	Avalancha de detritos, Inactivo-latente
	Flujo de detritos, Antiguo
	Erosión en cárcavas, Inactivo-latente

TRAMA	
	Escarpa de derrumbe antiguo
	Escarpa de derrumbe reciente
	Escarpa de deslizamiento antiguo
	Escarpa de deslizamiento activo

SIMBOLOGÍA			
	Dist. Quercó		Quebradas
	Vía vecinal		Canal
	Trocha carrozable		Área urbana

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO		
DEPARTAMENTO: HUANCAMELICA PROVINCIA: HUAYTARÁ DISTRITO: QUERCO		
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS		
Escala: 1/7,500 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2023	Elaborado por: Nuñez, M. Datum: WGS 84 Impreso: Noviembre, 2023	MAPA 04