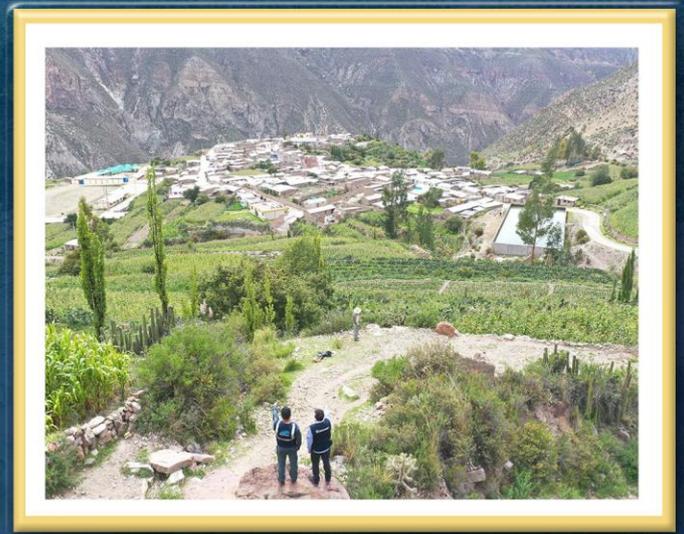


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7257

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ANEXO YALAGUA

Departamento Moquegua
Provincia General Sánchez Cerro
Distrito Ubinas



ABRIL
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ANEXO YALAGUA
Distrito Ubinas, Provincia General Sánchez Cerro, Departamento Moquegua

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

Equipo de investigación:

Yhon Hidelver Soncco Calsina

David Valdivia Humerez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en el anexo Yalagua. Distrito Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A7257, 36p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos del estudio	1
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	1
1.2.1. Ubicación.....	2
1.2.2. Accesibilidad	3
2. DEFINICIONES	4
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
3.1 Unidades litoestratigráficas	6
3.1.1 Grupo Maure (Nm/-ma sed).....	6
3.1.2 Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)	6
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
4.1 Pendientes del terreno	8
4.2 Unidades Geomorfológicas	8
4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	9
4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional	9
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
5.1 Movimientos en masa	9
5.1.1 Deslizamiento.....	10
5.1.2 Flujo de detritos (huaico).....	14
5.1.3 Zona de derrumbes y erosión fluvial.....	18
5.1.4 Erosión de laderas en cárcavas	19
5.2 Peligro volcánico del volcán Ubinas	19
5.3 Factores condicionantes	21
5.4 Factores desencadenantes	22
CONCLUSIONES	23
RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXO 1 MAPAS	28
ANEXO 2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	32

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en el anexo Yalagua, del distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área evaluada afloran rocas del Grupo Maure, compuesta por secuencias de lutitas grises, areniscas beige, calizas pardas, con una mayor proporción de areniscas verde claras de grano fino a grueso moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas; y finalmente niveles conglomerádicos, cementados por matriz arenosa. Asimismo, se tienen depósitos coluvio-deluviales no consolidados, constituidos por bloques y gravas, englobados en una matriz areno-arcillosa. Cos bloques y clastos heterogéneos y naturaleza volcánica.

Las subunidades geomorfológicas corresponden a: mesetas, colinas y lomadas de naturaleza volcánica; y vertiente o piedemonte coluvio-deluvial. La última unidad, presenta la mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en el anexo Yalagua.

Los peligros geológicos identificados corresponden a movimientos en masa (de tipo: deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos - huaicos); así como peligros volcánicos como caídas de ceniza. También, se observó procesos de erosión de ladera en cárcavas y erosión fluvial.

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de movimientos en masa son:

- a) Depósitos coluvio-deluvial no consolidados, de fácil remoción
- b) Pendientes de los terrenos, la cual varía desde inclinados suavemente (1° - 5°) a muy fuerte (25° - 45°) y escarpados ($> 45^{\circ}$).
- c) Rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

En base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el área evaluada se considera de **Peligro Moderado a Alto por movimientos en masa**. En el área podrían ocurrir deslizamientos y flujo de detritos (huaico) en temporadas de lluvias, estos podrían afectar terrenos agrícolas e infraestructuras que se encuentran en los cauces de las quebradas; además, en el sector se generan derrumbes por la erosión fluvial.

De acuerdo con la zonificación de **peligros volcánicos** por caída de ceniza del volcán Ubinas, para una erupción de magnitud baja a moderada (IEV 1 a 3). El anexo Yalagua, se ubica en la zona de **Peligro Moderado**.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes pongan en práctica, como: La población debe ser incentivada a la implementación de nuevos tipos de cultivos y cambios de técnicas de irrigación, evitando las prácticas de riego por inundación; así como implementar un sistema de drenajes impermeabilizados.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la municipalidad distrital de Ubinas según el Oficio N° 259-2021-A/MDU, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el anexo de Yalagua

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los ingenieros Yhon Soncco Calsina y David Valdivia Humerez para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan al anexo de Yalagua en el distrito de Ubinas. Los trabajos de campo se realizaron los días 5, 6 y 7 de febrero del 2022.

La evaluación técnica se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de las entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, 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 que se presentan en el anexo de Yalagua; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, terrenos agrícolas y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional se tienen:

- a) Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas. El río Tambo: Valle amplio meándrico y anastomosado; en el tramo que inicia desde el poblado Yunga hasta la confluencia del río Yarihualla, con un ancho de cauce de hasta 125 m, estadio del poblado Yunga, poblados Pampilla y Exchaje, aledaños a la margen izquierda del río. También presenta erosión fluvial en algunos sectores puede afectar plataforma de la carretera Ichuña-Bellavista. Varias hectáreas de terrenos de cultivo de Yalagua, Lucco y Torata en ambas márgenes del río Tambo (200m de ancho de cauce) aledaños al cauce del río periódicamente son gravemente afectadas.

- b) Informe Técnico N° A6823, Peligros geológicos en las localidades de Torata, Yunga, La Capilla, Huatalaque, Coroise y Lucco, Región Moquegua (2018). En la localidad de Lucco se identificaron zonas de deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas en ambas márgenes de la quebrada Lucco y en la margen izquierda del río Tambo. Los deslizamientos antiguos se han reactivado como derrumbes y pequeños deslizamientos en el talud inferior de la carretera Chojata-Lucco. La zona también es afectada por erosión de laderas, que en época de lluvias puede generar huaicos. Todos estos eventos aportan material a la quebrada Lucco y río Tambo, aún se observa un depósito en forma de abanico en la desembocadura de la quebrada Lucco, el cual es aprovechado por terrenos de cultivo.
- c) Rivera M., Mariño J., Thouret J-C. (2011) – Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 83 p., 2 mapas. Según el mapa de peligros por dispersión de ceniza volcánica, el área evaluada se encuentra en una zona de moderado peligros (naranja).
- a) Luque, G. & Rosado, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua: primer reporte, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 62 p. Los poblados Lloque – Lucco, presentan áreas sujetas a deslizamientos, flujos de detritos y erosión fluvial.
- b) Mapa geológico del cuadrángulo de Ichuña (33-u), a escala 1:100000 Morocco & Pino (1998) mencionan la litoestratigrafía presenta en el área del anexo de Yalagua, en el cual afloran depósitos coluvio-deluvial constituido por clastos heterogéneos de rocas volcánicas de diversos tamaños, bloques y gravas, englobados en una matriz arenocilicosa.
- c) Mapa de susceptibilidad de movimientos en masa generado por el Ingemmet (<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), demuestra un peligro medio a alto en el anexo Yalagua.
- d) Núñez, S. & Gómez, D. (2012) – Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca Río Tambo: informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 54 p. También disponible en: www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/723611/. En este manuscrito identifican peligros geológicos por movimientos en masa en la cuenca del río Tambo.

1.2.1. Ubicación

El área evaluada está ubicada en el distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro, Departamento Moquegua (figuras 1 y 2), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del sector evaluado en el anexo Yalagua.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	311983.00	8199356.00	16°16'45.62"S	70°45'34.34"O
2	313013.00	8199369.00	16°16'45.48"S	70°44'59.64"O
3	313032.00	8198520.00	16°17'13.10"S	70°44'59.25"O
4	311986.00	8198521.00	16°17'12.78"S	70°45'34.48"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Yalagua	312450.00	8198927.00	16°16'59.70"S	70°45'18.73"O

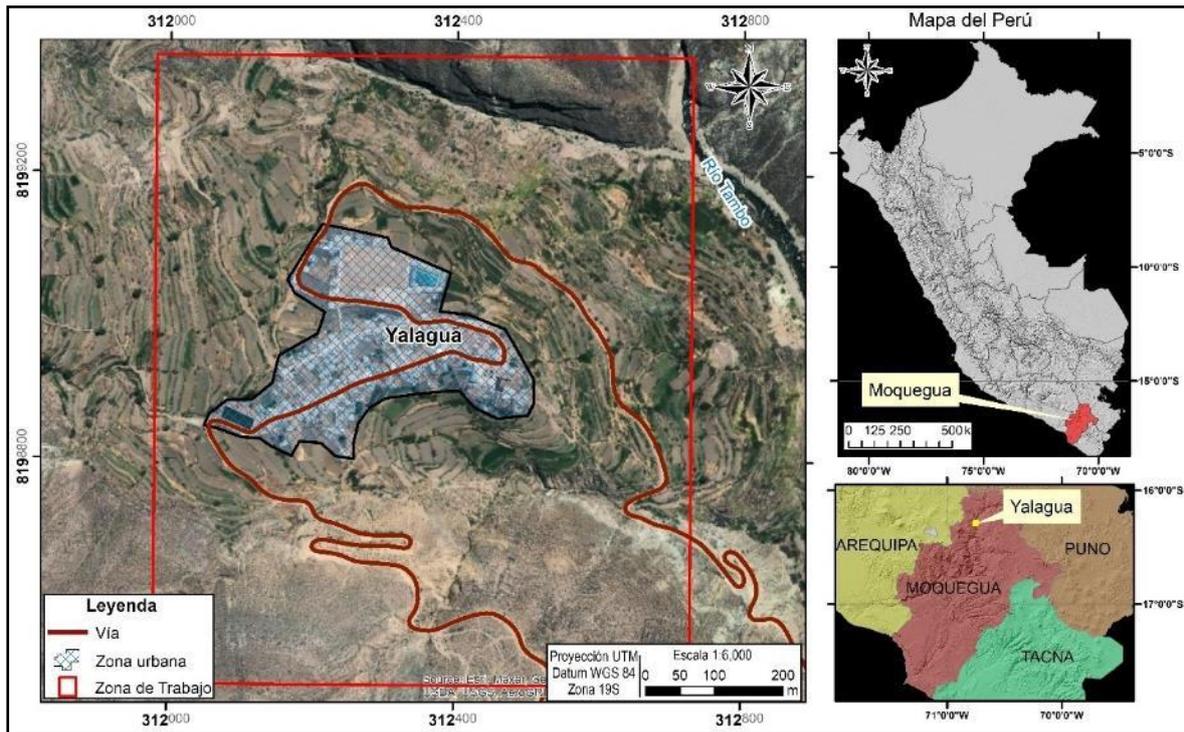


Figura 1. Ubicación del área de evaluación



Figura 2. Zona urbana del anexo de Yalagua en el distrito de Ubina.

1.2.2. Accesibilidad

El acceso al anexo de Yalagua, se realizó por vía terrestre, desde la ciudad de Arequipa, mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Arequipa – Chihuata	Asfaltada	23.3	47 min
Chihuata – Yalagua	Carrosable	124	3 h 10 min

2. DEFINICIONES

A continuación, se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

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

CORONA (crown) 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 (slide) Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

ESCARPE (scarp) sin.: 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.

FRACTURA (crack) Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

METEORIZACIÓN (weathering) 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.

CAIDAS. La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

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.

EROSIÓN DE LADERAS: Se considera dentro de esta clasificación a este tipo de eventos, porque se les considera predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Duque et ál, 2016).

Los procesos de erosión de laderas también pueden tener como desencadenante la escorrentía formada por el uso excesivo de agua de regadío.

LAHARE: Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor. Los flujos se pueden clasificar de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado)

CÁRCAVAS: La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

AVALANCHA DE ESCOMBROS: Las avalanchas de escombros son deslizamientos súbitos de una parte de los edificios volcánicos. Se originan debido a factores de inestabilidad, tales como la elevada pendiente del volcán, presencia de fallas, movimientos sísmicos fuertes y/o explosiones volcánicas. Las avalanchas de escombros ocurren con poca frecuencia y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia, se desplazan a gran velocidad, así por ejemplo en el caso del monte St. Helens, se estimaron velocidades del orden de 240 km/h Glicken, (1996). Los mecanismos del colapso, transporte y emplazamiento han sido mejor entendidos a partir de la erupción del volcán St. Helens en los EE. UU. (18 de mayo de 1980), donde se produjo el colapso sucesivo de tres bloques ubicados en el flanco norte.

ERUPCIÓN VOLCÁNICA: Las erupciones volcánicas son el producto del ascenso del magma a través de un conducto desde el interior de la tierra. El magma está conformado por roca fundida, gases volcánicos y fragmentos de roca. Estos materiales pueden ser arrojados con grados de violencia. Dependiendo de la composición química del magma, la cantidad de gases y en algunos casos por la interacción del magma con el agua.

Cuando el magma se aproxima a la superficie, pierde todo o parte de los gases contenidos en solución, formando burbujas en su interior; bajo estas condiciones, se pueden presentar dos escenarios principales:

- Si los gases del magma se liberan sin alterar la presión del medio, el magma puede salir a la superficie sin explotar. en este caso se produce una erupción efusiva.
- Si el magma acumula más presión de la que puede liberar, las burbujas en su interior crecen y el magma se fragmenta violentamente, produciendo una erupción explosiva.

ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCÁNICA (IEV): Representa la magnitud de una erupción volcánica y es una escala que va de 0 a 8 grados.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico se toma como referencia el mapa geológico del cuadrángulo Ichuña (33-u2 y 33-u3), a escala 1:50000 (Lipa et al., 2000). Además, se tomó como referencia la memoria explicativa de la revisión geológica del Cuadrángulo de Ichuña (33-u) Lipa V. (Lipa et al., 2001).

3.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponde a rocas del Grupo Maure (Nm/-ma sed) y depósitos de flujos de tierra (Qh-fb), (mapa 1).

3.1.1 Grupo Maure (Nm/-ma sed)

Lipa (2001), define a este grupo, como una secuencia sedimentaria intercalada con depósitos continentales lacustrinos, conglomerados y coladas de lava andesíticas (figura 03). estableciéndose de la base al techo dos unidades bien diferenciables.

La unidad inferior compuesta por una secuencia de lutitas grises, areniscas beige, calizas pardas con una mayor proporción, de areniscas tobáceas verde claras de grano fino a grueso y finalmente niveles conglomerádicos con cantos superiores a 10 cm, cementados por una matriz arenosa. Se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

La unidad superior corresponde a lavas andesíticas grises, que se intercalan con secuencias clásticas, separando los depósitos clásticos finos de los conglomerádicos. Esta unidad se encuentra moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

Esta unidad aflora alrededores del anexo Yalagua, al Noreste del poblado antes mencionado, formado las laderas del río Tambo, donde se observan paquetes potentes (10 m) de areniscas de grano fino color beige intercalados con lutitas (20 cm a 50 cm) gris oscuras.

Así también esta unidad se logra visualizar al Sur de Yalagua, litológicamente está compuesta por areniscas tobáceas de grano fino a medio color beige, los cuales en campo se encuentran alterados, este material por efectos de la gravedad es transportado a la parte baja de las quebradas (Hualimpaya y Pucará).

3.1.2 Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Agrupar depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y flujo gravitacional) que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles, estos depósitos se encuentran interstratificados y no se puede diferenciar uno de otro (Vílchez et al., 2019). El depósito es no consolidado.

Las viviendas del anexo Yalagua (figura 4)., se ubican sobre este tipo de depósitos, conformado por bloques de 0.2 a 1 m de diámetro, son de origen sedimentario (areniscas y lutitas), envueltas en una matriz limoarcillosa no consolidada, este depósito, es altamente erosionable, evidencia de esto son los carcavamientos que se presentan en todo el cuerpo coluvio deluvial.



Figura 3. Afloramiento de Grupo Maure al Noreste del anexo de Yalagua, (coordenadas UTM WGS84: 313291E, 8198549N)



Figura 4. Depósito coluvio-deluvial (coordenadas UTM WGS84: 312473E, 8199040N)

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en el anexo Yalagua, varía desde inclinados suavemente (1° - 5°) a moderados (5° - 15°), en la parte baja de la zona urbana, ascendiendo laderas de las quebradas con un cambio abrupto de terrenos con pendiente muy fuerte (25° - 45°) a escarpados ($> 45^\circ$), (figuras 5).

En base al modelo de elevación digital (DEM), de 25 cm de resolución, y fotogrametría con drene, se elabora en mapa de pendientes (mapa 2).

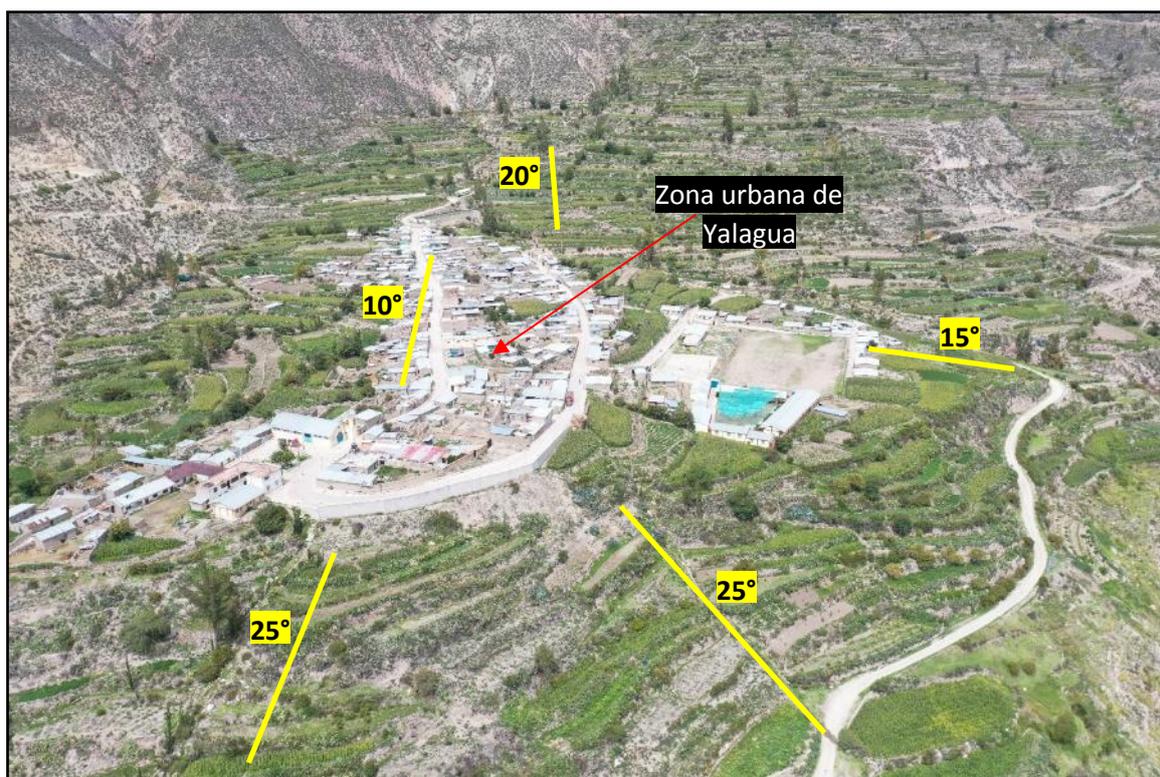


Figura 5. Tipo de pendientes de área de estudio en el anexo de Yalagua, (coordenadas UTM WGS84: 312485E, 8198945N)

4.2 Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Geofomas de carácter tectónico degradacional o denudativos
- Geofomas de carácter depositacional o agradacional

La evolución del relieve en el anexo de Yalagua, se presenta en el mapa geomorfológico (mapa 3); donde se definen, tres geofomas o subunidades, como son: relieve de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs), Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) y Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at).

4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes, Villota, (2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades y subunidades:

4.2.1.1 Unidad de volcánicos

En esta unidad se agrupan a los paisajes generados por la actividad volcánica y por sus productos, los cuales han sufrido en diversos grados los efectos de la denudación pero que todavía conservan rasgos definidos de sus formas iniciales.

Mesetas, colinas y lomadas volcanoclásticas y volcanosedimentarias (MCL-vcl/vs): Relieve combinado entre colinas, lomadas y planicies altas con frentes escarpados, cumbres o cimas redondeadas a planas (meseta) compuestas por rocas volcanoclásticas y volcánico-sedimentarias. Litológicamente corresponde principalmente a los miembros del Grupo Maure.

4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales; se tienen las siguientes unidades y subunidades.

4.2.2.1 Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial que están interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales. Estos se encuentran acumulados al pie de las laderas. El área urbana y agrícola del anexo de Yalagua están ubicadas dentro de esta subunidad geomorfológica.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el anexo Yalagua se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa y volcánicos. El primero es el resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los valles de la Cordillera de los Andes por los ríos, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos; mientras que el segundo es consecuencia de las continuas erupciones volcánicas del volcán Ubinas (principalmente por ceniza volcánica).

5.1 Movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica),

actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

En el anexo Yalagua, se identificaron diferentes tipos de movimientos en masa (mapa 4) que se describen a continuación.

5.1.1 Deslizamiento

Se identificaron dos deslizamientos antiguos tipo rotacionales (Da1 y Da2) aparentemente son antiguas; mostrado en los terrenos como depresiones con forma irregular, con las siguientes coordenadas Da1 (300285 E, 8186449 N) y Da2 (300285 E, 8186449 N), (figuras 6 y 9).

Deslizamiento Da1: Posee una corona principal de forma regular de 30 m (figura 6) y salto de escarpe, que varía entre 1 a 1.5 m (figura 7). El evento está comprendido entre las cotas 3323 m s.n.m. y 3299 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 24 m.

El deslizamiento es poco marcado, debido a la vegetación, procesos de erosión y meteorización que afecto el lugar.

La masa deslizada presenta una dirección noreste, hacia el cauce del río Tambo; cuyo cuerpo del deslizamiento presenta ondulaciones y desplazamiento del terreno.



Figura 6. Deslizamiento Da1 en Yalagua, (coordenadas UTM WGS84: 312862E, 8198785N)



Figura 7. Salto de escarpe deslizamiento Da1 en Yalagua, (coordenadas UTM WGS84: 312857E, 8198788N)

En base al contexto litológico, el deslizamiento se generó en un depósito coluvio-deluvial, constituido por clastos heterogéneos de rocas volcánicas de diversos tamaños, bloques y gravas, englobados en una matriz areno-arcillosa; cuyo depósito es no consolidado, (figura 8).



Figura 8. Depósito coluvio-deluvial, en la parte baja del anexo de Yalagua, (coordenadas UTM WGS84: 312857E, 8198788N)

Deslizamiento Da2: Es un deslizamiento rotacional de origen antropogénico “los lugareños en el lugar construyeron una plataforma para sus cultivos”, posee una corona y el salto de escarpe, los cuales no se observan nítidamente debido a la vegetación, procesos de erosión y meteorización que afectó el lugar (figura 9).

La masa se deslizó en dirección norte, hacia el cauce de la quebrada Mayoukhu, aparentemente, por la pérdida de soporte en la ladera, debido a un corte en el terreno, que fue realizado por los pobladores en años pasados.



Figura 9. Deslizamiento Da2 en Yalagua, (coordenadas UTM WGS84: 312438E, 8199194N)

El evento corresponde a un deslizamiento rotacional, su corona principal es de forma regular y mide 25 m; la altura del salto del escarpe principal varía entre 0.8 a 1.2 m. El evento está comprendido entre las cotas 3382 m s.n.m. y 3360 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 22 m.

El deslizamiento Da2, al igual que el deslizamiento Da1, se desarrolló sobre un depósito coluvio-deluvial, constituido por clastos heterogéneos de rocas volcánicas de diversos tamaños, bloques y gravas, englobados en matriz areno-arcillosa; cuyo depósito es no consolidado, (figuras 8 y 10).



Figura 10. Depósito coluvio-deluvial, (coordenadas UTM WGS84: 312438E, 8199194N)

En los terrenos ubicados alrededor de la zona urbana de Yalagua, se evidenció surgencias de agua (figura 11a), canales de agua sin revestimiento (figuras 11b, 11c y 11d) para irrigar los terrenos agrícolas de Yalagua, Mayoukhu y Hualimpaya, lo que ocasiona infiltración y saturación de los terrenos.



Figura 11. Surgencias y canales de agua en el área agrícola del anexo Yalagua. a) se ubica en las coordenadas UTM WGS84: 312857E, 8198788N; b) en 312812E, 8198732N; c) en 312745E, 8198754N y d) en 312277E, 8199174N.

5.1.2 Flujo de detritos (huaico).

Próximo a la zona urbana del anexo de Yalagua, se localizan dos quebradas Hualimpaya y Pucará (figura 12). En los cauces se apreció depósitos de antiguos flujos de detritos (huaico). Las quebradas mencionadas descienden desde el cerro Coaguila.



Figura 12. Quebrada Hualimpaya y quebrada Pucará.

La quebrada Hualimpaya en su recorrido cruza la zona agrícola del anexo de Yalagua, mientras que la quebrada Pucará cruza por un costado de la zona urbana de Yalagua. Por ambas quebradas descendieron flujos de detritos (huaico), en épocas pasadas, muestra de ello son los depósitos de flujos encontrados en ambas quebradas, (figura 13 y 14).

Estos flujos de detritos (huaico) eventualmente pueden salir del cauce de las quebradas, normalmente destruyen todo lo que encuentran a su paso y pueden alcanzar grandes distancias (>200 km) (Tilling, 1993).



Figura 13. Quebrada Hualimpaya (coordenadas UTM WGS84: 312848E, 8198704N)



Figura 14. Quebrada Pucará (coordenadas UTM WGS84: 311981E, 8198863N)

En la quebrada Hualimpaya, los depósitos de flujos son ligeramente compactados, conformados por 80 a 70 % de material fino y 30 a 20% de bloques y gravas. fragmentos con diámetros comprendidos entre 20 y 30 cm representan menor al 20% de bloques. Asimismo, los más grandes tienen diámetro de hasta 40 cm y representan menos del 5%.

Los bloques poseen litología heterogénea, conformado por fragmentos volcánicos hidrotermalizados. Todo lo mencionado se encuentra englobado en matriz areno-limosa (figura 14a), el depósito posee hasta 1.5 m de potencia.

En la quebrada Pucará, el depósito de flujo de detritos es ligeramente compactado, está conformado por 75 a 65 % de material fino y 25 a 35% de bloques y gravas. Los bloques que predominan tienen un diámetro comprendido entre 20 y 30 cm y representan menos del 30%. Los bloques más grandes tienen diámetro de hasta 50 cm y representan menos del 5%.

Los bloques poseen litología heterogénea, conformado por fragmentos volcánicos hidrotermalizados. Todo lo mencionado se encuentra englobado en matriz areno-limosa (figuras 14b y 14c).



Figura 15. Depósito de flujo de detritos (huaico), a) se ubica en las coordenadas UTM WGS84: 312977E, 8198677N; b) en 312148E, 8198945N y c) en 312125E, 8198906N.

La ocurrencia de nuevos flujos de detritos en la quebrada Hualimpaya, las cuales afectarían directamente terrenos de cultivo del anexo de Yalagua ubicados en el sector Haulimpaya (figura 13), al igual que los flujos de detritos (huaico); en la quebrada Pucará, afectarían el reservorio de agua del anexo de Yalagua, posta de salud de Yalagua, viviendas aledañas al cauce de la quebrada y vías de comunicación (figuras 16 y 17).



Figura 16. Infraestructura próxima al cauce de la quebrada Pucará

La posta de salud de Yalagua se ubica en la margen derecha de la quebrada Pucará. En el punto UTM WGS84: 312152E, 8198939N se han encontrado de manera adosada, restos de depósitos antiguos de flujos de detritos (figura 17). Así mismo, por este punto cruza una vía carrozable que une la zona urbana con el área agrícola de Yalagua.



Figura 17. Quebrada Pucará (coordenadas UTM WGS84: 312157E, 8198944N)

En la parte alta de la zona urbana de Yalagua se ubica un reservorio de agua, el cual está construido con muros delgados; se aprecia un fuerte desgaste en los muros. El colapso del reservorio frente a un fuerte movimiento sísmico es latente, la ruptura del reservorio podría inundar a las viviendas del anexo Yalagua.



Figura 18. Quebrada Pucará (coordenadas UTM WGS84: 312089E, 8198857N)

5.1.3 Zona de derrumbes y erosión fluvial.

Derrumbes y erosión fluvial se presentan en las márgenes de la quebrada Mayoukhu y margen derecha del río Tambo, (mapa 4).

Los derrumbes se originan por la pérdida del soporte, en el pie de los acantilados, a causa de la dinámica fluvial de la quebrada Mayoukhu y el río Tambo.

Los terrenos agrícolas del anexo Yalagua, se ubican sobre terrazas de depósitos de huaico antiguos, de hasta 2 m de potencia. La erosión fluvial afecta la estabilidad de las terrazas, generando derrumbes en el cauce de la quebrada Mayoukhu y el río Tambo, (figura 19).

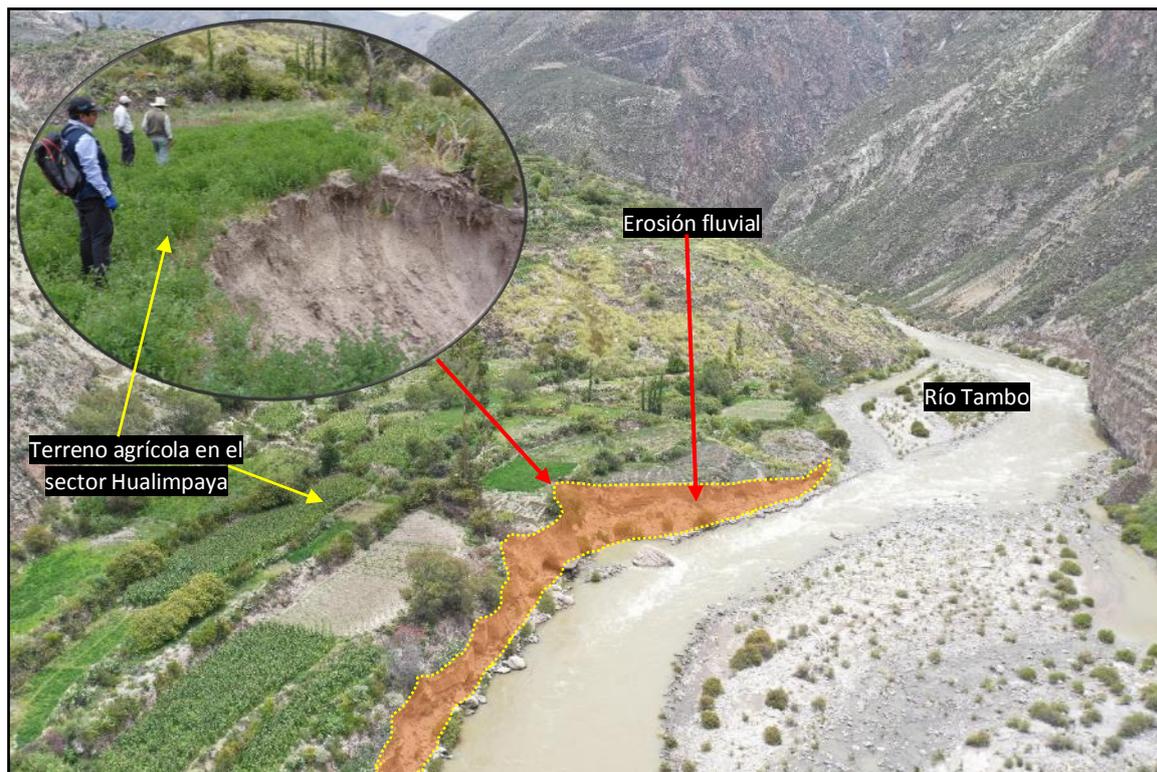


Figura 19. Zona de derrumbes y erosión fluvial, (coordenadas UTM WGS84: 312950E, 8198658N)

5.1.4 Erosión de laderas en cárcavas

Los procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas, ocurren en la margen izquierda de la quebrada Mayoukhu y el río Tambo. Estos eventos poseen hasta 6 metros de ancho y entre 3 a 5 m de profundidad.

5.2 Peligro volcánico del volcán Ubinas

El mapa de peligros por caída de ceniza existente elaborado para el volcán Ubinas fue publicado el año 2011 (Rivera et al., 2011). En dicho mapa se estableció que la zona de alto peligro (rojo), **moderado peligros (naranja)** y bajo peligro (amarillo).

De acuerdo con la zonificación del mapa antes mencionado, el anexo Yalagua, frente a caída de ceniza volcánica se ubica en la zona de peligro moderado (naranja) (figura 20); puede ser afectada por caída de ceniza con espesores de hasta 1 cm.

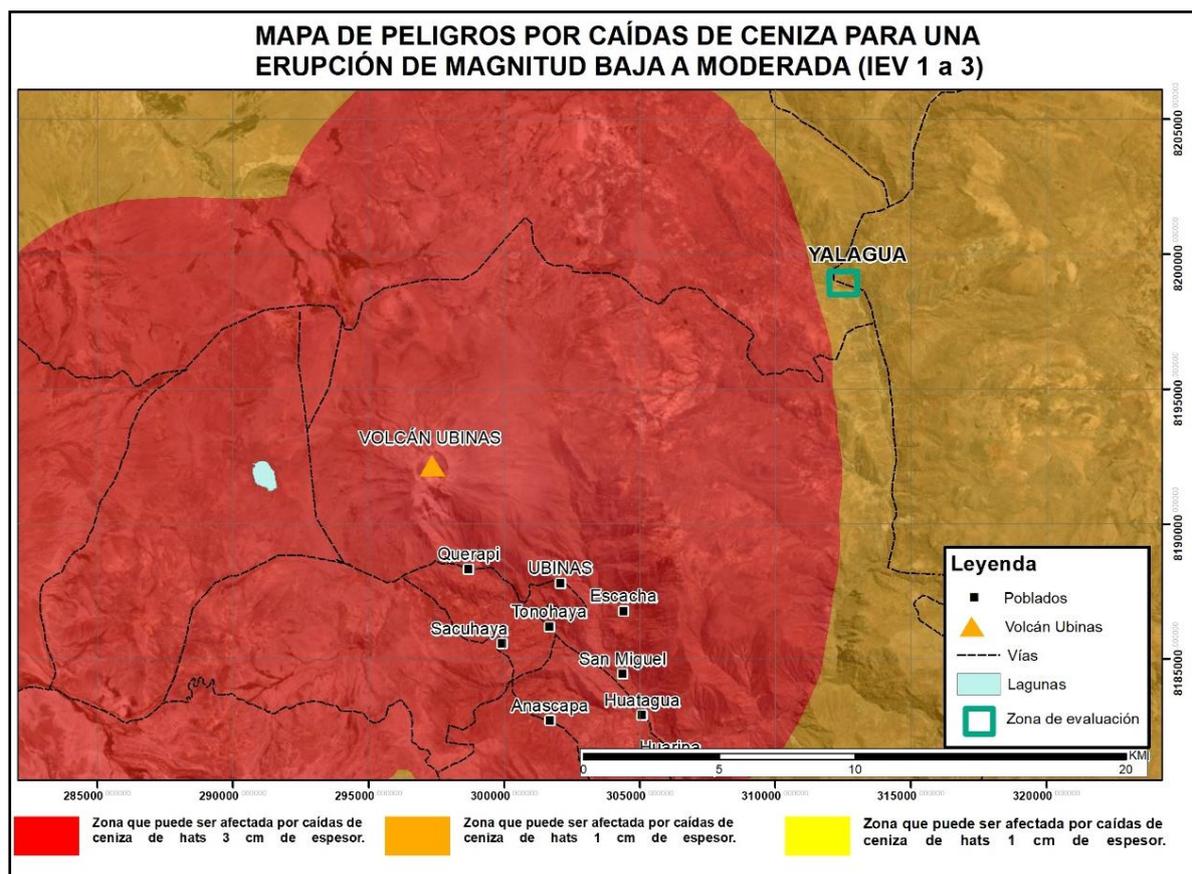


Figura 20. Zonas de afectación por caída de cenizas del volcán Ubinas (Rivera et al., 2011).

En base a los trabajos realizados por (Ramos et al., 2019) la erupción del volcán Ubinas del 19 de julio del 2019, fue considerada como una de las actividades explosivas vulcanianas más energéticas y de gran magnitud, que liberó una energía de hasta 284 MJ (MegaJoule), y expulsó un volumen estimado de $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ entre cenizas y productos volcánicos, la altura de las emisiones superaron los 6,500 msnc, (metros sobre el nivel del cráter), los balísticos alcanzaron hasta una distancia de 3.5 km del cráter que consisten en fragmentos de hasta 2.5 cm, el desplazamiento de la pluma volcánica (cenizas) según las imágenes de satélite viajaron por más de 180 km, atravesando los departamentos de Tacna, Moquegua, Puno y Oruro (Bolivia), incluido Salta (Argentina).

La magnitud de la erupción se ha clasificado dentro del índice de explosividad VEI 2. Además, el autor ha realizado medidas de espesores de caída de cenizas en el sector suroeste del volcán Ubinas, determinando que entre 5 a 15 km, la erupción acumuló espesores de 8 a 1 mm, principalmente en la quebrada Volcanmayo y en la zona urbana del distrito de Matalaque. Así mismo, se determinó que en la zona urbana del anexo de Yalagua se acumuló un espesor de 0.5 mm de ceniza volcánica, (figura 21).

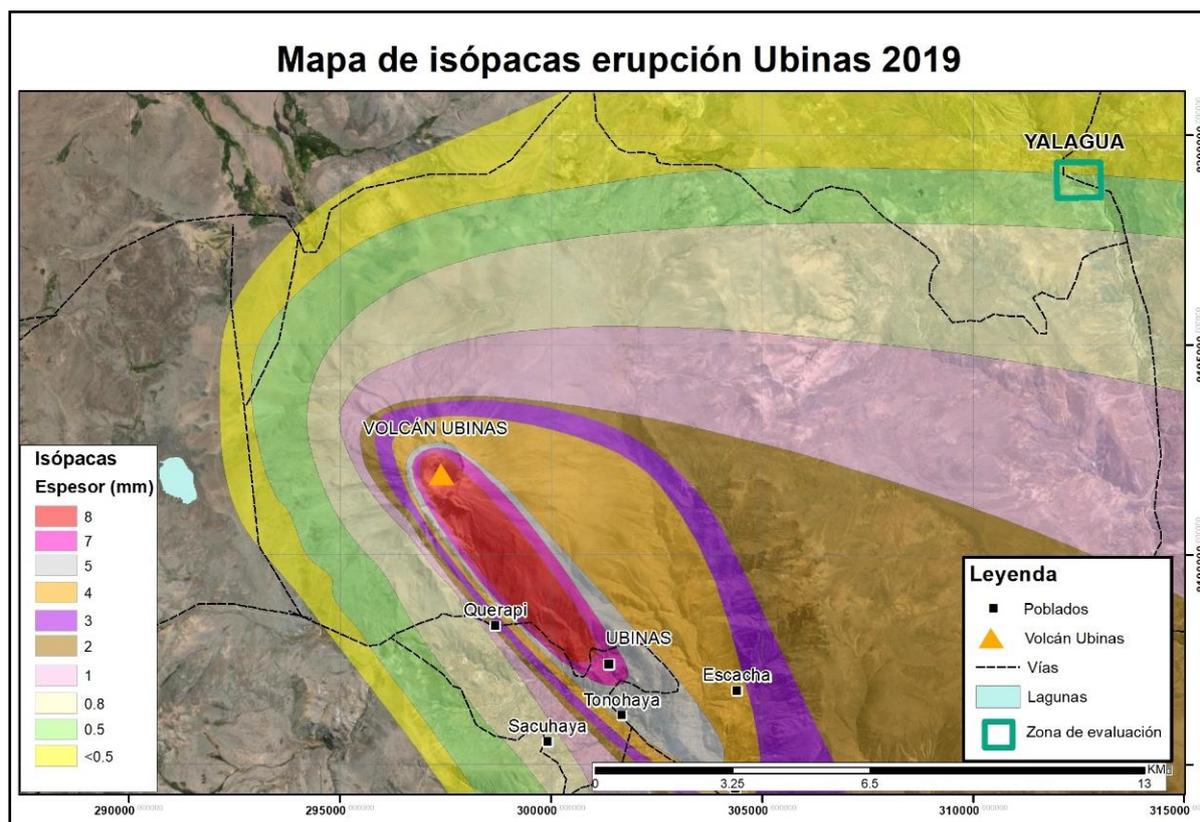


Figura 21. Isópacas de caída de cenizas, de la erupción del 19 de julio del 2019, volcán Ubinas (Ramos et al., 2019).

5.3 Factores condicionantes

Movimientos en masa

- Presencia de depósito coluvio-deluvial no consolidado, constituido por clastos heterogéneos de rocas volcánicas de diversos tamaños, bloques y gravas, englobados en una matriz areno-arcillosa.
- Pendiente variable que va desde inclinados suavemente (1° - 5°) a moderados (5° - 15°), en la parte baja de la zona urbana, ascendiendo a las laderas de las quebradas con un cambio abrupto a terrenos con pendiente muy fuerte (25° - 45°) y escarpados ($> 45^{\circ}$).
- La geomorfología del área evaluada, representada por la subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial, muy susceptibles hacer removidos por efectos de la gravedad y pendiente.

Peligro volcánico

- Proximidad al volcán Ubinas, el anexo Yalagua se situada a unos 16.6 km del edificio volcánico.

5.4 Factores desencadenantes

Movimientos en masa

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al deslizamiento y los flujos de detritos (huaico) también son generados por lluvias intensas y/o prolongadas.
- Los movimientos sísmicos pueden generar deslizamientos y derrumbes. Según el diseño sismorresistente, del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°011-2006-vivienda. La zona evaluada se ubica en la zona 3, con un factor Z de 0.35. "El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Peligro volcánico

- Erupción volcánica, el Ubinas es considerado como el más activo del sur del Perú (Fuente: http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page_id=58)

CONCLUSIONES

1. En el área evaluada afloran rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas del Grupo Maure, compuesta por secuencias de lutitas grises, areniscas beige, calizas pardas, areniscas verde claras de grano fino a grueso y finalmente niveles conglomerádicos, cementados por una matriz arenosa. Asimismo, se tiene un depósito coluvio-deluvial no consolidado, constituido por fragmentos de roca heterogéneos de rocas volcánicas, como bloques y gravas, englobados en una matriz areno-arcillosa.
2. Los peligros geológicos identificados corresponden a movimientos en masa, tipo deslizamientos antiguos, derrumbes, flujos de detritos (huaico) antiguos y recientes; como también erosión de ladera (cárcavas) y erosión fluvial.
3. De acuerdo con la zonificación de peligros volcánicos, por caída de ceniza del volcán Ubinas, el sector de Yalagua puede ser afectado por caída de cenizas.
4. Los deslizamientos Da1 y Da2, corresponden a deslizamientos rotacionales antiguos. Da1 posee una corona principal de forma regular y mide 30 m; la altura del salto del escarpe varía entre 1 a 1.5 m. El evento está comprendido entre las cotas 3323 m s.n.m. y 3299 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 24 m. Da2 posee una corona principal de forma regular y mide 25 m; la altura del salto del escarpe varía entre 0.8 a 1.2 m. El evento está comprendido entre las cotas 3382 m s.n.m. y 3360 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 22 m.
5. En la quebrada Hualimpaya, los depósitos de flujos son ligeramente compactados, conformados por 80 a 70 % de material fino y 30 a 20% de bloques y gravas, fragmentos de roca con diámetros entre 20 y 30 cm. Asimismo, los más grandes tienen diámetro de hasta 40 cm y representan menos al 5%, el depósito posee un espesor de 1.5 m
6. En la quebrada Pucará, el depósito de flujo de detritos es ligeramente compactado, está conformado por 75 a 65 % de material fino y 25 a 35% de bloques y gravas. Los bloques que predominan tienen un diámetro comprendido entre 20 y 30 cm y representan menos del 30%. Los bloques más grandes tienen diámetro de hasta 50 cm y representan menos del 5%; los cuales se encuentran hidrotermalizados. Todo lo mencionado se encuentra con matriz areno-limosa
7. La ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada Hualimpaya, afectaría directamente a los terrenos de cultivo del sector del mismo nombre. De igual modo la quebrada Pucará, afectaría al reservorio de agua del anexo de Yalagua, posta de salud, viviendas aledañas al cauce de la quebrada y vías de comunicación.
8. Los terrenos agrícolas del sector Hualimpaya ubicados en la margen derecha del río Tambo, vienen siendo afectados por derrumbes originados por la intensa erosión fluvial, estos eventos también se presentan en el cauce de la quebrada Mayoukhu.
9. Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de movimientos en masa son: presencia de depósitos coluvio-deluvial no consolidados; pendientes de los terrenos, la cual varía desde inclinados suavemente (1° - 5°) a muy fuerte (25° - 45°) y escarpados ($> 45^{\circ}$).

10. En base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el área evaluada se considera de **Peligro Moderado a Alto a movimientos en masa**; propensas a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos (huaico) en temporadas de lluvias. Estos podrían afectar terrenos agrícolas e infraestructuras que se encuentran ubicados en los cauces de las quebradas. El grado de peligrosidad se mantendrá, siempre en cuando no se alteren las condiciones normales de los suelos y no impacten la zona, generando inestabilidad.

11. De acuerdo con la zonificación de **peligros volcánicos**, por caída de ceniza del volcán Ubinas, para una erupción de magnitud baja a moderada (IEV 1 a 3); el anexo Yalagua, puede ser afectado por caída de ceniza de hasta 1 cm de espesor, por lo cual se considera de **Peligro Moderado**.

RECOMENDACIONES

1. Canalizar y encausar cauces de las quebradas Hualimpaya y Pucará, a fin de controlar y derivar los flujos de detritos (huaicos) y no causen daños. Para determinar el ancho y profundidad del canal, se debe realizar una estimación de capacidad máxima, en base al cálculo volumétrico de los flujos de detritos para lluvias extremas.
2. Construir puente y/o pase peatonal en la quebrada Pucará, a la altura de la posta de salud de Yalagua, con la finalidad de dar comunicación con la zona urbana y terrenos agrícolas.
3. Reubicar el reservorio de agua del anexo de Yalagua, a una zona en que no represente peligro alguno, que no afecte a elementos vulnerables.
4. Con el objetivo de conducir adecuadamente las aguas pluviales proveniente de la parte alta del área poblada, impermeabilizar los canales y acequias para evitar infiltración de agua al subsuelo. En zonas con deslizamiento, los canales deben ser entubados (PVC), para evitar cualquier tipo de infiltración de agua al terreno.
5. La población debe ser incentivada a la migración a nuevos tipos de cultivos y cambios de técnicas de irrigación, evitando las prácticas de riego por inundación.
6. Construir defensas ribereñas a lo largo del cauce del río Tambo, en la zona colindante con los terrenos de cultivo del sector Hualimpaya.
7. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas, con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos. Para evitar construcción de viviendas o infraestructura en áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
8. La autoridad local de acuerdo con sus competencias debe emitir una ordenanza municipal, que prohíba la construcción de viviendas en los cauces de las quebradas.



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



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

BIBLIOGRAFÍA

- Lipa, V., Valdivia, W., Carrasco, S. (2001). Memoria Explicativa de la Revisión Geológica del cuadrángulo de Ichuña (33-u). Escala 1:50 000. Ingemmet, 12 p.
- Lipa, V., Valdivia, W., Carrasco, S. (2000). Mapa geológico del cuadrángulo de Ichuña (33-u2 y 33-u3). Escala 1:50 000. Ingemmet.
- Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The análisis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.
- Gomez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la Departamento Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2575>
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Departamento Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33
- Rivera M., Mariño J., Thouret J-C. (2011) – Geología y evaluación de peligros del volcán ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C : Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 83 p., 2 mapas.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.
- Ramos et al., 2019 Informe Técnico Anual “Vigilancia del volcán Ubinas, periodo 2019” (distrito de Ubinas, provincia General Sánchez Cerro– región Moquegua).
- Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas.
- Informe Técnico N° A6823, Peligros geológicos en las localidades de Torata, Yunga, La Capilla, Huatalaque, Coroise y Lucco, Región Moquegua (2018)

Luque, G. & Rosado, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua: primer reporte, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 62 p.

Mapa de susceptibilidad de movimientos en masa generado por el Ingemmet (<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), demuestra un peligro medio a alto en el anexo Yalagua.

Núñez, S. & Gómez, D. (2012) – Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos en la cuenca Río Tambo: informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 54 p.

Ayala, F.J. (2003) – Una reflexión sobre los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera, su naturaleza, funciones, problemática y límites. En: Ayala, F.J. & Corominas, J., eds. Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Serie Medio Ambiente, n° 4, p. 7-20.

ANEXO 1 MAPAS

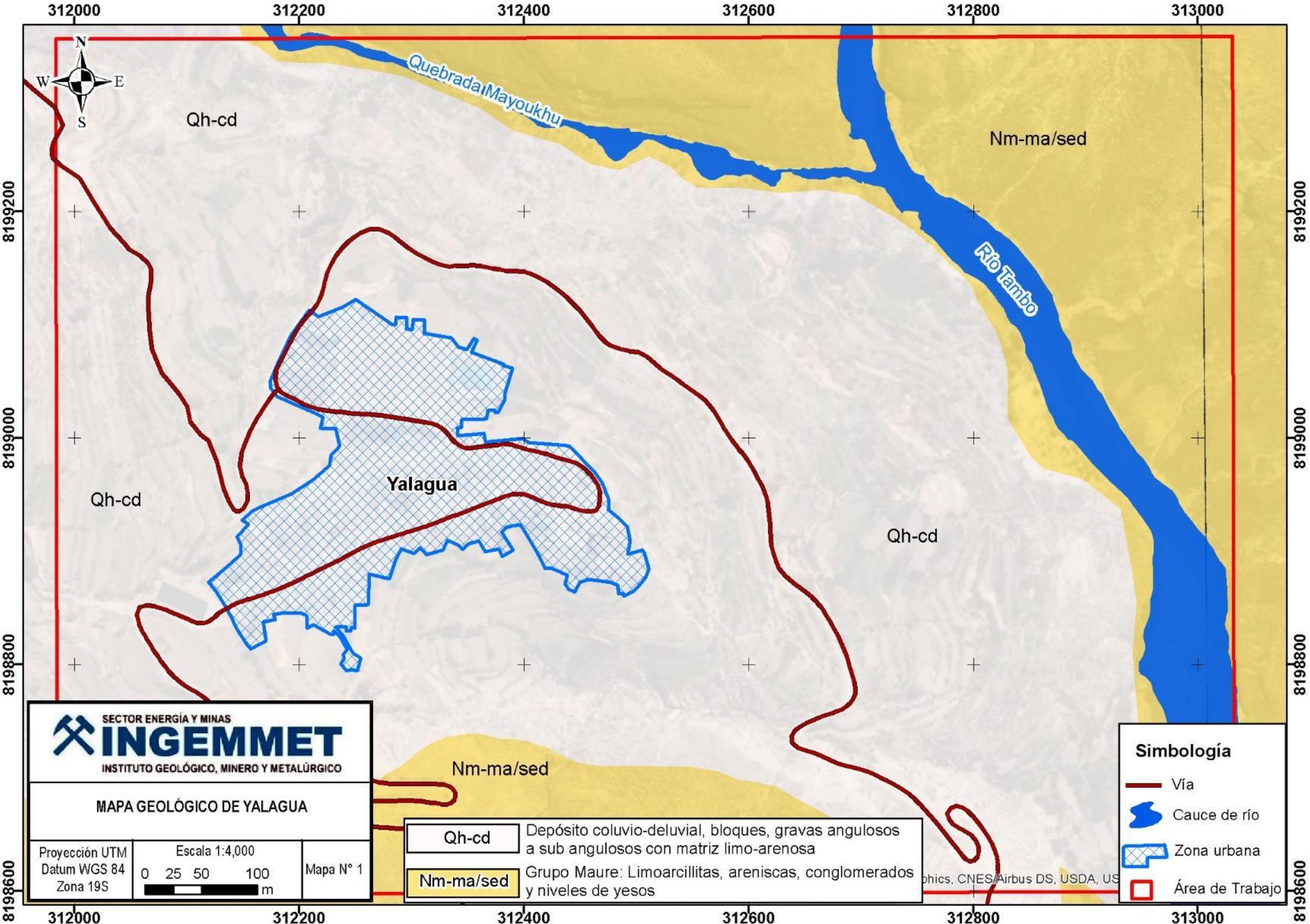
Se presenta los siguientes mapas:

Mapa N°1. Mapa geológico del anexo de Yalagua

Mapa N°2. Mapa de pendientes, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM) de 25 c m de resolución, para el anexo de Yalagua.

Mapa N°3. Mapa de unidades geomorfológicas del anexo de Yalagua

Mapa N°4. Mapa de cartografía de peligros geológicos del anexo de Yalagua



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO DE YALAGUA

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:4,000
 0 25 50 100 m

Mapa N° 1

- Qh-cd** Depósito coluvio-deluvial, bloques, gravas angulosos a sub angulosos con matriz limo-arenosa
- Nm-ma/sed** Grupo Maure: Limoarcillitas, areniscas, conglomerados y niveles de yesos

- Simbología**
- Vía
 - Cauce de río
 - Zona urbana
 - Área de Trabajo

Qh-cd

Nm-ma/sed

Qh-cd

Yalagua

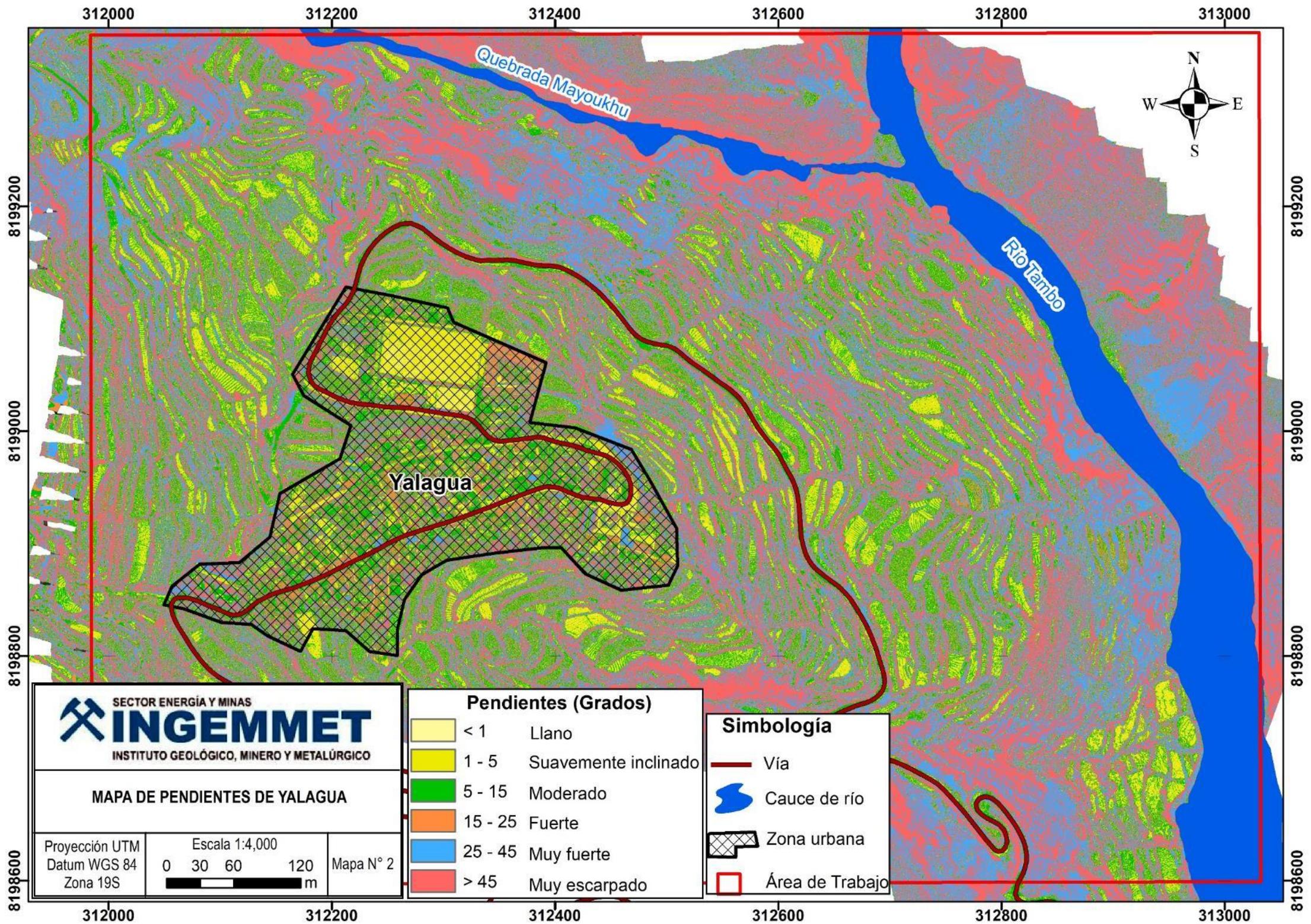
Qh-cd

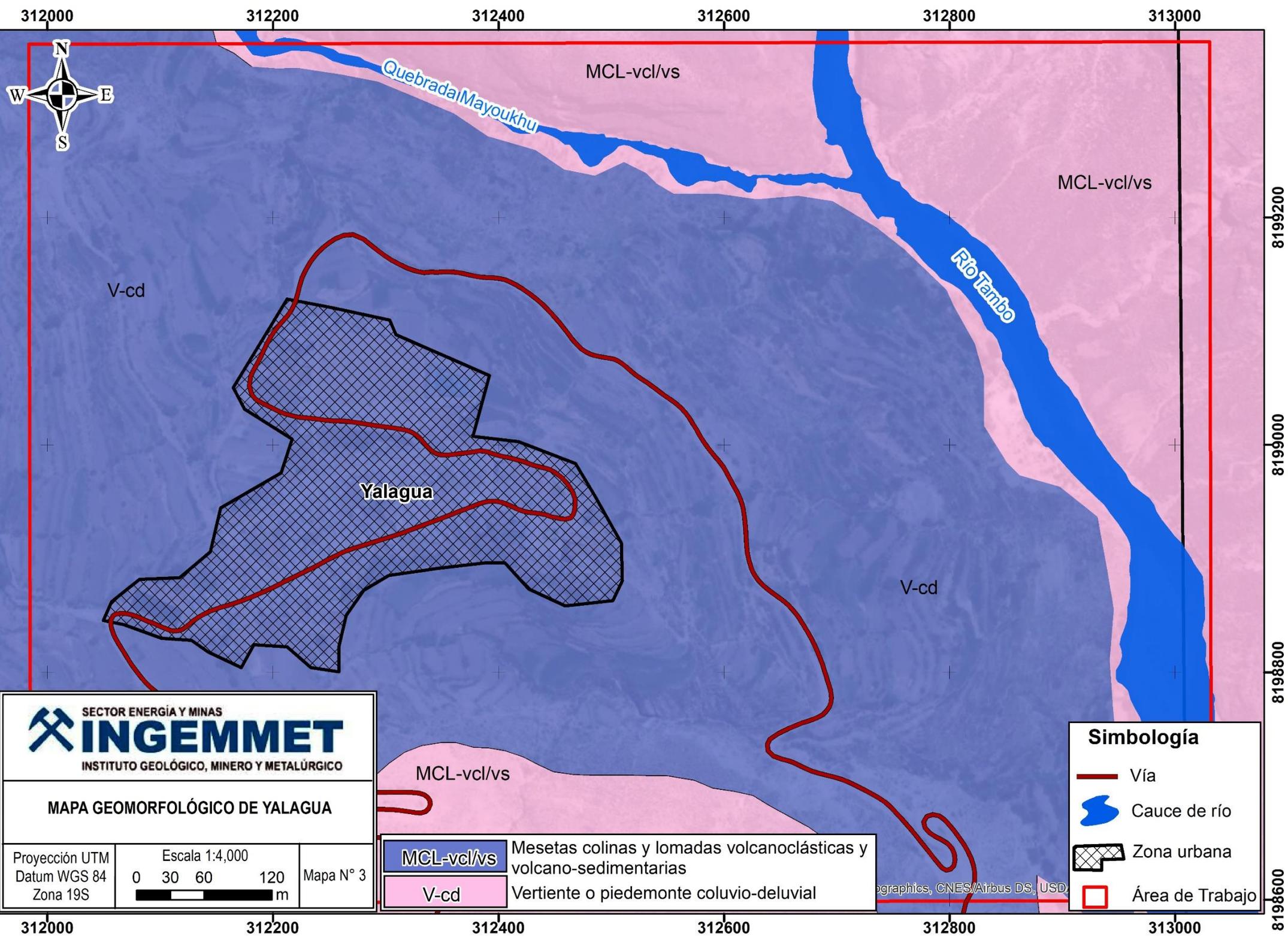
Nm-ma/sed

Quebrada Mayoukhu

Río Tambo







SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE YALAGUA

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:4,000 0 30 60 120 m	Mapa N° 3
--	---------------------------------	-----------

MCL-vcl/vs	Mesetas colinas y lomadas volcanoclásticas y volcano-sedimentarias
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

Simbología

	Vía
	Cauce de río
	Zona urbana
	Área de Trabajo

312000 312200 312400 312600 312800 313000

8199200 8199000 8198800 8198600

Quebrada Mayoukhu

MCL-vcl/vs

V-cd

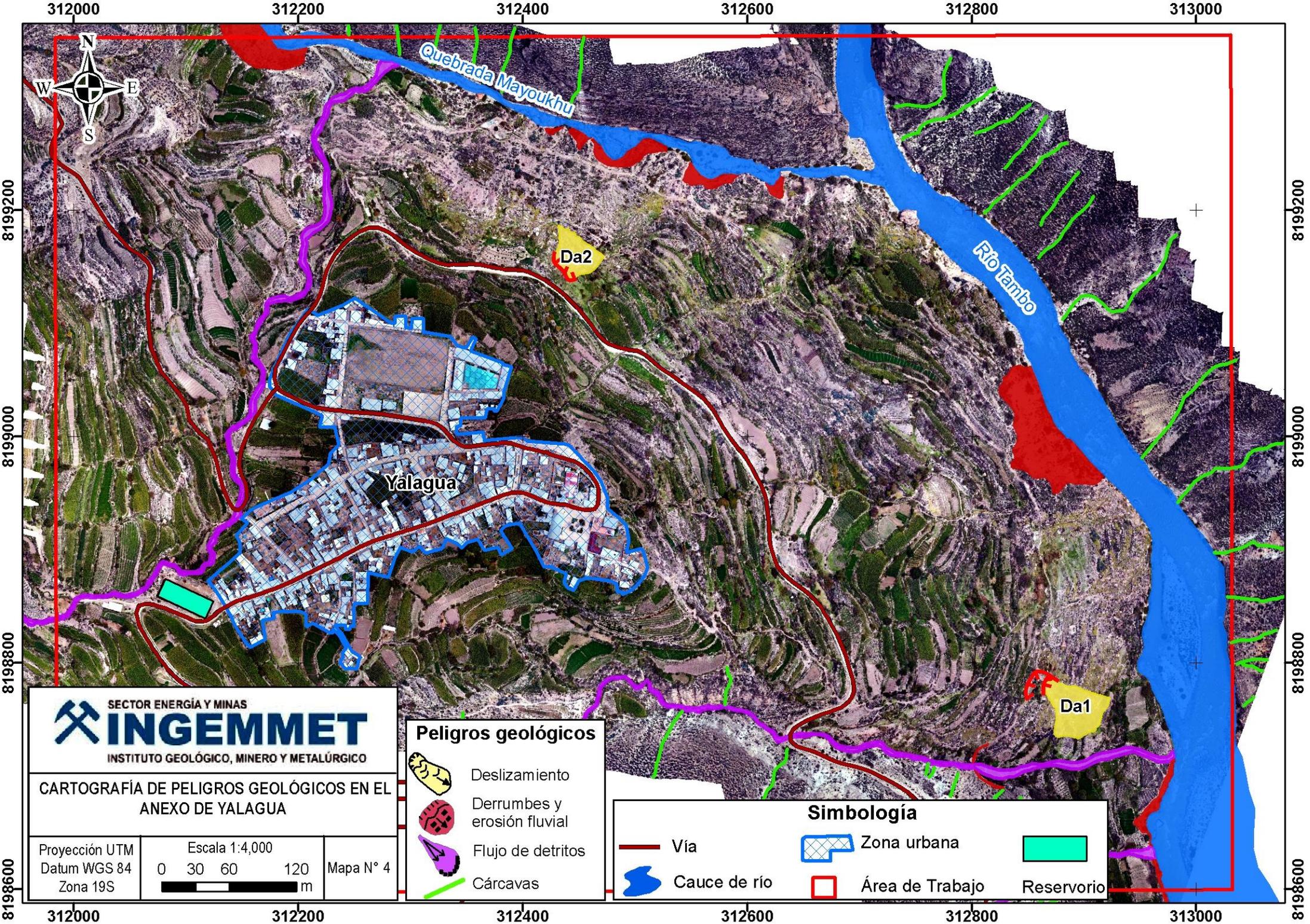
Yalagua

Río Tambo

8199200 8199000 8198800 8198600

312000 312200 312400 312600 312800 313000

8198600



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ANEXO DE YALAGUA

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:4,000

0 30 60 120 m

Mapa N° 4

Peligros geológicos

-  Deslizamiento
-  Derrumbes y erosión fluvial
-  Flujo de detritos
-  Cárcavas

Simbología

-  Vía
-  Cauce de río
-  Zona urbana
-  Área de Trabajo
-  Reservorio

ANEXO 2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Mitigación de peligros por inundación y erosión fluvial

Para disminuir los daños por inundaciones, se hace necesario aplicar las siguientes medidas:

- a) Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello, se debe construir espigones laterales, enrocados o gaviones para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce. (figura 22).

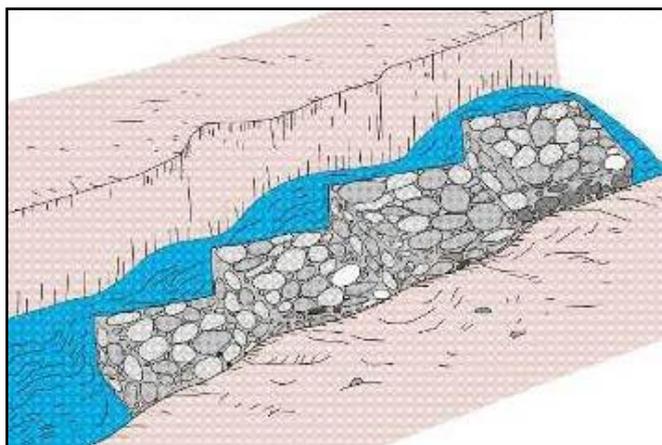


Figura 22. Gaviones para encauzar el lecho del río.

- b) Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización (figura 23).

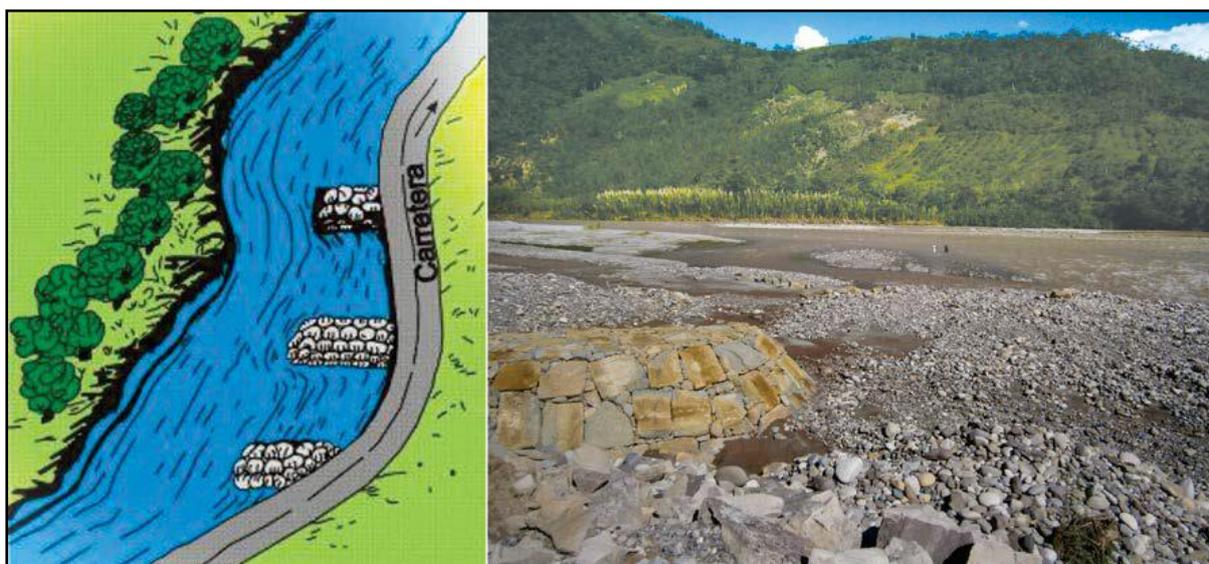


Figura 23. Espigones para proteger las terrazas

Mitigación de peligros por flujo de detritos (huaico) – (huaicos)

Para disminuir los daños por flujos, es necesario aplicar las siguientes medidas:

- a) Canalizar el cauce principal de los lechos de los ríos o quebradas y aluviales secos; al reducir los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales, siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Hay que considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional, caso del fenómeno El Niño. Es decir, el encauzamiento debe considerar un diseño que pueda resistir máximas avenidas sin que se produzcan desbordes.
- b) Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- c) Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos; tales como presas tipo SABO, aplicadas en Japón (este término se usa para describir un grupo de diferentes estructuras que utilizan para controlar un huaico). Ya sea presas de control, de rendijas, con pantalla de infiltración de fondo, tipo rejillas y las barras flexibles que debido a la permeabilidad de la red los flujos se drenan como resultado de la retención del material sólido; fosas de decantación; etc. (figura 24).
- d) Muchas de las quebradas, torrenteras o chorreras que generan huaicos periódicos en la región pueden ser controladas en las carreteras mediante badenes de concreto o mampostería de piedra, alcantarillas, pontones o puentes, entre otros, en función de las características geodinámicas y topográficas de la quebrada. Es preciso mencionar que estas obras de infraestructuras, que atraviesen estos cauces, deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas que provienen de la cuenca media y alta evitándose obstrucciones y represamientos violentos.
- e) Además, estas obras deben ser acompañadas de obras de canalización y limpieza del cauce de la quebrada aguas arriba; así como obras de defensa contra erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto) ya mencionados.

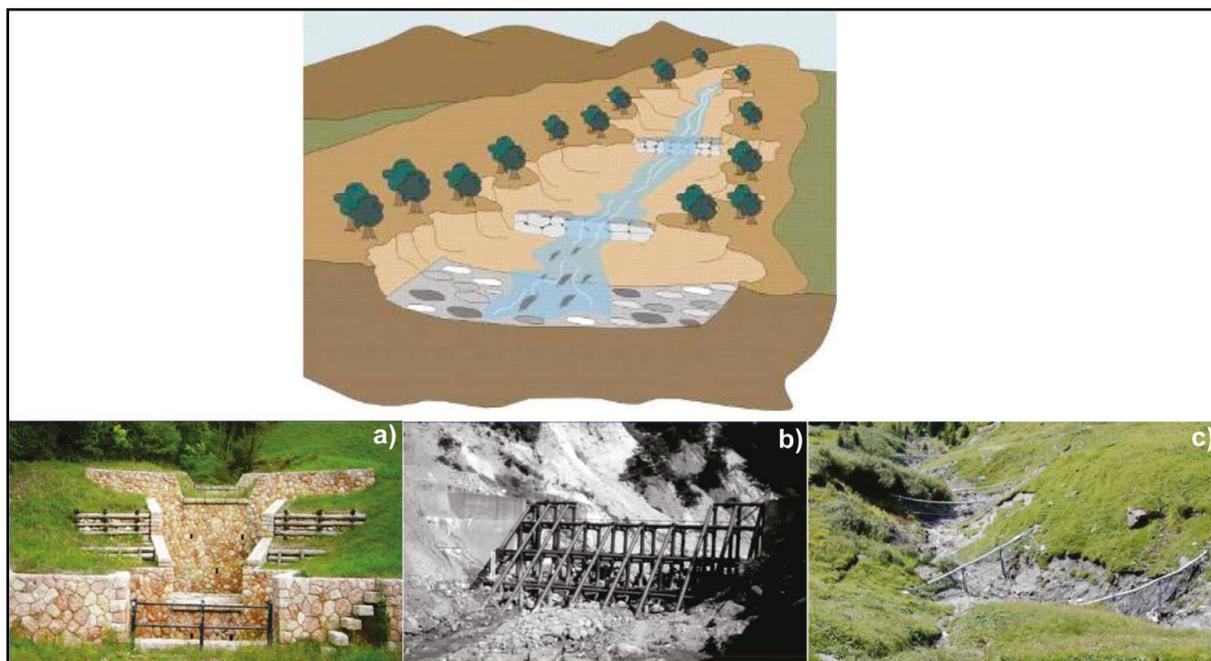


Figura 24. Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos: a) tipo SABO, b) tipo rejilla, c) barras flexibles.

Mitigación de peligros por deslizamientos

Para disminuir los daños por deslizamiento, es necesario aplicar las siguientes medidas:

- a) En el caso de los deslizamientos no muy rápidos y poco profundos, son recomendables las obras de drenaje superficial sobre la masa deslizada que debe realizarse una vez que estas se han estabilizado (zanjas de sistema de drenaje perimetrales, **en espina de pez**) y la modificación de la geometría al actuar sobre dos de los factores principales que condicionan las inestabilidades. Otras medidas, como la instalación de anclajes y bulones, son recomendables en caso de inestabilidades en macizos rocosos para evitar los deslizamientos y desprendimientos de bloques; no son efectivas en deslizamientos en suelos (a no ser que se instalen sobre muros o vigas que reparan las fuerzas de forma uniforme); en este último caso son más efectivos los elementos resistentes como pilotes, muros o pantallas.

En la figura 25 se presenta un esquema de la estabilización de un extenso deslizamiento superficial en suelos residuales limo-arcillosos. Las medidas de corrección o estabilización de laderas están encaminadas a prevenir los procesos y mitigar los daños. Cabe mencionar que los deslizamientos o flujos de dimensiones importantes, incluso con velocidades muy bajas, son muy difíciles o imposibles de detener.

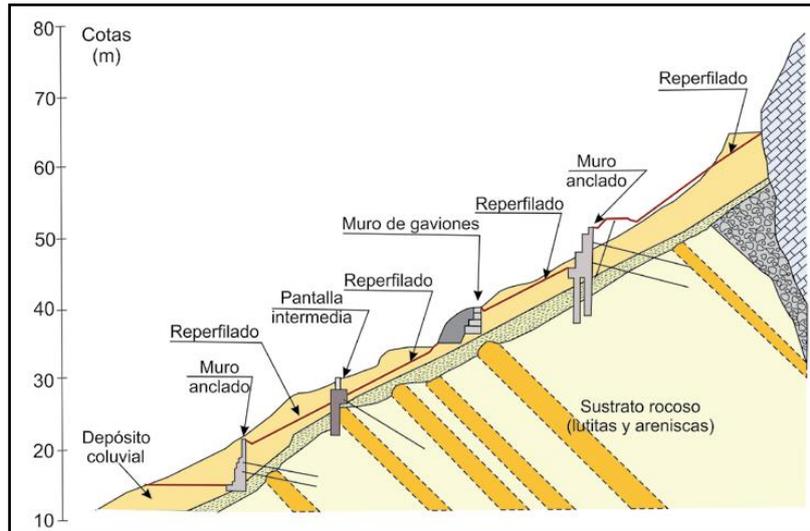


Figura 25. Esquema de las medidas de contención de un deslizamiento en suelo coluvial arcillo-limoso con sustrato formado por lutitas y areniscas. Rodríguez, Ortiz, 1997.

- b) Otra medida es la construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (figura 26). El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud para estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta, además, como un elemento resistente propiamente dicho. Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante.

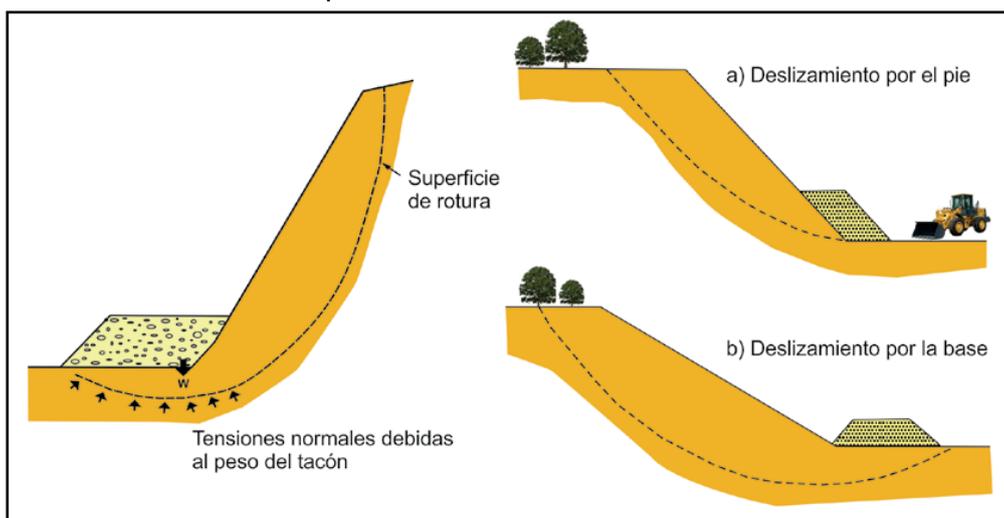


Figura 26. Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno, en el pie de un talud (izquierda), colocación de escollera según el ángulo de rozamiento interno del terreno (derecha). Ayala, 2002.

- c) En ocasiones se emplean muros; para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención en el pie, como se muestra en la figura 27, Sin embargo, esta medida puede tener varios inconvenientes a la hora de la construcción ya que al excavar en el pie del talud puede favorecer la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Además, el muro puede no ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo, como se aprecia en la figura.

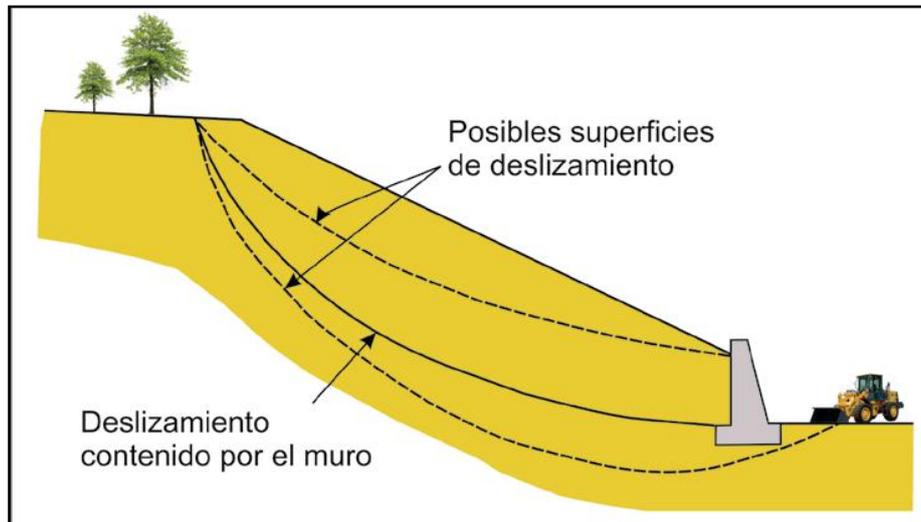


Figura 27. Control de un deslizamiento mediante un muro. Ayala, 2002.