

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7383

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOHIDROLÓGICO POR INUNDACIÓN Y EROSIÓN FLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE TONGOD

Departamento Cajamarca
Provincia San Miguel
Distrito Tongod



MAYO
2023

***EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOHIDROLÓGICO POR INUNDACIÓN Y EROSIÓN
FLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE TONGOD***

Distrito Tongod, provincia San Miguel, departamento Cajamarca

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

Equipo de investigación:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación del peligro geohidrológico por inundación y erosión fluvial en la localidad de Tongod, distrito Tongod, provincia San Miguel, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7383, 31 p.

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	5
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO	9
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	9
3.1.1. Centro Volcánico San Pedro - Evento 7 (Po-spE7)	9
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	10
4.2. Pendiente del terreno.....	11
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	12
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	13
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	13
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
5.1. Inundación y erosión fluvial en la Quebrada Quitahuasi.....	16
5.1.1. Descripción	16
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	21
6. CONCLUSIONES	23
7. RECOMENDACIONES	24
8. BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXO 1. MAPAS	26
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	30

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”. Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El presente documento es el resultado de la evaluación del peligro por inundación y erosión fluvial en la localidad Tongod, distrito Tongod, provincia San Miguel, departamento Cajamarca.

En el área se muestran depósitos fluviales conformados por arenas bien graduadas, que cubren al basamento rocoso correspondiente a secuencias de lavas andesíticas del Centro Volcánico San Pedro, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.

La geoforma corresponde a llanura o planicie inundable, con pendiente del terreno promedio de 4° (suave); la quebrada Quitahuasi no tiene un adecuado encausamiento.

En el año 2023, lluvias extremas y prolongadas en la quebrada Quitahuasi provocaron el incremento de caudal de esta (avenidas), que, al no contar con defensas ribereñas adecuadas, generaron inundación fluvial que afectó la localidad de Tongod. Dañando viviendas (10), un puente peatonal, tres puentes carrozables y terrenos de cultivo (0.5 ha) y pastoreo, el área total afectada fue 16 215 m².

El factor detonante corresponde a precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como la ocurrida el 09 de marzo del 2021, que en la estación Quilcate-San Miguel registro 42.7 mm/día.

Por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, que presenta el terreno, se considera como de **Zona Crítica de Peligro Muy Alto** ante inundación y erosión fluvial.

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, sean tomadas en cuenta, tanto por las autoridades competentes y tomadores de decisiones, donde se recomienda la conformación definitiva de la Quebrada Quitahuasi, así mismo construir defensas ribereñas adecuadas, programar actividades de mantenimiento y la declaratoria de la faja marginal intangible. Preparar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud remitida por el Gobierno Regional de Cajamarca según Oficio N°D000301-2021-GRC-ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros en la quebrada Quitahuasi, ante la probabilidad de inundación y erosión fluvial en la localidad de Tongod.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros del sector mencionado; llevado a cabo el día 18 de febrero del 2023.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Tongod, Municipalidad Provincial de San Miguel, Gobierno Regional Cajamarca y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la Reducción del Riesgo de Desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros en la localidad de Tongod, distrito Tongod, provincia San Miguel, departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el área evaluada, se tienen:

- Boletín N° 38 Serie A, Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Wilson, 1984) describe la geología a una escala 1:100 000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen macizos rocosos de brechas piroclásticas andesíticas de la Formación Llama. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet); menciona que en la zona se tienen Intercalaciones de flujos piroclásticos de cenizas con flujos de pómez y cenizas del Centro Volcánico San Pedro - Evento 7.
- En Boletín N° 44 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011) presenta un mapa de susceptibilidad a inundación fluvial, a escala 1:250 000; donde la zona evaluada se sitúa sobre susceptibilidad baja a moderada ante la ocurrencia de inundaciones fluviales.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde a la localidad Quebrada Quitahuasi en la localidad Tongod, distrito Tongod, provincia San Miguel, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	740680	9253040	-6.752801	-78.822571
2	740680	9252360	-6.758948	-78.822548
3	740030	9252360	-6.758975	-78.828423
4	740030	9253040	-6.752828	-78.828453
Coordenada central de los peligros identificados				
Inundación y erosión fluvial Quebrada Quitahuasi	740272	9252697	-6.755922	-78.826256

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Tongod, tiene una población de 586 habitantes, distribuidos en 260 viviendas, con acceso a red pública de agua, energía eléctrica y desagüe.

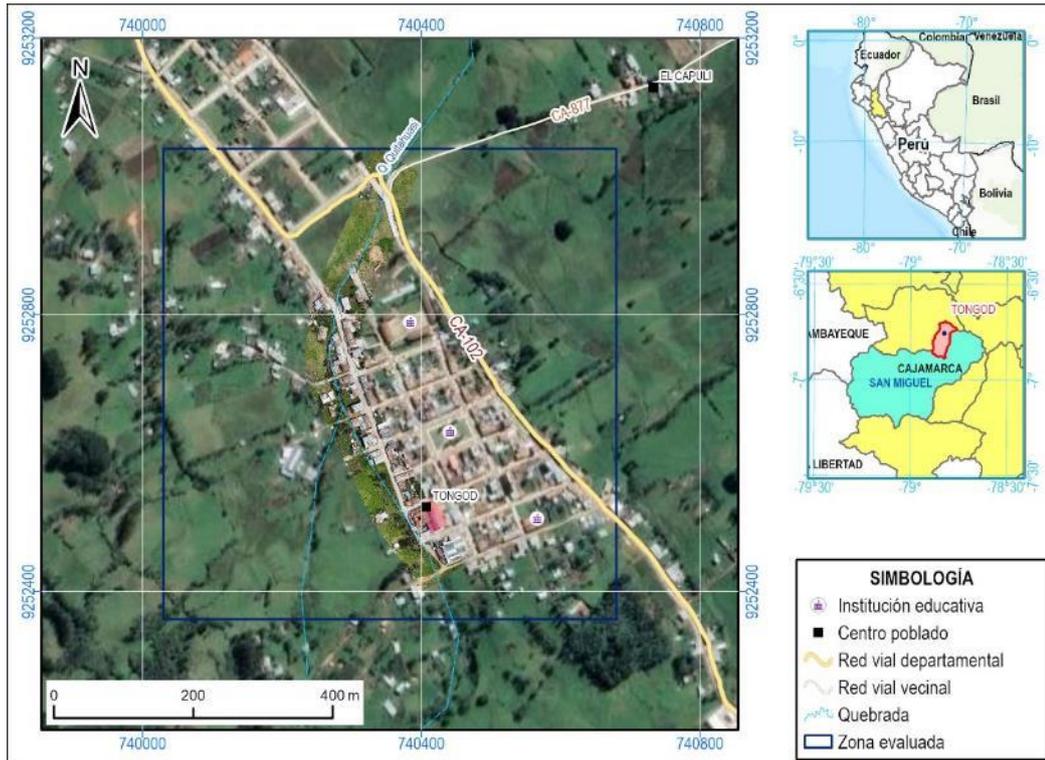


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta la localidad evaluada, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía nacional PE-3N hasta la localidad de El Empalme, luego a través de la carretera CA-102 hasta la localidad de Tongod, tal como se detalla en la siguiente ruta (Cuadro 1, Figura 2):

Cuadro 1. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – El Empalme (PE-3N)	Asfaltada	68	1 hora 45 minutos
El Empalme – Tongod (CA-102)	Afirmada	29	1 hora 15 minutos

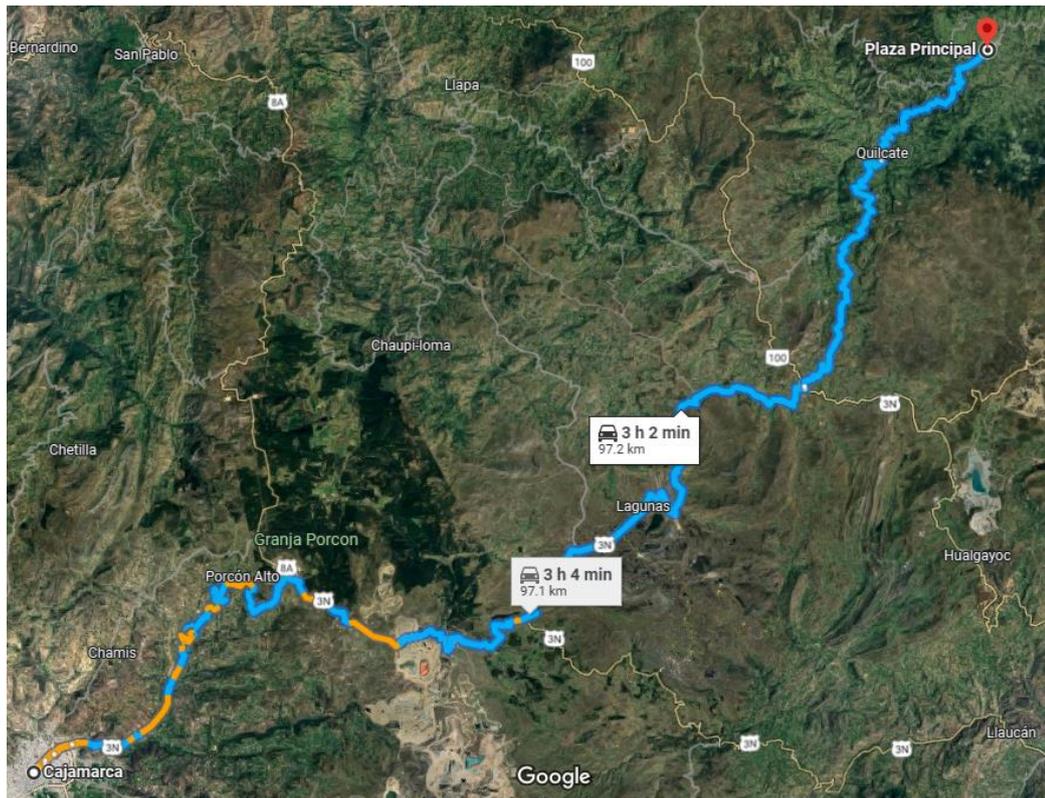


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca a la localidad Tongod. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Lluvioso con otoño e invierno secos, templado (B (o, i) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 23°C, una temperatura mínima promedio desde 3°C y una precipitación anual entre 700 mm a 1 500 mm.

Durante el mes de marzo (mes más lluvioso), el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 42.7 mm/día (2021, figura 3) considerados por el Senamhi como Extremadamente Lluvioso, para la provincia de San Miguel (Senamhi, 2014).

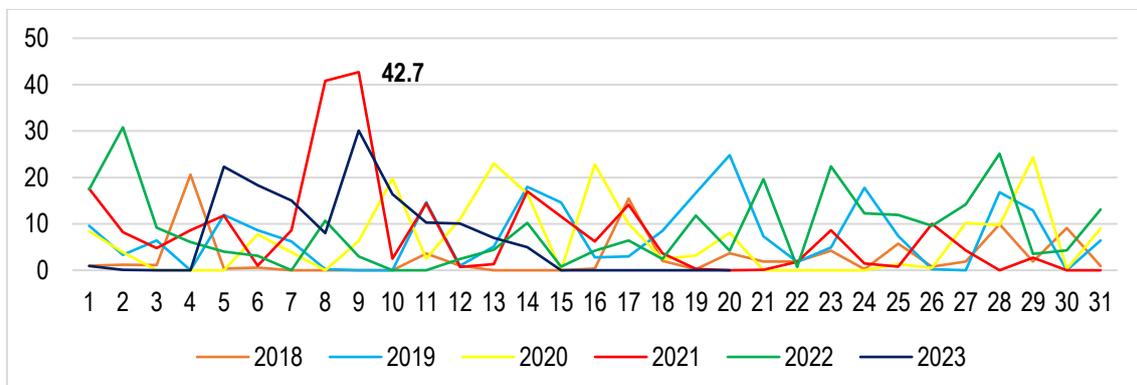


Figura 3. Precipitación diaria en el marzo durante los años 2018-2023, en la Estación Quilcate (San Miguel). **Fuente:** Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Arcilla: Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Inundación fluvial: Terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 38 Serie A, Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Wilson, 1984); como también se toma referencia del reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); los cuales se complementaron con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa e inundación fluvial (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Corresponden a la secuencias volcánico sedimentarias de flujos piroclásticos y de cenizas; cobтурadas por depósitos cuaternarios originados por movimientos en masa.

3.1.1. Centro Volcánico San Pedro - Evento 7 (Po-spE7)

Corresponde a intercalaciones de flujos piroclásticos de cenizas, gris amarillentos a blanquecinos; y flujos de pómez y cenizas, gris verdosos; con un espesor promedio de 250m. En la zona evaluada sus macizos se encuentran cobтурados por depósitos fluviales.

Estas rocas se encuentran medianamente fracturadas y altamente meteorizadas, por lo cual genera fragmentos de rocas con dimensiones de hasta 0.3 m, son de formas sub angulosas, por tener poco recorrido.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito Fluvial (Q-fl)

Corresponde a acumulaciones de gravas, arenas y limos transportadas en el cauce de ríos y quebradas; en la zona encontramos estos depósitos en las inmediaciones y en el cauce de la quebrada Quitahuasi, al oeste de la localidad de Tongod.



Fotografía 1. Vista del cauce de la quebrada Quitahuasi, lugar de acumulación constante de depósitos fluvial.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utiliza imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en febrero del 2023 por el Ingemmet, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta elevaciones que van desde los 2 595 m hasta los 2 631 m, en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (Figura 4), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con menor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 605 y 2 615 m, con pendiente promedio de llana a suave pendiente ($<5^\circ$) correspondiente a depósitos fluviales y a una geoforma de llanura o planicie inundable.

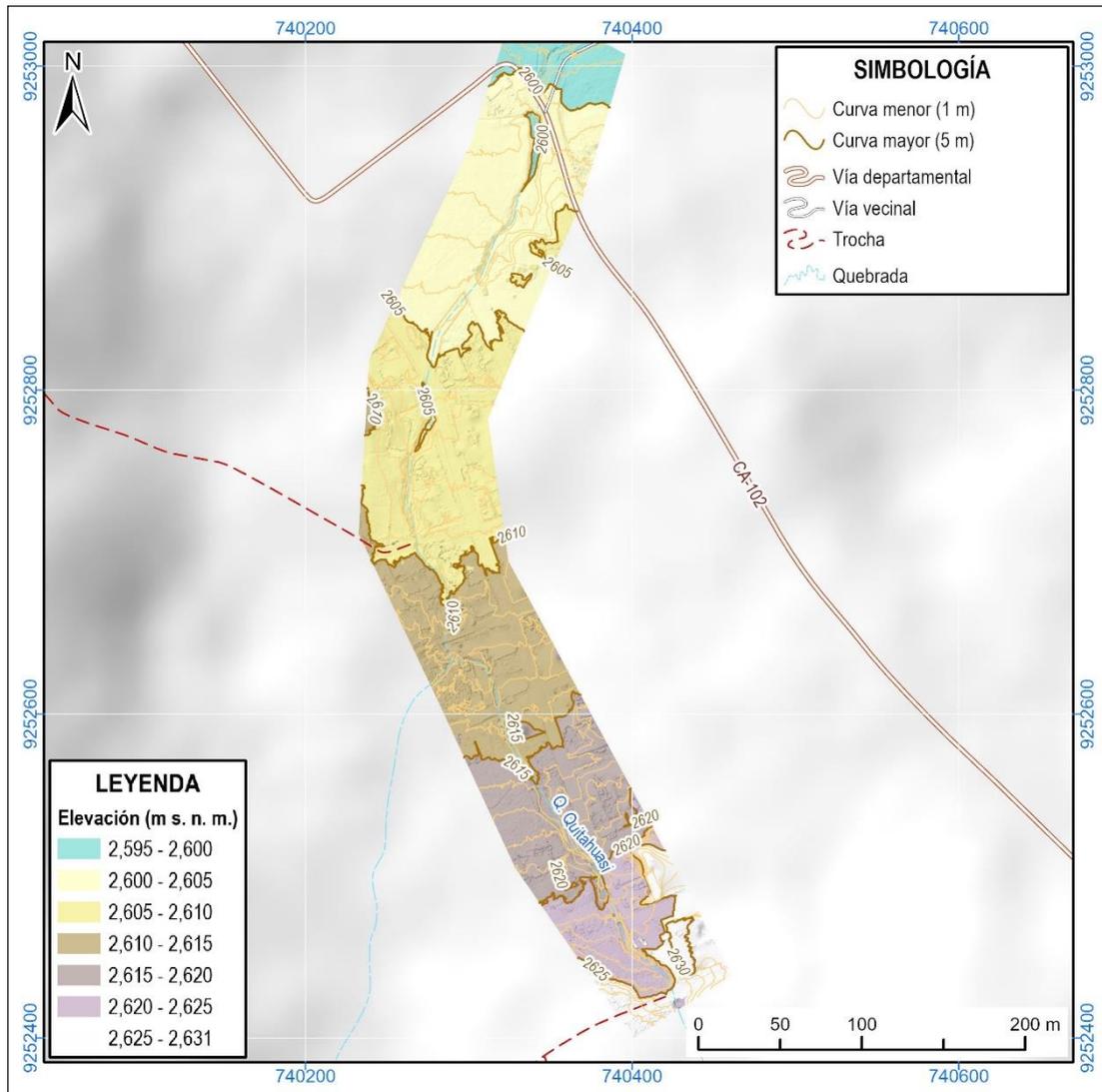


Figura 4. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

El centro poblado Tongod presenta terrenos con pendientes que varía de llanos en las cercanías al cauce de la quebrada Quitahuasi ($<1^\circ$) a moderadas (5° a 15°) en las planicies piroclásticas (Figura 5, Mapa 2).

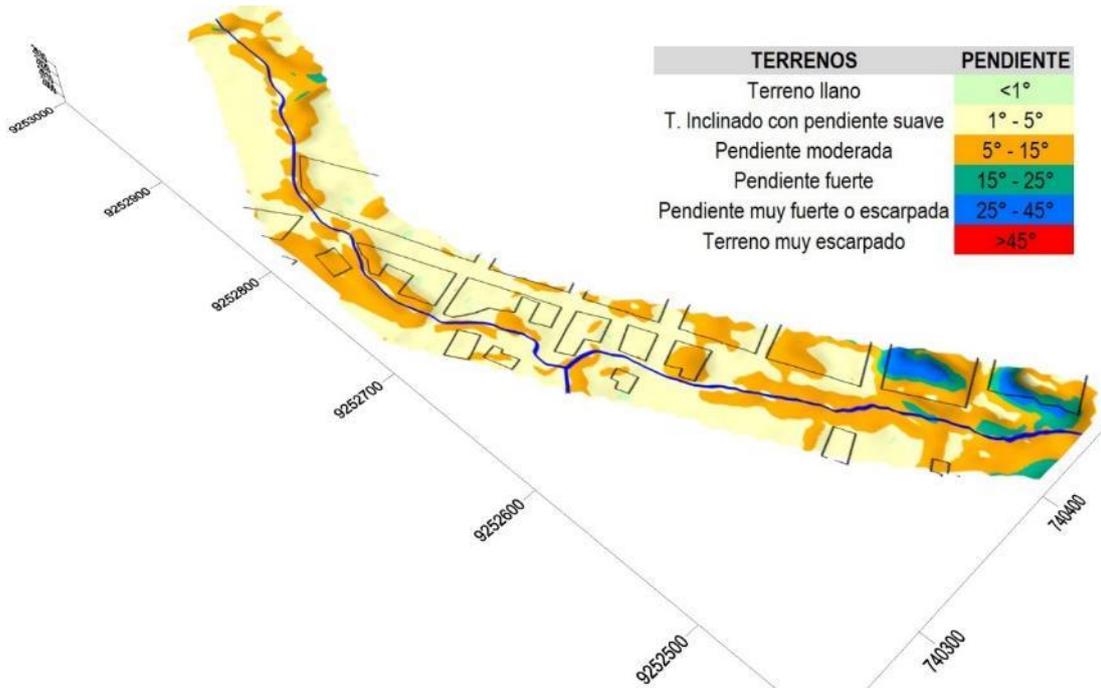


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes de la localidad Tongod; la quebrada Quitahuasi se muestra en azul.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (planicie piroclástica y volcanoclástica), como de carácter deposicional y agradacional (piedemonte fluvial, terraza aluvial y terraza fluvial); las geoformas se grafican en la figura 6 en el Mapa 3.

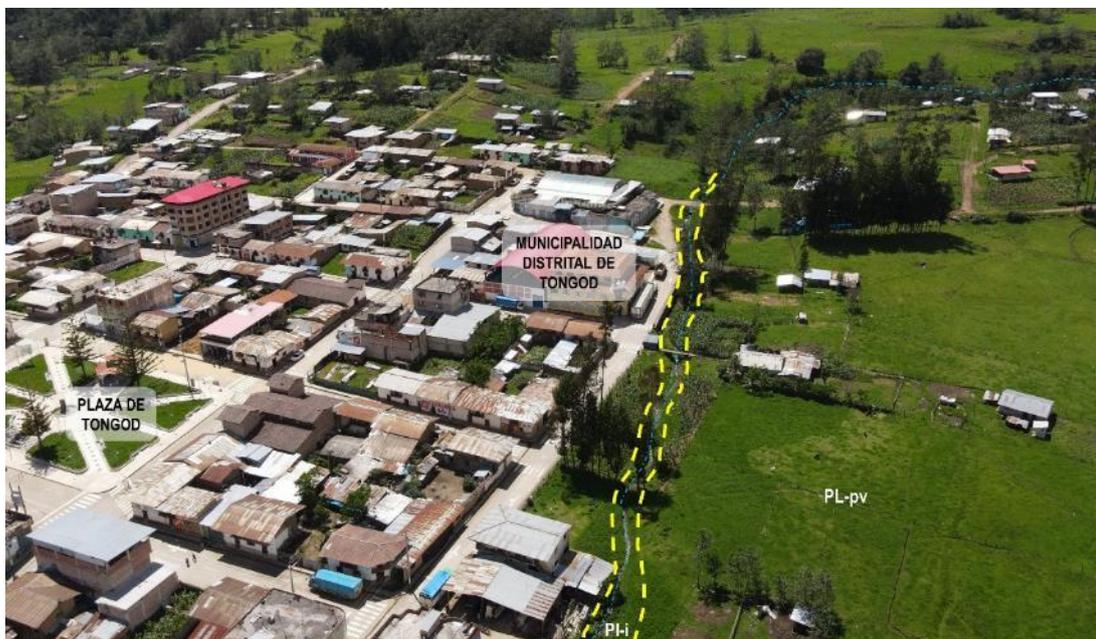


Figura 6. Geoformas de la localidad Tongod: PL-pv: Planicie piroclástica y volcanoclástica y PI-i: Ilanura o planicie inundable.

4.3.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidades Volcánicas

En esta unidad se agrupan los paisajes generados por la actividad volcánica y por sus productos, los cuales han sufrido en diverso grado los efectos de la denudación, pero que todavía conservan rasgos definidos de sus formas iniciales (Villota, 2005).

- **Sub unidad de planicie piroclástica y volcanoclástica (PL-pv)**

Se presentan a lo largo de toda la localidad de Tongod, conformando terrenos con pendiente de moderadas (5° a 15°) y relieve suave, debido a la baja resistencia geológica de las rocas volcano sedimentarias presentes.

4.3.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Planicies

- **Subunidad de llanura o planicie inundable (PI-i)**

Se ubica en el cauce y en los terrenos próximos a la quebrada Quitahuasi, donde la pendiente suave (1° a 5°) hace que las corrientes torrenciales constantes depositen suelos arenosos con poco contenido de bloques y gravas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En la localidad de Tongod, se presentan constantes episodios de inundación fluvial originados por crecidas de la quebrada Quitahuasi; estos procesos afectan viviendas (Fotografía 2), puentes (Fotografía 3) y terrenos de cultivo o pastoreo (Fotografía 4); debido a la falta de una canalización adecuada, implementar medidas correctivas y delimitación de las fajas marginales intangibles.



Fotografía 2. Vivienda inundada por el desborde de la quebrada Quitahuasi en marzo del 2022. **Fuente:** Cajamarca Noticiosa.



Fotografía 3. Trabajos de rehabilitación en un puente carrozable colapsado en la quebrada Quitahuasi, en abril del 2021. **Fuente:** Municipalidad Distrital de Tongod.



Fotografía 4. Desborde de la quebrada Quitahuasi sobre terrenos de pastoreo en marzo del 2023. **Fuente:** Municipalidad Distrital de Tongod.

El 4 de abril del 2023 a las 14 horas, aproximadamente, se produjo una nueva activación de la quebrada Quitahuasi, en esta ocasión se produjo la inundación de 10 viviendas (Fotografía 6), la pérdida de 4 animales de ganado y el desborde de las aguas hacia las calles de la localidad de Tongod (Fotografía 8).



Fotografía 5. Desborde de la quebrada Quitahuasi el 4 de abril del 2023. **Fuente:** Municipalidad Distrital de Tongod.



Fotografía 6. Ingreso de las aguas de la quebrada Quitahuasi a las calles de la localidad de Tongod el 4 de abril del 2023. **Fuente:** Municipalidad Distrital de Tongod.

5.1. Inundación y erosión fluvial en la Quebrada Quitahuasi

5.1.1. Descripción

La quebrada Quitahuasi ha formado una llanura o planicie inundable con pendiente suave (1° a 5°), conformado por arenas bien graduadas; lugar de eventos de inundación fluvial constantes que erosionan los bordes de su cauce y afectación de las viviendas de la localidad de Tongod (Mapa 4).

Para poder visualizar un posible episodio de desborde e inundación de la quebrada Quitahuasi, se ha utilizado un modelo computacional con el programa IBER (Figura 7), que muestra el resultado de un análisis de inundaciones fluviales (a un caudal de $5 \text{ m}^3/\text{s}$), mostrando que las aguas de la quebrada se desbordarían y afectarían gran parte de las viviendas, puentes y terrenos de cultivo o pastoreo de la localidad de Tongod. Esto se debe por falta de medidas de control definitivas.

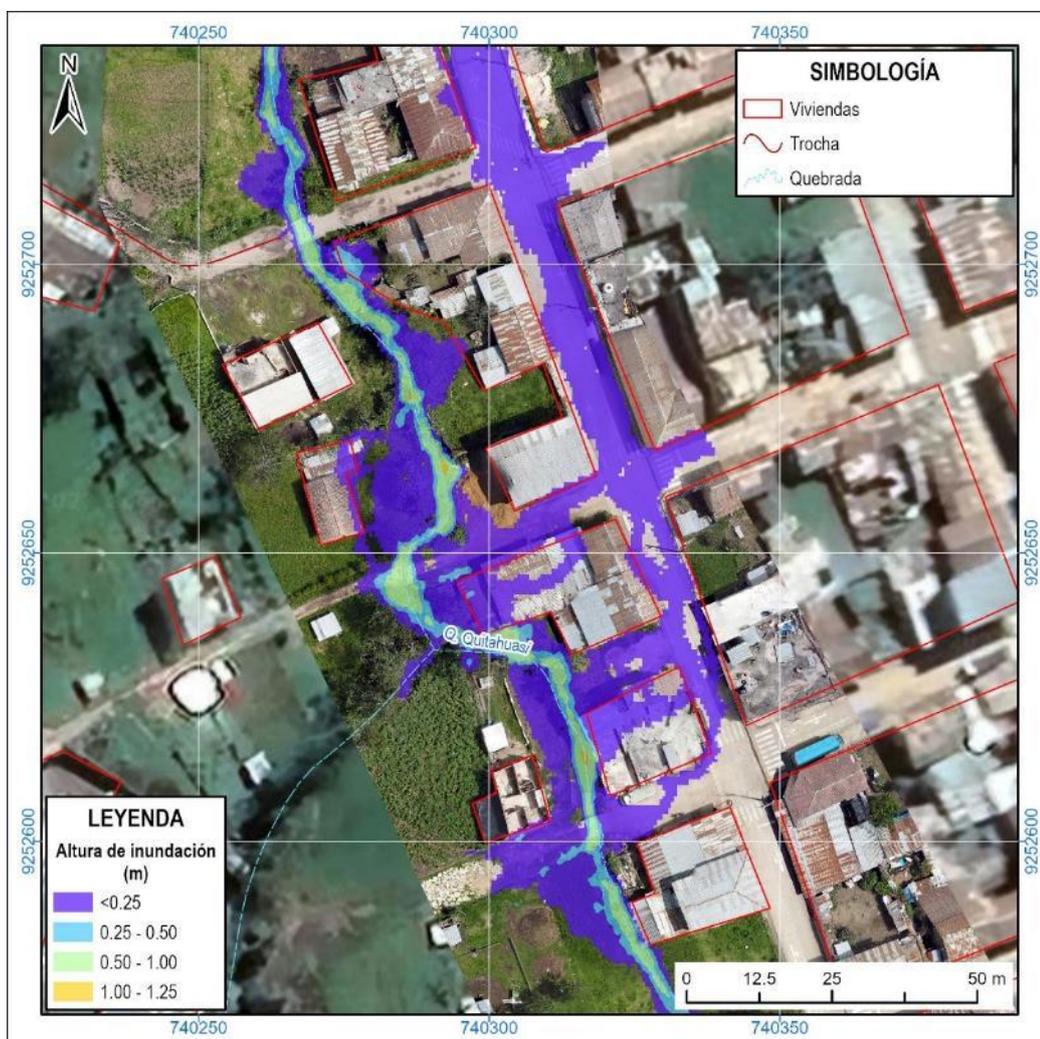


Figura 7. Análisis de un posible evento de inundación fluvial en la localidad de Tongod, con el programa informático IBER, en base al modelo digital de elevaciones obtenido con dron; caudal de $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

En situaciones extremas (eventos de El Niño o El Niño Costero), el análisis realizado, con un caudal de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, se muestra que las aguas de la quebrada Quitahuasi inundarían las calles de la localidad de Tongod con mucha más intensidad, lo que podría afectar a una mayor cantidad de viviendas (Figura 8).

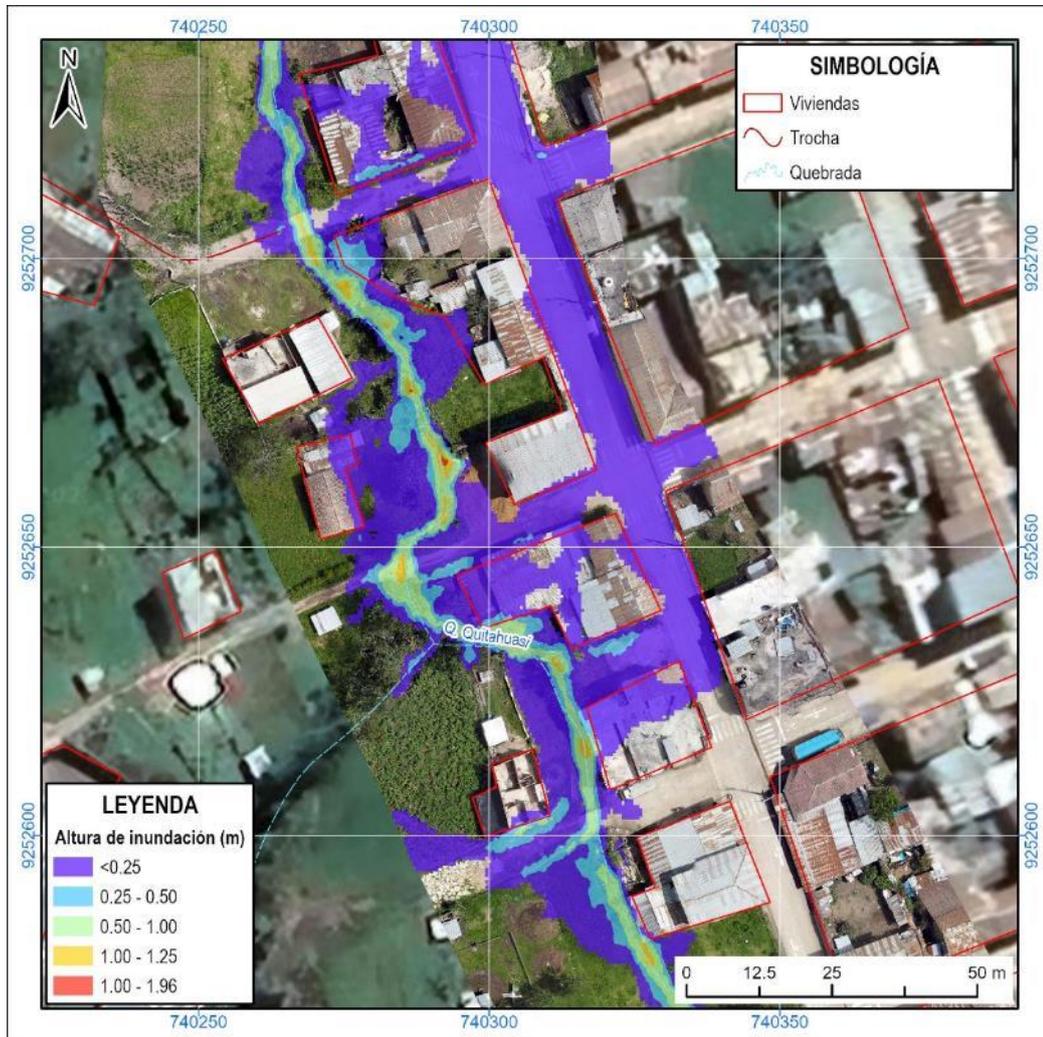


Figura 8. Análisis de un posible evento de inundación fluvial en la localidad de Tongod, con el programa informático IBER, en base al modelo digital de elevaciones obtenido con dron; caudal de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

A continuación, se muestra en detalle los sectores susceptibles a ser afectados por inundación fluvial en la quebrada Quitahuasi (Figuras 8 – 16).



Figura 9. Parte alta de la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 0.6 m.
Ubicación: E: 740420, N: 9252440, Z: 2622.



Figura 10. Puente peatonal susceptible a erosión fluvial, probable altura de inundación de 0.8 m.
Ubicación: E: 740364, N: 9252515, Z: 2616.



Figura 11. Vivienda, puente carrozable y terreno de pastoreo susceptibles a desborde de la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 0.8 m. **Ubicación:** E: 740319, N: 9252600, Z: 2613.



Figura 12. Viviendas, puente carrozable y terreno de cultivo susceptibles a desborde de la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 1 m. **Ubicación:** E: 740317, N: 9252615, Z: 2611.



Fotografía 7. Inundación fluvial registrada el 04 de abril del 2023 en el sector de las figuras 10 y 11.



Figura 13. Viviendas, puentes carrozables y terrenos de cultivos susceptibles a desborde de la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 0.9 m. **Ubicación:** E: 740271, N: 9252707, Z: 2609.



Figura 14. Viviendas susceptibles a desborde de la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 0.9 m. **Ubicación:** E: 740280, N: 9252707, Z: 2609.



Fotografía 8. Inundación fluvial registrada el 04 de abril del 2023 en el lugar de las figuras 12 y 13.



Figura 15. Puente carrozable susceptible a erosión por la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 0.9 m. **Ubicación:** E: 740267, N: 9252703, Z: 2608.



Figura 16. Terreno de cultivo susceptible a desborde de la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 1.2 m. **Ubicación:** E: 740273, N: 9252796, Z: 2604.



Figura 17. Terreno de pastoreo susceptible a desborde de la quebrada Quitahuasi, probable altura de inundación de 1.4 m. **Ubicación:** E: 740345, N: 9252998, Z: 2598.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de peligro: Inundación y erosión fluvial.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Muy rápido.
- Composición: Suelos de arenas bien graduadas (SW); compuestos por bloques (15%), cantos (5%), gravas (10%), gránulos (10%), arenas (55%), limos y arcillas (5%); teniendo los cantos bloques y gravas forma redondeada (Cuadro 2).

Morfometría – cuenca media de la quebrada (dentro del área evaluada):

- Área de afectación por la inundación fluvial: 16 215 m².
- Longitud del cauce de la quebrada evaluado: 780 m.
- Pendiente del terreno (promedio): 4°.
- Dirección de la quebrada: N355°.
- Ancho del área de posible afectación: 20 m.
- Altura máxima de inundación probable: 1.5 m.

6. CONCLUSIONES

- a. En la localidad de Tongod, la quebrada Quitahuasi viene originando eventos de inundación y erosión fluvial, debido a la falta de medidas de control estructurales (muros de contención) y no estructurales (delimitación de las fajas marginales intangibles), afecta 10 viviendas, un puente peatonal, tres puentes carrozables y 0.5 hectáreas de terrenos de cultivo y pastoreo.
- b. Los terrenos están conformados por depósitos fluviales de arenas bien graduadas, mientras el basamento rocoso corresponde a secuencias de depósitos piroclásticos del Centro Volcánico San Pedro, que se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.
- c. El material que conforman los depósitos fluviales corresponde a suelos arenas bien graduadas (SW); compuestos por bloques (15%), cantos (5%), gravas (10%), gránulos (10%), arenas (55%), limos y arcillas (5%); teniendo sus clastos gruesos forma redondeada.
- d. En la zona evaluada, el área de posible inundación y erosión fluvial abarca un área de 16 215 m², con una pendiente de terreno de 4° y un ancho promedio de 20 m, con un caudal de 5 m³/s, con un caudal mayor (de hasta 10 m³/s) el modelamiento muestra que las aguas de la quebrada Quitahuasi discurrirían intensamente por las calles de la localidad de Tongod, afectando a un mayor número de viviendas.
- e. Mediante el uso de la herramienta IBER se ha determinado una altura máxima de posible inundación de 1.5 m.
- f. La geoforma corresponde a llanura o planicie inundable, con pendiente suave (<5°), lo que favorece la ocurrencia de inundación fluvial.
- g. El factor detonante son las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como la acontecida del 09 de marzo del 2021 en la estación Quilcate, San Miguel (42.7 mm/día).
- h. Las áreas de impacto por inundación fluvial, cartografiados en la Quebrada Quitahuasi, en la localidad Tongod, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como **Zona Crítica de Peligro Muy Alto** ante inundación y erosión fluvial.

7. RECOMENDACIONES

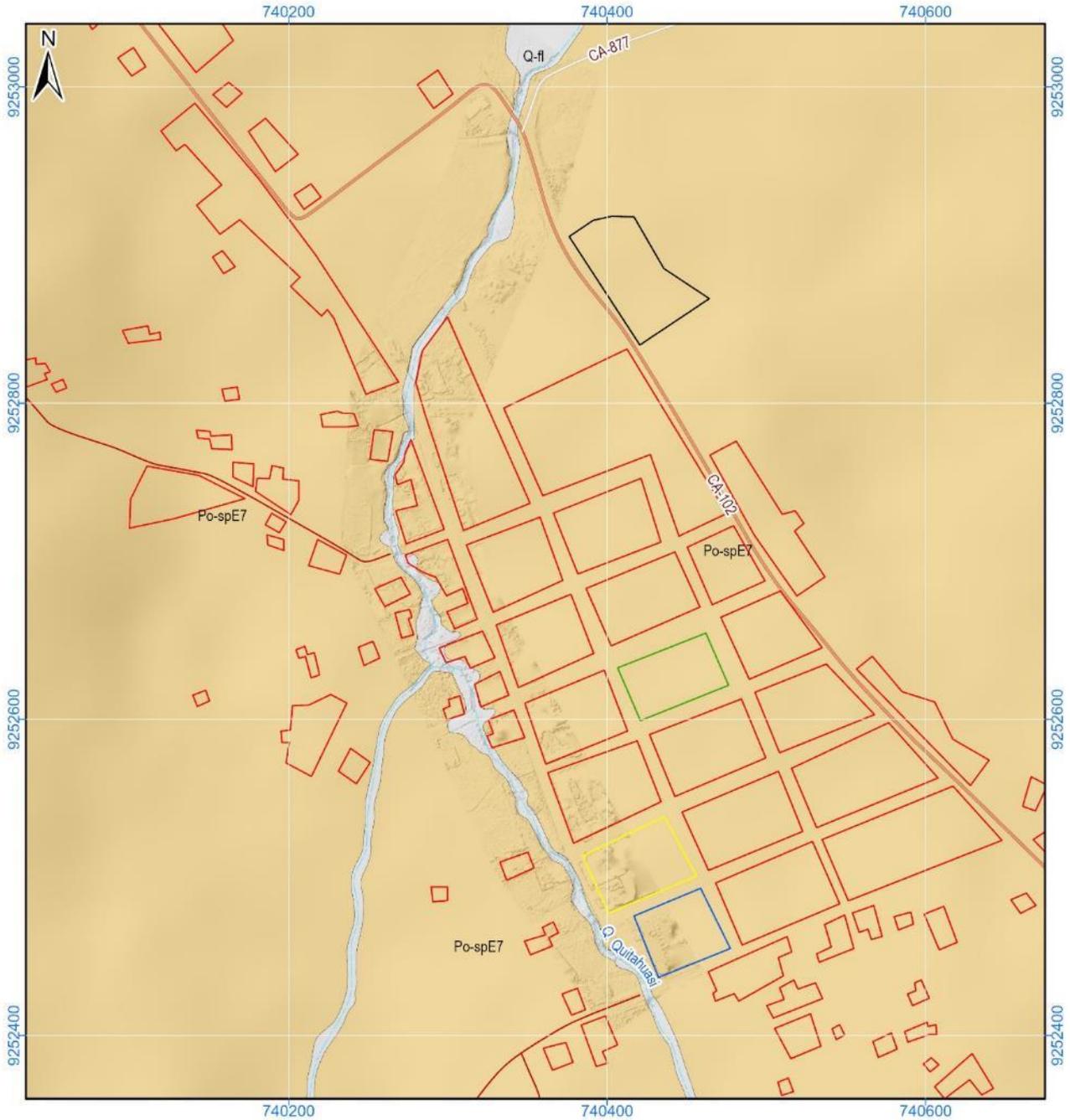
- a. Realizar la canalización definitiva de la Quebrada Quitahuasi, en el área urbana de la localidad Tongod.
- b. Construir defensas ribereñas, considerando las máximas avenidas, que impida el desborde.
- c. Programar actividades de mantenimiento de las infraestructuras de control de riesgos.
- d. Gestionar la delimitación de las fajas marginales intangibles de la quebrada Quitahuasi, para evitar la construcción de viviendas u otras infraestructuras en zonas de peligro.


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


.....
Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

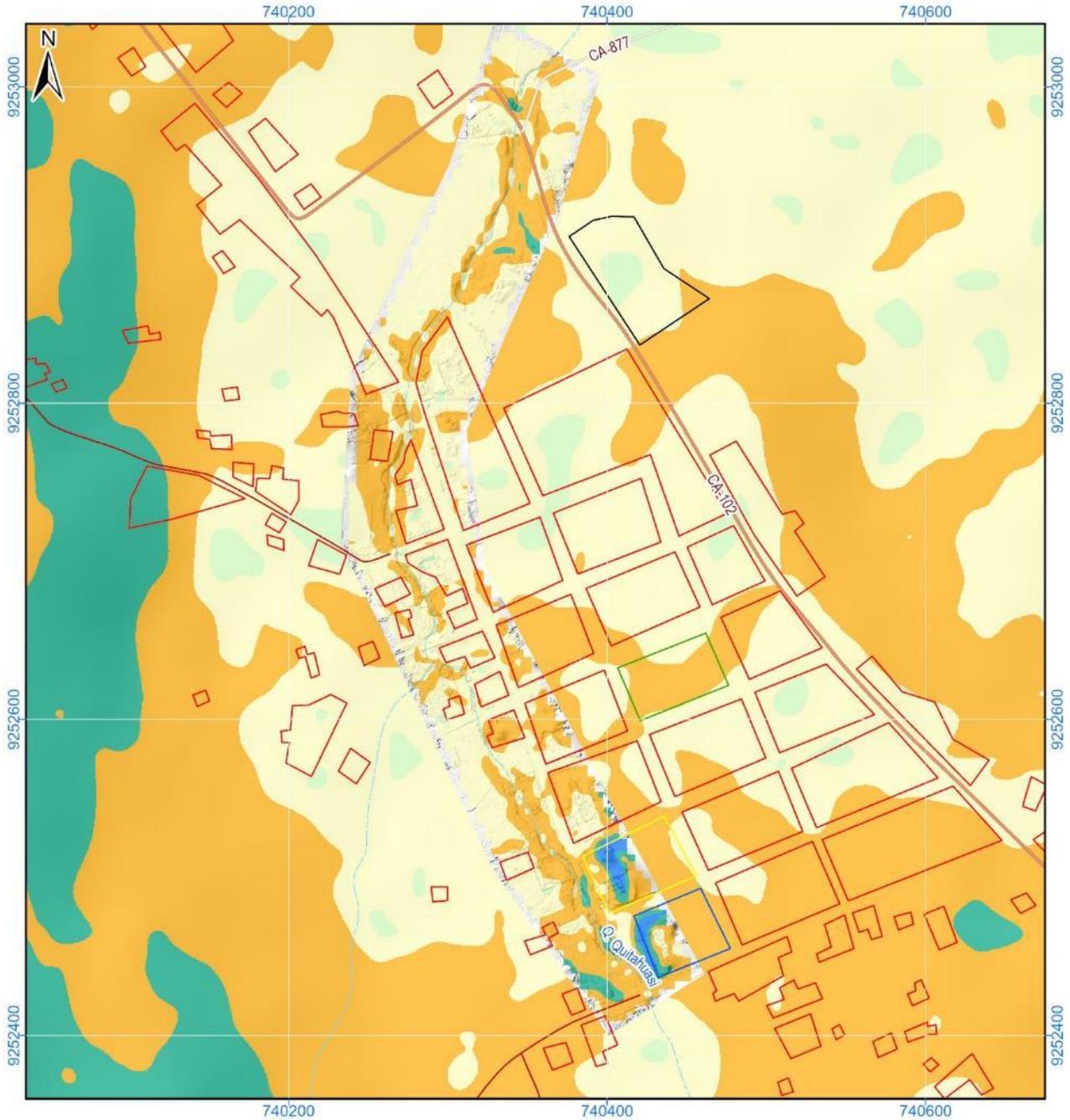
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén*. Ingemmet Boletín N° 38 Serie A (1a ed.).
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca*. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Trocha
	Quebrada
	Cementerio
	Mercado
	Municipalidad distrital de Tongod
	Plaza mayor
	Viviendas

LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Po-spE7: Centro Volcánico San Pedro - Evento 7

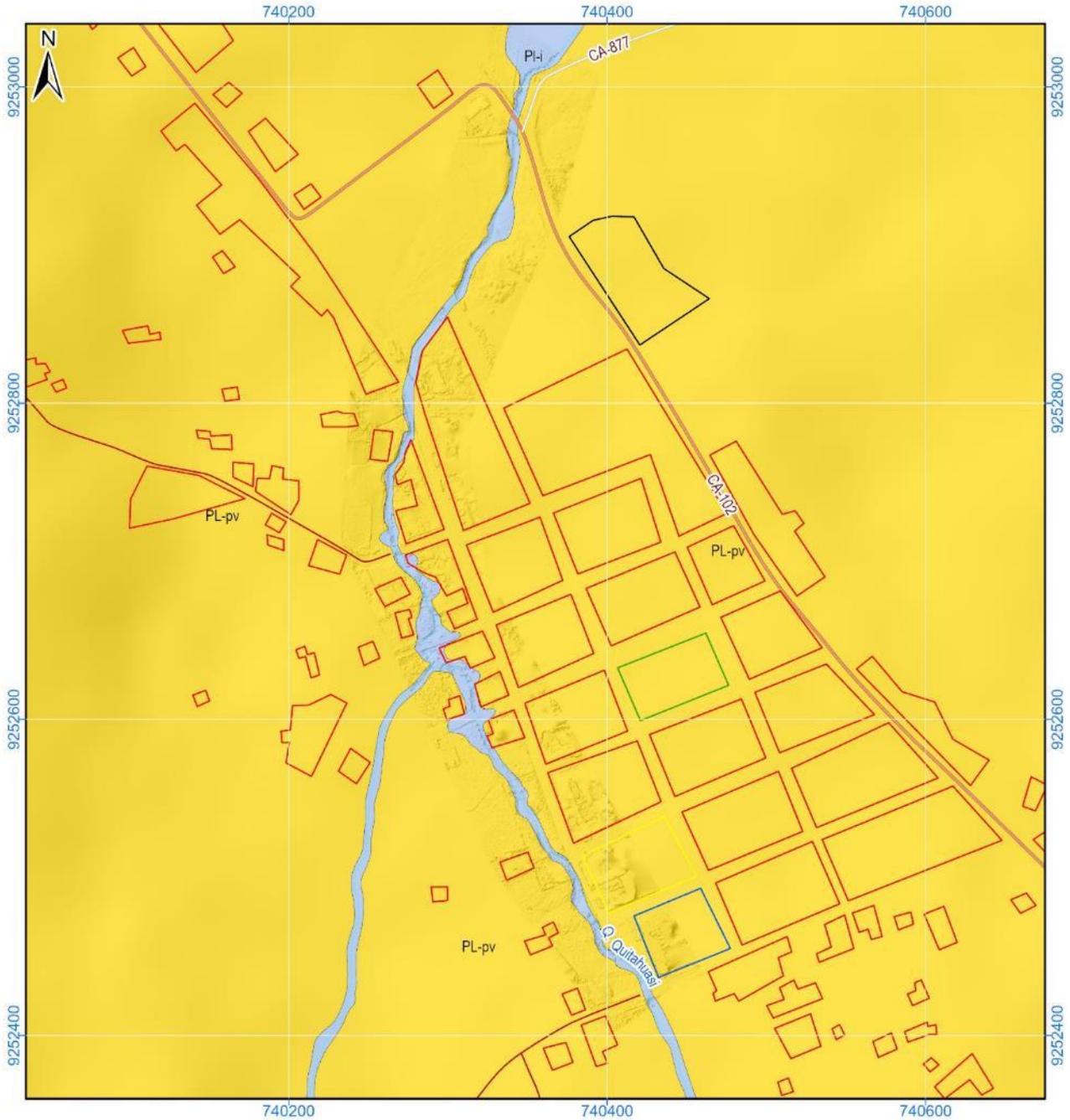
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SAN MIGUEL - TONGOD	
GEOLOGÍA DE LA LOCALIDAD TONGOD	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2023
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Trocha
	Quebrada
	Cementerio
	Mercado
	Municipalidad distrital de Tongod
	Plaza mayor
	Viviendas

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

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
CAJAMARCA - SAN MIGUEL - TONGOD	
PENDIENTES DEL TERRENO EN LA LOCALIDAD TONGOD	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2023
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Trocha
	Quebrada
	Cementerio
	Mercado
	Municipalidad distrital de Tongod
	Plaza mayor
	Viviendas

LEYENDA	
	PI-i: Llanura o planicie inundable
	PL-pv: Planicie piroclástica y volcanoclástica

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SAN MIGUEL - TONGOD		
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD TONGOD		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 3
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Trocha
	Quebrada
	Dirección de movimiento activo
	Cementerio
	Mercado
	Municipalidad distrital de Tongod
	Plaza mayor
	Viviendas

LEYENDA	
	Inundación y erosión fluvial



 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - SAN MIGUEL - TONGOD	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS EN LA LOCALIDAD TONGOD	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2023
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

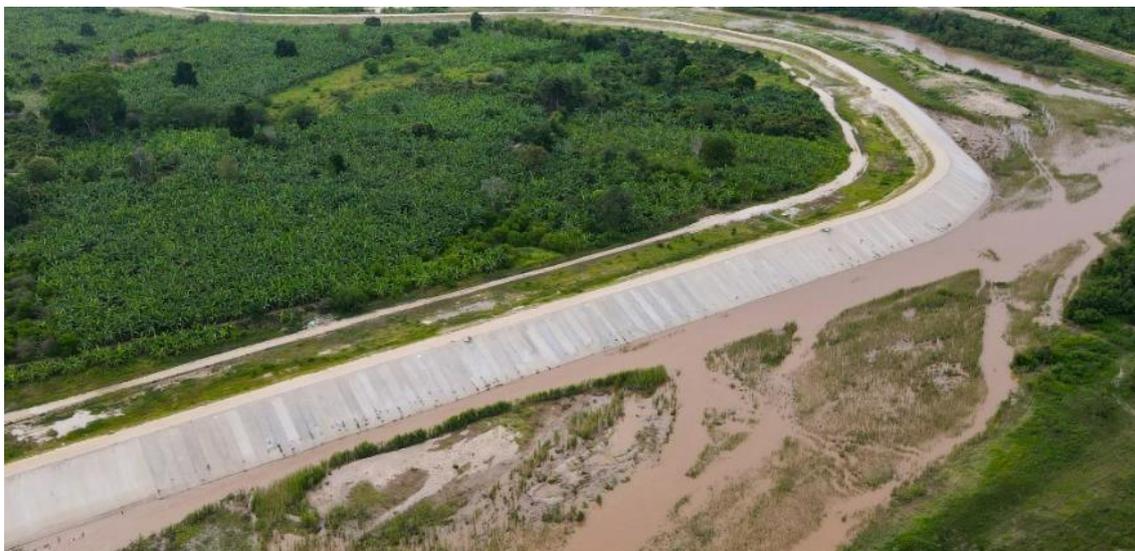
Para Inundación fluvial

Debido a la gran amplitud del área crítica, se requerirá la implementación de medidas de control que optimicen costos, para ello los taludes con piedra volteada o pedraplenes resaltan como una opción viable, estas estructuras se pueden mejorar con la instalación de pantallas de geomallas (Fotografía 9).



Fotografía 9. Ejemplo de una defensa ribereña con un pedraplén y geomallas.

En caso se cuenten con los recursos suficientes, se puede optar por taludes con concreto armado como defensas ribereñas definitivas (Fotografía 10).



Fotografía 10. Ejemplo de una defensa ribereña con un muro de concreto.

En ambos casos la planificación de tareas de mantenimiento es necesaria, con el fin de mantener la integridad de las infraestructuras, además deben ser complementadas con medidas no estructurales como la delimitación de las fajas marginales intangibles.