

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7347

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA QUEBRADA CUPISNIQUE

Departamento La Libertad
Provincia Pacasmayo
Distrito San Pedro de Lloc



ENERO
2023

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA
QUEBRADA CUPISNIQUE**

(Distrito San Pedro de Lloc, provincia Pacasmayo, departamento La Libertad)

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 geológico por inundación fluvial en la Quebrada Cupisnique, distrito San Pedro de Lloc, provincia Pacasmayo, departamento La Libertad. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7347, 27p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes	4
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. Secuencia Volcánica Talambo – Evento 1	9
3.1.2. Depósitos cuaternarios	10
3.2. Rocas intrusivas	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	11
4.2. Pendiente del terreno	11
4.3. Unidades Geomorfológicas	12
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	12
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	13
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	14
5.1. Inundación fluvial en la Quebrada Cupisnique	15
5.1.1. Descripción	15
5.1.2. Características visuales y morfométricas	17
6. CONCLUSIONES.....	19
7. RECOMENDACIONES	20
8. BIBLIOGRAFÍA.....	21
ANEXO 1. MAPAS	22
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	26

RESUMEN

Con este trabajo 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)”. De esta manera, 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 de peligros geológicos por inundación fluvial en la localidad Quebrada Cupisnique, distrito San Pedro de Lloc, provincia Pacasmayo, departamento La Libertad.

En el contexto litológico se tienen terrenos con depósitos aluviales de arenas mal graduadas, compuesto de bloques (5%), cantos (10%), gravas (25%), gránulos (10%), arenas (45%) y limos (5%), mientras que los macizos rocosos de las colinas corresponden a rocas intrusivas granodioríticas y flujos de lavas andesíticas, poco fracturados y ligeramente meteorizados.

Las geoformas corresponden a llanuras o planicies inundables, con pendiente del terreno de 3° (llana a suave).

La inundación fluvial que se generó durante el Fenómeno El Niño Costero, en la zona evaluada, abarcó un área aproximada de 600.5 hectáreas, en una longitud de 2.4 km, e invadió tierra adentro un ancho de 4.5 km y la altura máxima de inundación llegó hasta 6 m; afectando a 3.7 km de la vía nacional PE-1N.

El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales excepcionales del Fenómeno El Niño Costero 2017.

Por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, que presenta el terreno, se considera como de **Peligro Alto** por inundaciones, en caso de presentarse lluvias de excepcional como las del fenómeno El Niño.

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 Cupisnique, así mismo construir defensas ribereñas adecuadas, programar actividades de mantenimiento, instalar un Sistema de Alerta Temprana y la prohibición de instalar habilitaciones urbanas o industriales sin la evaluación del riesgos (EVAR) y medidas de control de riesgos adecuados.

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 geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres mediante Oficio N° 00743-2022-CENEPRED/DGP-2.0, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros en la Quebrada Cupisnique, ante la posible instalación de una habilitación industrial en el sector con antecedentes de inundación fluvial.

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 geológicos en la localidad Quebrada Cupisnique; llevado a cabo el día 27 de octubre del 2022.

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 del Gobierno Regional de La Libertad, Municipalidad Provincial de Pacasmayo y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la 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 en la localidad Quebrada Cupisnique, distrito San Pedro de Lloc, provincia Pacasmayo, departamento La Libertad.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos 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 depósitos aluviales de granulometría de gravas, arenas limos y arcillas. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); por escala y detalle, se destacan canales de depósitos fluviales de gravas, arenas y limos.
- En Boletín N° 50, Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región La Libertad (Medina Allcca et al., 2012) presenta un mapa de susceptibilidad a inundación fluvial, a escala 1:250 000; donde la zona evaluada se sitúa sobre susceptibilidad alta ante la ocurrencia de inundaciones fluviales.
- En el Informe Técnico A6769, Evaluación geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017 en las regiones La Libertad-Cajamarca (Medina Allcca et al., 2017) se describen los daños ocasionados por la inundación fluvial de la Quebrada Cupisnique, especialmente en la vía PE-1N y en los poblados del distrito de San Pedro de Lloc.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde a la localidad Quebrada Cupisnique, distrito San Pedro de Lloc, provincia Pacasmayo, departamento La Libertad (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el Cuadro 1; además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Cuadro 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	674700	9174900	-7.461680	-79.416893
2	674700	9172175	-7.486321	-79.416802
3	672125	9172175	-7.486404	-79.440132
4	672125	9174900	-7.461763	-79.440224
Coordenada central de los peligros geológicos identificados				
Inundación fluvial Quebrada Cupisnique	673653	9173654	-7.472982	-79.426331

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), la localidad de San Pedro de Lloc, tiene una población de 2 500 habitantes, distribuidos en 1 900 viviendas, con acceso a red pública de agua, energía eléctrica y desagüe.

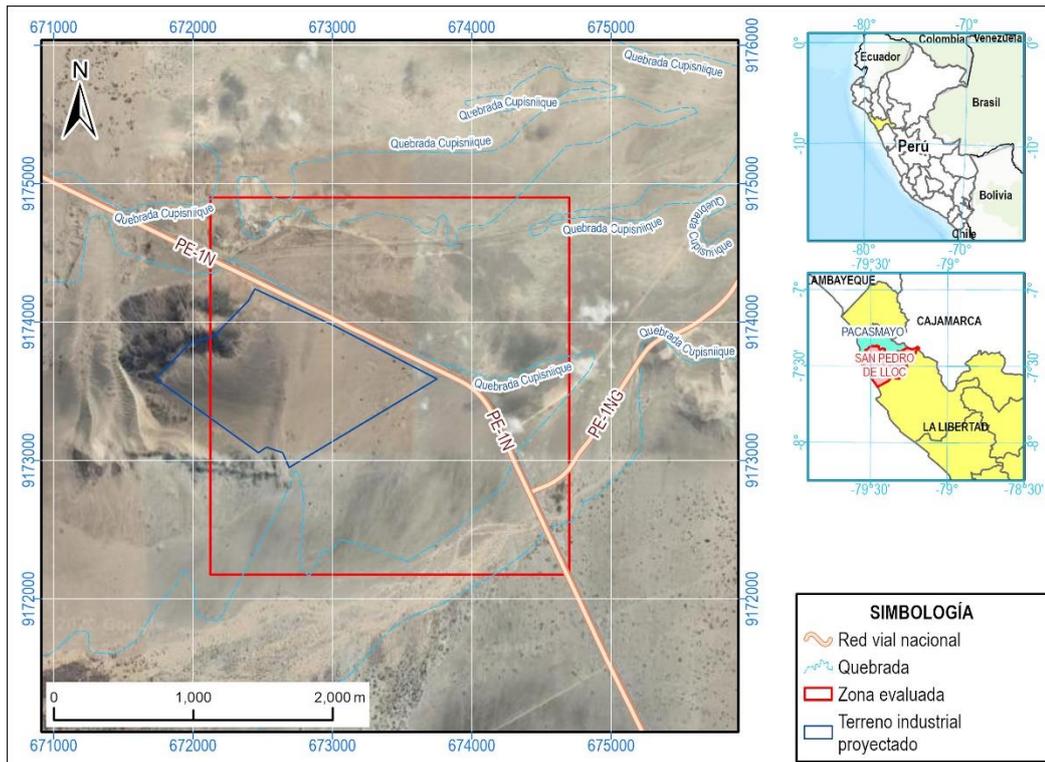


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea roja) y del terreno proyectado para habilitación industrial.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta la localidad evaluada, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Trujillo, a través de la vía nacional PE-1N (tramo Trujillo – Pacasmayo), tal como se detalla en la siguiente ruta (Cuadro 2, Figura 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Trujillo – Quebrada Cupisnique (PE-1N)	Asfaltada	86.6	1 horas 30 minutos

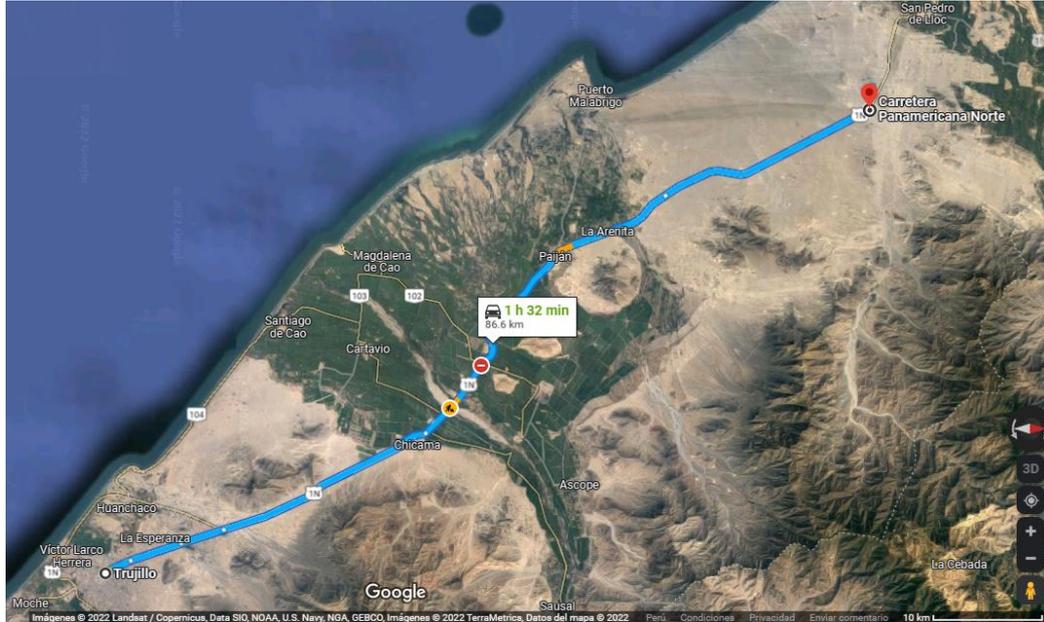


Figura 2. Ruta de acceso desde la Trujillo hasta la localidad de Quebrada Cupisnique. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, templado (E (d) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 31°C, una temperatura mínima promedio desde 21°C y una precipitación anual entre 500 mm a 700 mm.

Las precipitaciones máximas diarias tienen picos de entre 15 y 25 mm/día, sin embargo, hay años de lluvias excepcionales donde se alcanzan registros superiores a 50 mm/día (Gráfico 1) (Senamhi, 2014).

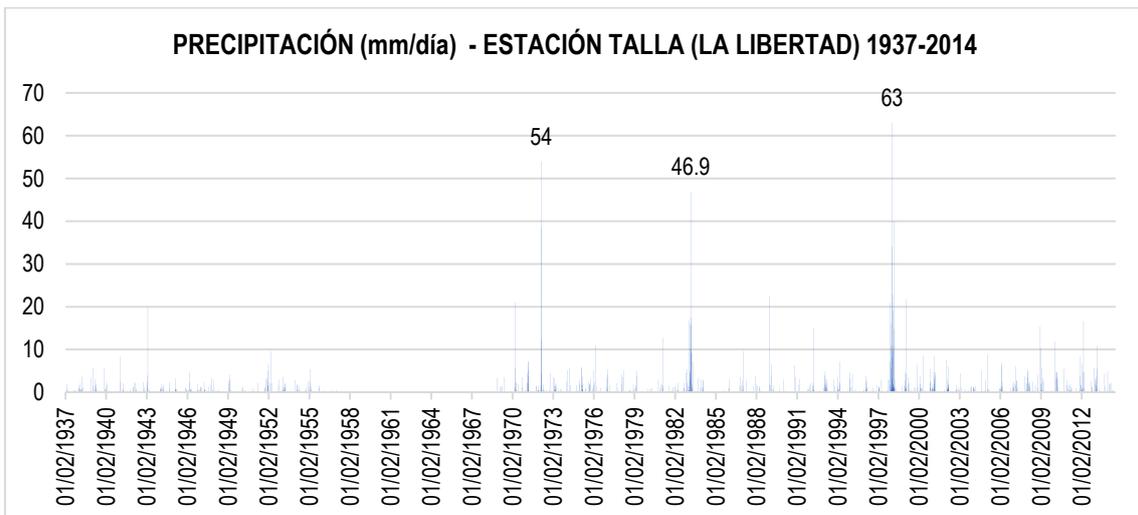


Gráfico 1. Precipitación diaria durante los años 1937 y 2014 (Estación Talla La Libertad). **Fuente:** Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; 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.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Inundación fluvial: La inundación fluvial se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una crecida. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.

Inundación pluvial: Se originan por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

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); y el reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); complementados y validados 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 de lavas de composición andesítica; coberturadas por depósitos cuaternarios originados por eventos hidrometeorológicos y antropógenos (Figura 3).

3.1.1. Secuencia Volcánica Talambo – Evento 1

Corresponde a depósito de flujo de lava de composición andesítica, con fenocristales de plagioclasa y anfíbol. También se tienen algunos flujos de cenizas andesítica con líticos centimétricos. En la zona evaluada sus macizos se presentan poco fracturados y ligeramente meteorizados, formando colinas y lomadas. (Fotografía 1).



Fotografía 1. Vista a unos macizos provenientes de flujos de lavas andesíticas de la Secuencia Volcánica Talambo – Evento 1. **Ubicación:** E: 683624; N: 9174824; Z: 245.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial 1 (Q-al1)

Corresponde a acumulaciones de bloques (25%), gravas (40%), arenas (25%) y limos (10%) formando terrazas y conos aluviales en las bases de las colinas y lomadas.

Depósito aluvial 2 (Q-al2)

Son acumulaciones de bloques (5%), cantos (10%), gravas (25%), gránulos (10%), arenas (45%) y limos (5%) en los cauces de ríos y quebradas, se acumulan a modo de estratos, en relación a la estacionalidad de las lluvias.

Depósito antropógeno (Q-an)

Corresponde a suelos transportados y utilizados en la construcción de la vía PE-1N, su granulometría va desde bloques y cantos, hasta arenas y gravas.

3.2. Rocas intrusivas

Intrusivo Granodiorítico (P-gd)

Son rocas de composición granodiorítica, con holocristales, equigranulares, de color gris claro a rosáceo cristales de cuarzo, ortosa, biotita y anfíbol.

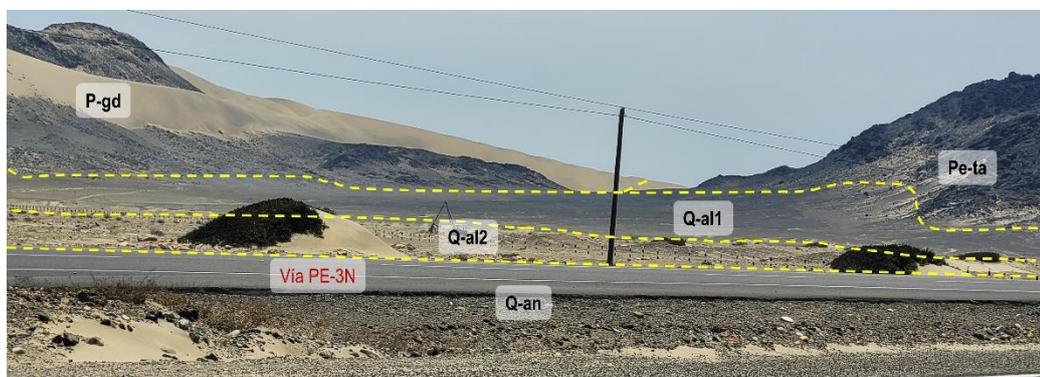


Figura 3. Distribución de las unidades geológicas en el sector Quebrada Cupisnique. **Ubicación:** E: 673690; N: 9173714; Z: 124.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región La Libertad, se utiliza imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en agosto del 2022, 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 altitudes que van desde los 100 m hasta los 186 m, en los cuales se distinguen ocho niveles altitudinales (Figura 4), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con menor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 100 y 130 m, con pendiente promedio de llana a suave pendiente (<5°) correspondiente a depósitos aluviales y a una geoforma de llanura o planicie inundable.

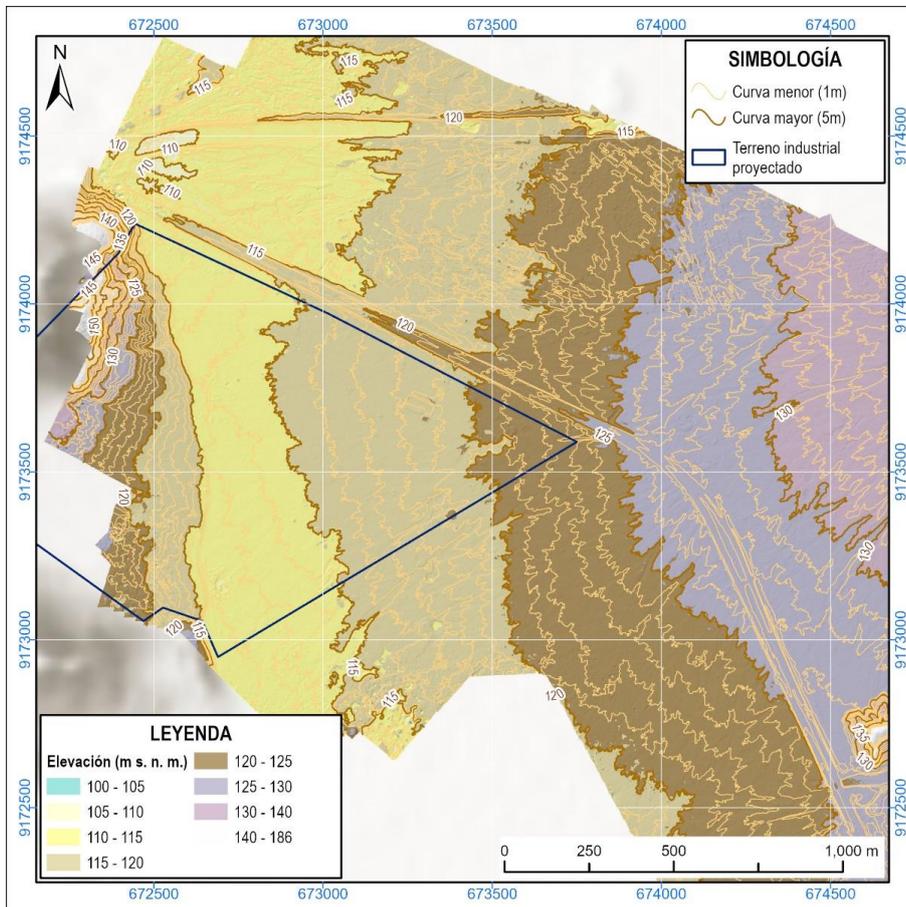


Figura 4. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En la localidad de Quebrada Cupisnique los terrenos tienen una pendiente que varía de llana (<1°) a suave (1°-5°), formando planicies inundables durante eventos de lluvias intensas (Figura 5, Mapa 2).

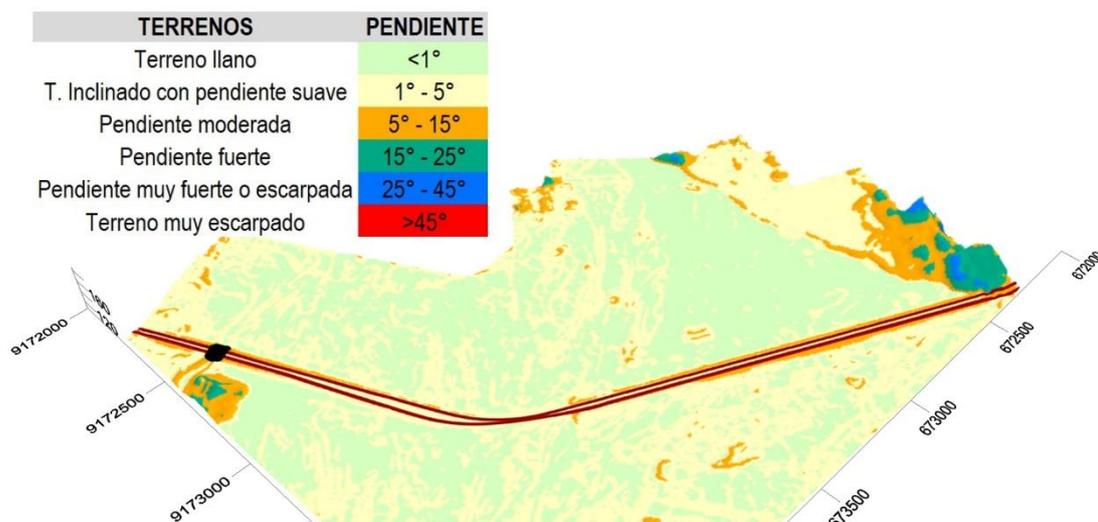


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes de la localidad Quebrada Cupisnique, la vía PE-1N está delimitada en color guinda y un puente en color negro.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (colina en roca intrusiva o volcánico-sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (piedemonte aluvial y llanura o planicie inundable); las geoformas se grafican en la figura 6 y en el Mapa 3.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Colinas y Lomadas

Corresponde a las geoformas con alturas menores a los 300 m respecto al nivel de base local; las colinas tienen laderas superiores a los 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima; mientras las lomadas tienen cimas más amplias, redondeadas y alargadas, con gradientes entre 8% y 16 % (Villota, 2005).

- Sub unidad de colina en roca intrusiva (C-ri)

Son colinas con pendiente de moderada a fuerte que sobresalen en el paisaje por su mayor resistencia a la erosión respecto al resto de materiales geológicos, muestran un relieve agreste, con escasa vegetación.

Las cimas son de formas agrestes, con pendiente moderada (12°).

- Sub unidad de colina en roca volcánico-sedimentaria (C-rvs)

Son similares a las colinas en rocas intrusivas; sin embargo, es apreciable la disposición en estratos de sus macizos rocosos constituyentes, teniendo planos de erosión preferentes y fácilmente identificables.

Las laderas presentan pendientes fuertes (20°) y las cimas son de formas onduladas con pendiente moderada (10°).

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 Piedemonte

- **Subunidad de piedemonte aluvial (P-a)**

Conforman conos aluviales en la base de las colinas locales, como resultado de la constante erosión de las mismas, por lo que su composición es más homogénea y sus bloques son angulosos a sub-angulosos.

Presenta una pendiente suave menor a 5°.

Unidad de planicies

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

Corresponde a amplios terrenos con pendiente llana que se han formado por la acumulación de suelos transportados por avenidas torrenciales estacionales, teniendo componentes heterogéneos y redondeados.

El terreno presenta una pendiente de 3°.

Unidad de geformas particulares

- **Subunidad de depósito antrópico (Dan)**

Corresponde a las superficies creadas artificialmente a partir de diversos tipos de suelos, rocas u otros, para la conformación de la vía PE-1N.

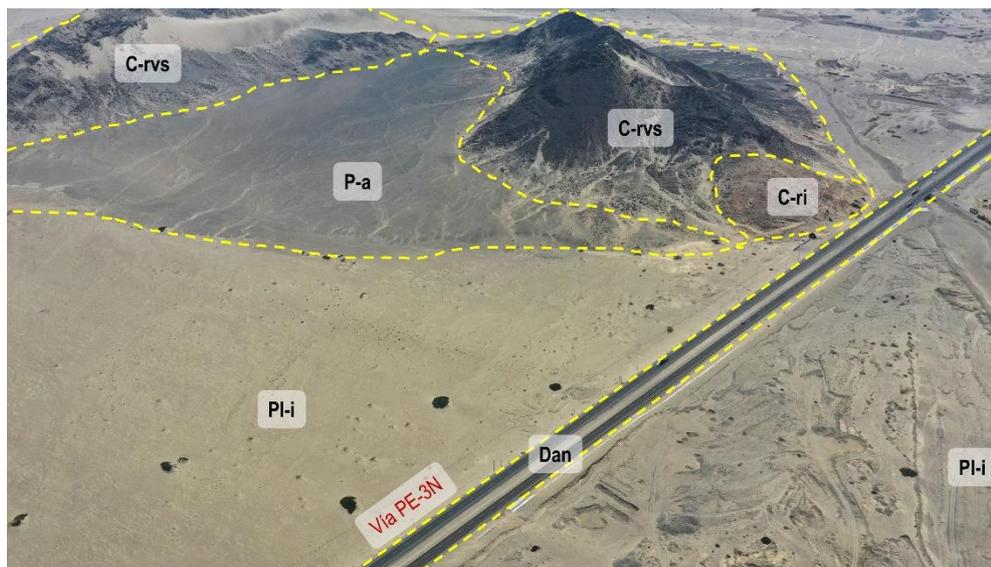


Figura 6. Vista de las geformas de la localidad Quebrada Cupisnique.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La Quebrada Cupisnique tiene una cuenca baja muy amplia, pudiendo inundar grandes áreas de terreno en eventos extremos de lluvias (Figura 7); recientemente, durante el evento El Niño Costero 2017 se produjo la afectación de la vía nacional PE-1N debido al desborde de la quebrada (Figura 8), afectando 3.7 km de dicha vía e inundando los asentamientos humanos Casique de Lloc y Ontere Grua del pueblo San Pedro de Lloc (Medina Allcca et al., 2017).



Figura 7. Vista del sector inundable de la Quebrada Cupisnique, el área evaluada está delimitada en rojo.



Figura 8. Evaluación de los daños en la vía PE-1N debido al desborde la Quebrada Cupisnique. **Fuente:** Medina Allcca et al., 2017.

5.1. Inundación fluvial en la Quebrada Cupisnique

5.1.1. Descripción

Según el análisis de los daños causados por el fenómeno El Niño Costero 2017, y la revisión de imágenes satelitales de marzo del 2017 (Figura 9) se concluyó que, debido a la falta de medidas adecuadas de control (defensas ribereñas), la Quebrada Cupisnique afectó a gran parte de la zona evaluada.

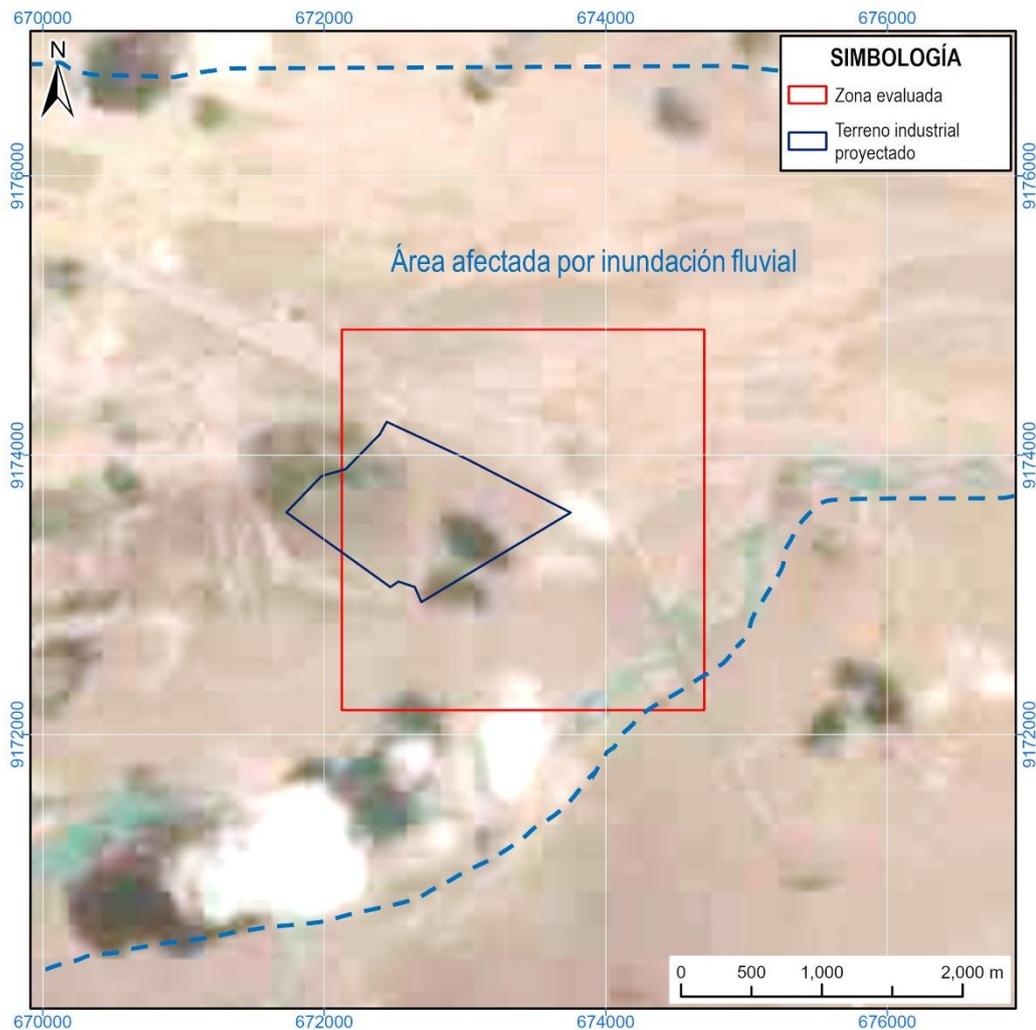


Figura 9. Imagen satelital Landsat 8 del día 28/03/2022. **Fuente:** NASA.

En la figura 10 se muestra el resultado de un análisis de inundaciones fluviales con el programa IBER, en base al levantamiento topográfico con dron realizado por el equipo de evaluadores, mostrando que, al día de hoy, las aguas de la Quebrada Cupisnique lograrían afectar nuevamente a la zona con eventos de lluvias de intensidades extremas. En la figura 11 se muestra a detalle el área susceptible a inundación fluvial.

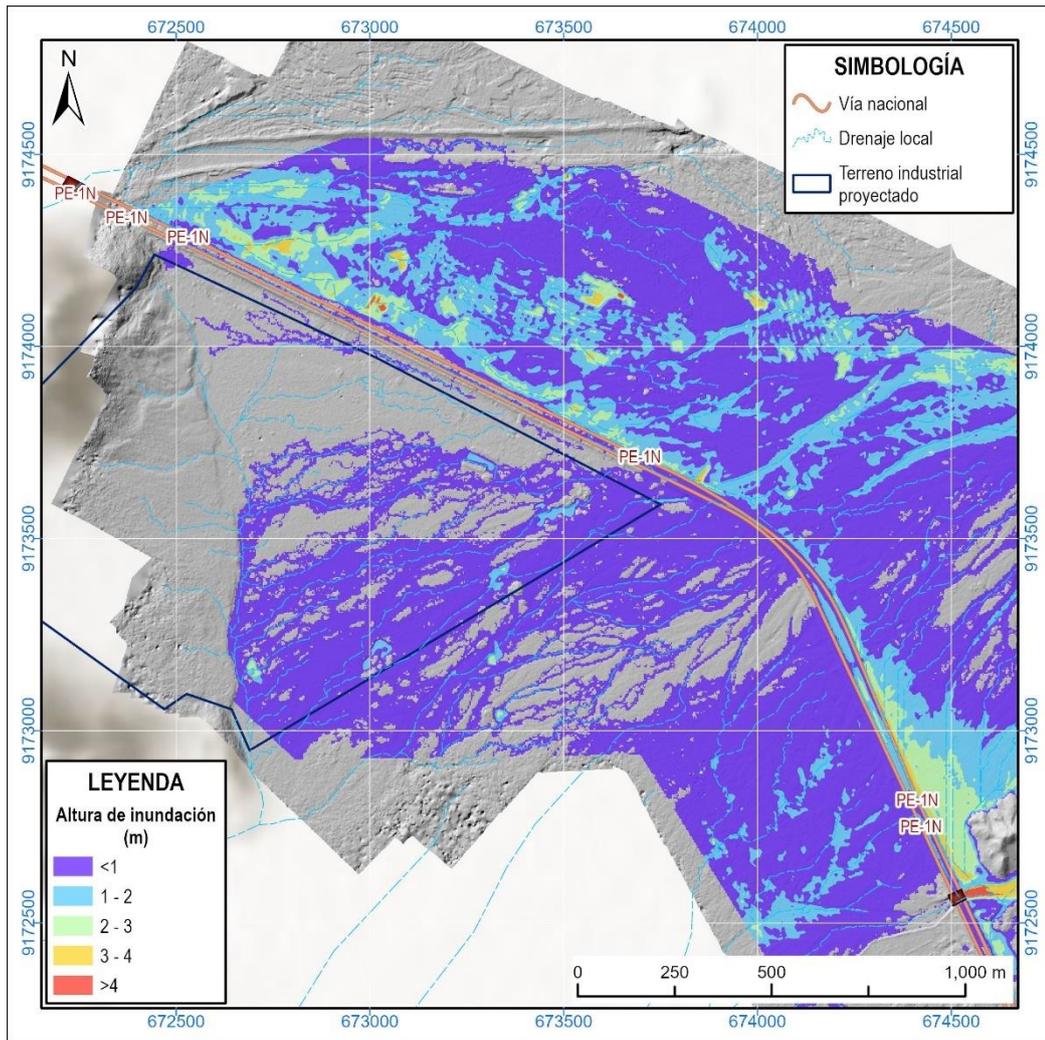


Figura 10. Análisis de una posible inundación fluvial en el área evaluada con el programa informático IBER, en base al modelo digital de elevaciones obtenido con dron.

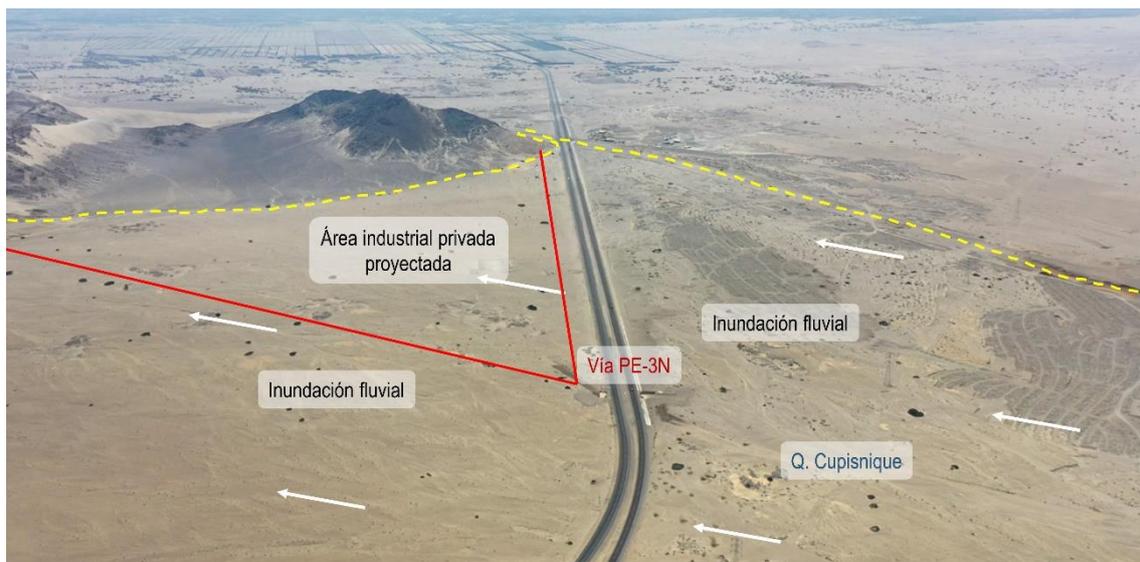


Figura 11. Área susceptible a inundación fluvial de la Quebrada Cupisnique, vista desde un dron.

Debido a la importancia de la vía PE-1N, se han construido muros de contención frente a la Quebrada Cupisnique (Fotografía 2), sin embargo, estas infraestructuras no cuentan con el mantenimiento adecuado, estando cubiertas por depósitos eólicos, lo que nivelaría la terraza y permitiría la inundación de la vía, en episodios de lluvias extremas.



Fotografía 2. Muro de contención construido para evitar la erosión fluvial de la vía PE-1N, debido a eventos de inundación fluvial de la Quebrada Cupisnique.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de peligro: Inundación fluvial
- Estado: Inactivo-latente
- Velocidad: Rápido
- Composición: Suelos aluviales de arenas mal graduadas (SP); compuestos por bloques (5%), cantos (10%), gravas (25%), gránulos (10%), arenas (45%) y limos (5%); teniendo sus clastos gruesos forma esférica-redondeada (Cuadro 3).

Morfometría (dentro del área evaluada):

- Área: 6 005 851 m²
- Perímetro: 11 634 m
- Diferencia de alturas: 134 m
- Longitud horizontal: 2 430 m
- Ángulo del terreno promedio: 3°
- Dirección del movimiento: N261°
- Ancho de la quebrada: 4.5 km
- Altura de inundación máxima: 6 m

Cuadro 3. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 686634; N: 9361036; Z: 1710

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES		
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	5	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	25	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	10	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input checked="" type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	45	Arenas				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	5	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico							<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.					
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS			
<input type="checkbox"/>	Limos y Arcillas	<input type="checkbox"/>	Arena	<input type="checkbox"/>	Gravas	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	OH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	PT		
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada				

Factores condicionantes

- Suelos sueltos de arenas mal graduadas compuestos por bloques (5%), cantos (10%), gravas (25%), gránulos (10%), arenas (45%) y limos (5%).
- Terrenos con pendiente llana o suave (<5°), que conforman geoformas de llanuras o planicies inundables, muy susceptibles a inundación fluvial.
- Ausencia de infraestructuras de control de riesgos definitivas.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (como los del Fenómeno El Niño).

Daños ocasionados

- 3.7 km de la vía nacional PE-1N afectados por erosión fluvial.

6. CONCLUSIONES

- a. En la localidad Quebrada Cupisnique, se ha cartografiado una zona de inundación fluvial que ha afectado 3.7 km de la vía nacional PE-1N, durante el Fenómeno El Niño Costero 2017.
- b. Los terrenos están conformados por depósitos aluviales de arenas sueltas mal graduadas, mientras, los macizos rocosos expuestos en las colinas corresponden a rocas intrusivas granodioríticas y flujos de lavas andesíticas, poco fracturados y ligeramente meteorizados.
- c. El material que conforman los depósitos aluviales corresponde a suelos arenosos mal graduados (SP); compuestos por bloques (5%), cantos (10%), gravas (25%), gránulos (10%), arenas (45%) y limos (5%); teniendo sus clastos gruesos forma esférica-redondeada.
- d. En la zona evaluada, el área inundada abarcó un área de 600.5 hectáreas, con una pendiente de terreno de 3°, un ancho de 4.5 km (entre ambas riberas de la quebrada) y una altura máxima de inundación de 6 m.
- e. Las geoformas corresponden a llanuras o planicies inundables, con pendiente llana a suave (<5°), lo que favorece la ocurrencia de inundación fluvial.
- f. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales extremas (Fenómeno El Niño Costero).
- g. Las áreas de impacto por inundación fluvial, cartografiados en la localidad de Quebrada Cupisnique, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

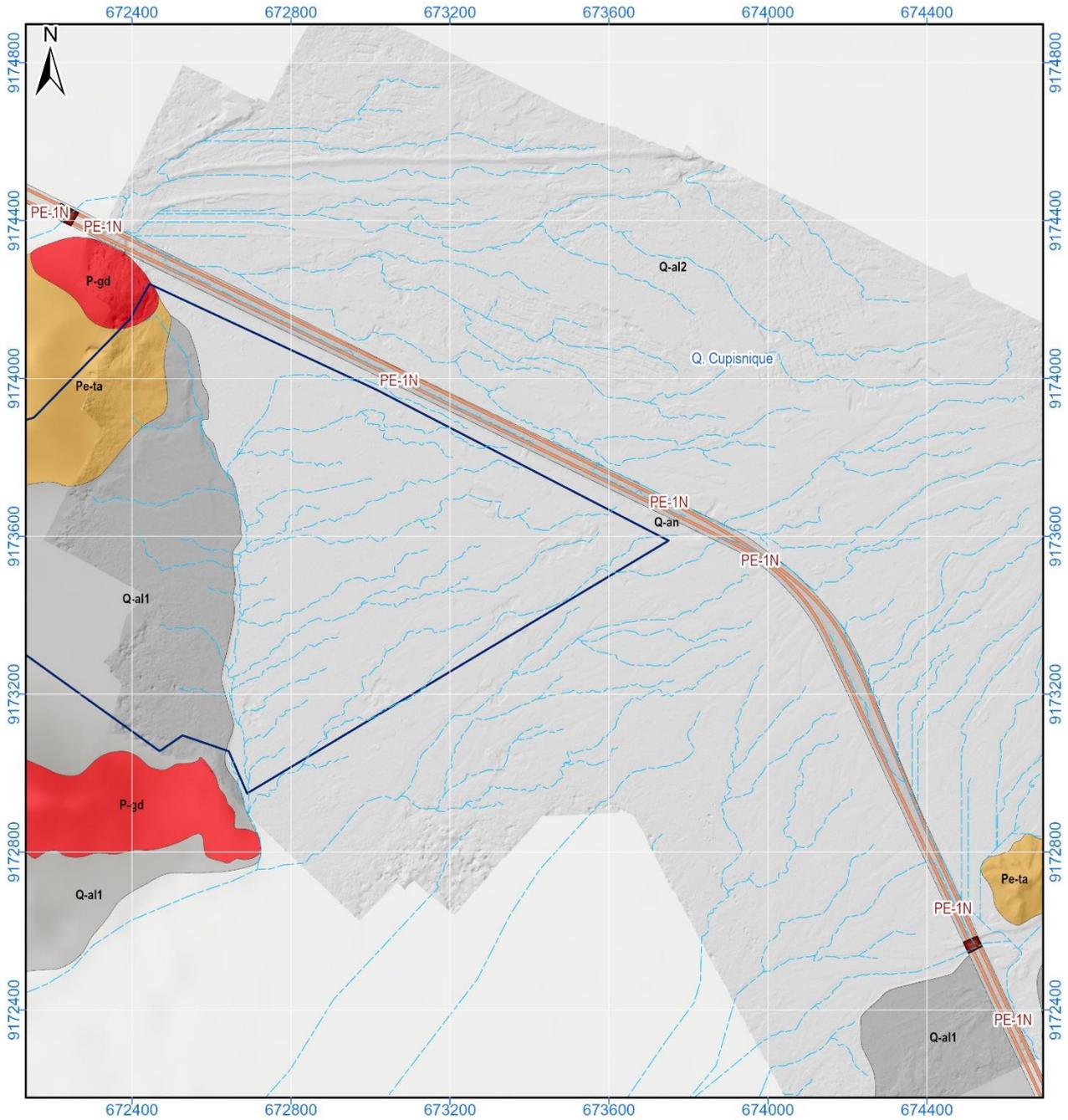
- a. Realizar la canalización definitiva de la Quebrada Cupisnique hasta su confluencia con el océano Pacífico.
- b. Construir defensas ribereñas, considerando las máximas avenidas, que impida el desborde antes futuras reactivaciones.
- c. Programar actividades de mantenimiento de las infraestructuras de control de riesgos.
- d. Establecer un Sistema de Alerta Temprana en la cuenca alta de la Quebrada Cupisnique, que permita un tiempo de preparación y respuesta óptima a la población de San Pedro del Lloc, ante inundaciones fluviales.
- e. Prohibir la instalación de habilitaciones urbanas o industriales sin la evaluación del riesgo (EVAR) a detalle, que contemplen medidas de control de riesgos adecuadas.


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


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

8. BIBLIOGRAFÍA

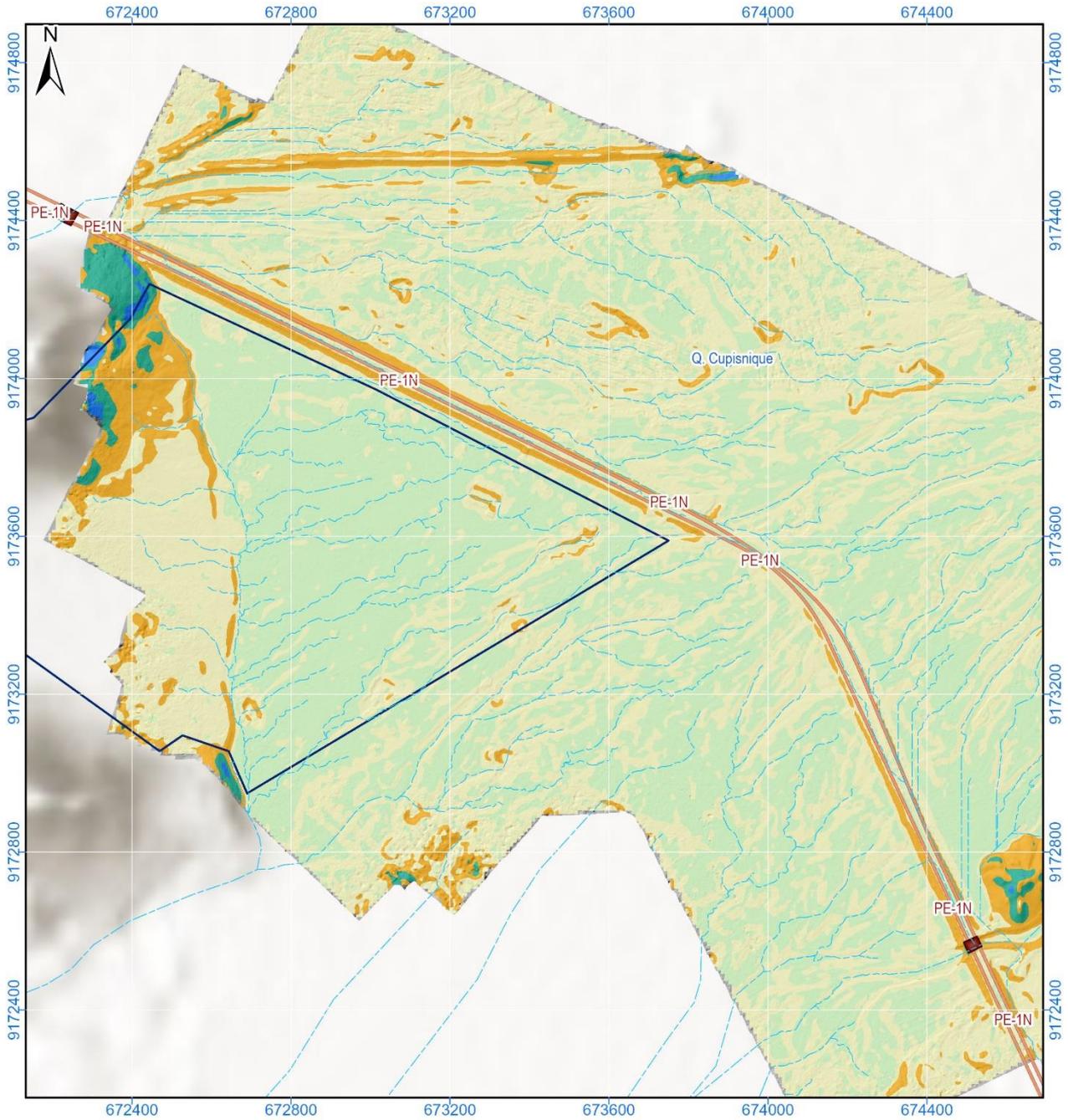
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Medina Allcca, L., Luque Poma, G., & Pari Pinto, W. (2012). *Riesgo geológico en la región La Libertad*. INGEMMET. Boletín N° 50, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.
- Medina Allcca, L., Ramos Cabrera, W., Latorre Borda, O. O., & Gonzales Sales, J. (2017). *Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en las regiones La Libertad – Cajamarca*. Informe Técnico N° A6769.
- 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.).



SIMBOLOGÍA	
	Vía nacional
	Drenaje local
	Puente
	Terreno industrial proyectado

LEYENDA	
	Q-an: Depósito antropógeno
	Q-al2: Depósito aluvial 2
	Q-al1: Depósito aluvial 1
	P-gd: Intursivo granodiorítico
	Pe-ta: Secuencia Volcánica Talambo - Evento 1

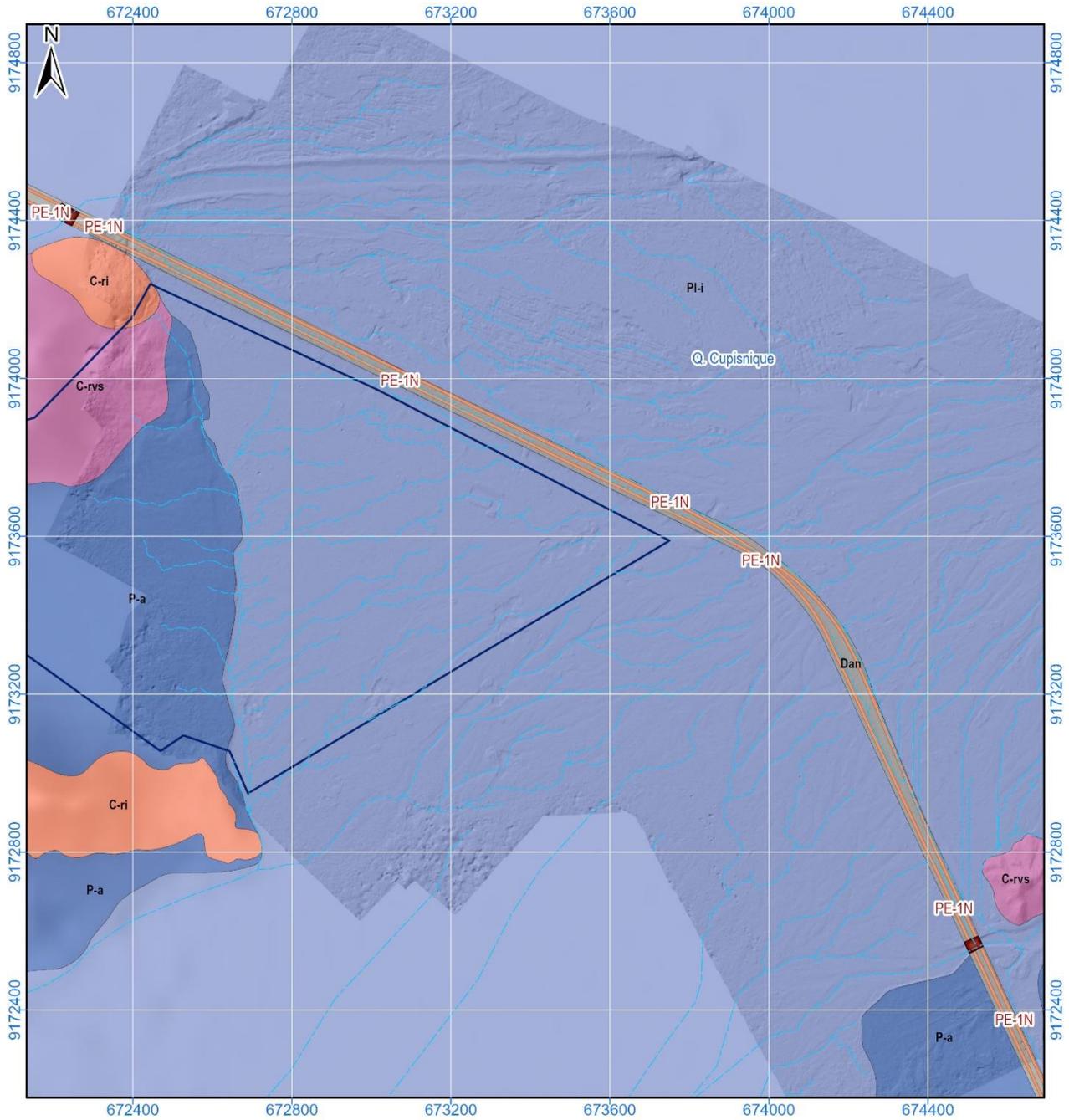
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LA LIBERTAD - PACASMAYO - SAN PEDRO DE LLOC	
MAPA GEOLÓGICO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/16,000	Versión digital: 2022
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Vía nacional
	Drenaje local
	Puente
	Terreno industrial proyectado

LEYENDA	
	<math><1^\circ</math>: Terreno llano
	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5°-15°: Pendiente moderada
	15°-25°: Pendiente fuerte
	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada

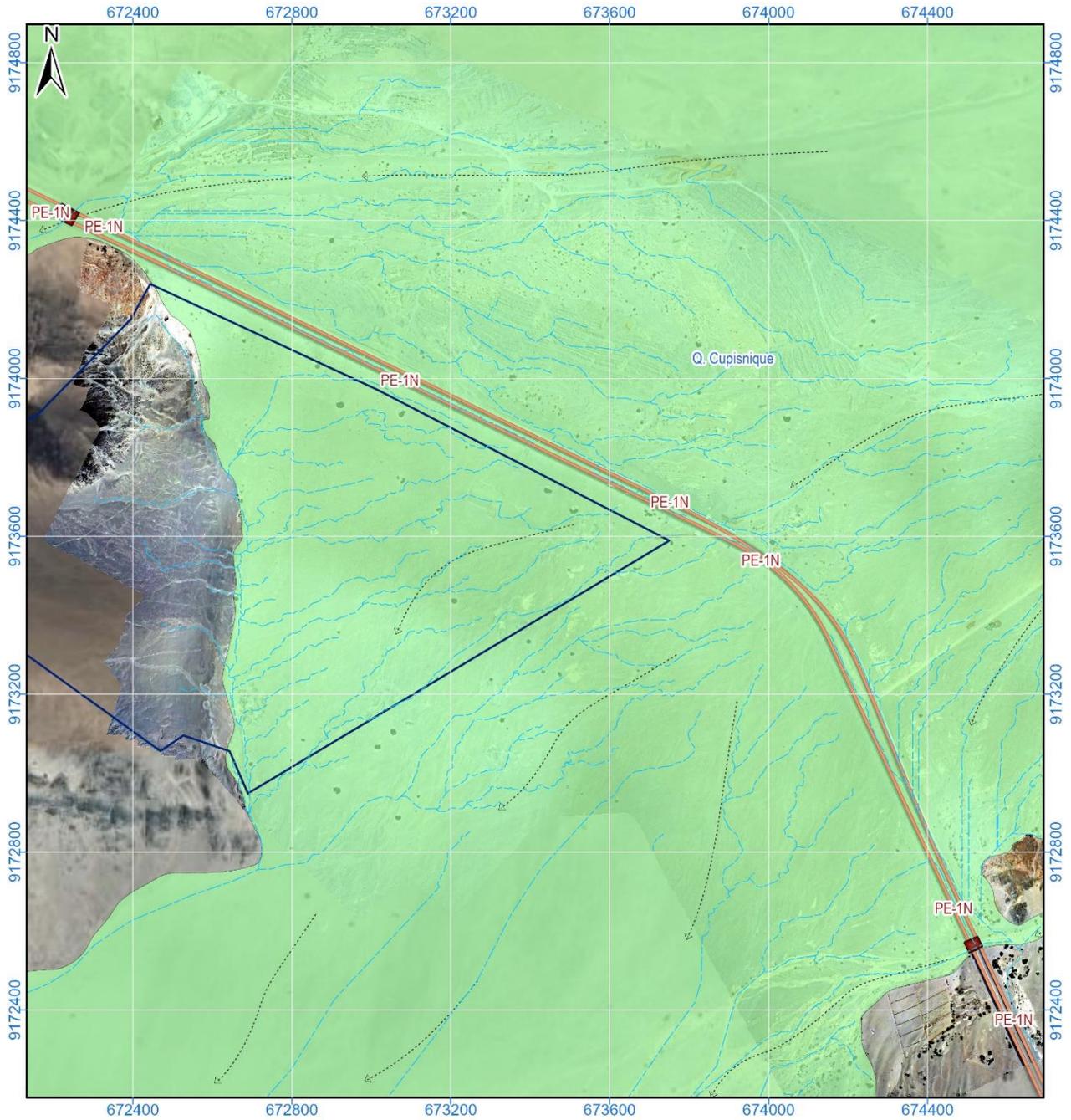
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LA LIBERTAD - PACASMAYO - SAN PEDRO DE LLOC	
MAPA DE PENDIENTES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/16,000	Versión digital: 2022
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
	Vía nacional
	Drenaje local
	Puente
	Terreno industrial proyectado

LEYENDA	
	C-ri: Colina en roca intrusiva
	C-rvs: Colina en roca volcánico-sedimentaria
	P-a: Piedemonte aluvial
	Dan: Depósito antrópico
	PI-i: Llanura o planicie inundable

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
LA LIBERTAD - PACASMAYO - SAN PEDRO DE LLOC	
MAPA GEOMORFOLÓGICO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/16,000	Versión digital: 2022
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Vía nacional
	Drenaje local
	Dirección de movimiento inactivo
	Puente
	Terreno industrial proyectado

LEYENDA	
	Inundación fluvial latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LA LIBERTAD - PACASMAYO - SAN PEDRO DE LLOC	
MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/16,000	Versión digital: 2022
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 3).



Fotografía 3. 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 4).



Fotografía 4. 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.