

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7211

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE VILLA EL TRIUNFO

Departamento San Martín
Provincia Moyobamba
Distrito Soritor



DICIEMBRE
2021

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA Y
GEOHIDROLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE VILLA EL TRIUNFO***

Distrito de Soritor, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín.

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

Equipo de investigación:
Abraham Gamonal Sánchez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y geohidrológico en el centro poblado Villa El Triunfo*. Distrito de Soritor, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín, Lima: INGEMMET, Informe Técnico A, 37p.

INDICE

RESUMEN.....	4
1.0 INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Objetivos del estudio.....	5
1.2 Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.3 Aspectos generales.....	8
1.3.1 Ubicación.....	8
1.3.2 Accesibilidad.....	8
1.3.3 Clima.....	10
1.3.4 Hidrografía.....	10
2.0 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	12
3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
3.1 Unidades litoestratigráficas.....	13
3.1.1 Formación Chonta (Kis-ch).....	13
3.1.1 Depósitos Deluviales (Qh-de).....	13
3.1.2 Depósitos Aluviales Recientes (Qh-al-r).....	13
3.1.1 Depósitos Aluviales Antiguos (Qh-al-a).....	13
4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1 Pendientes del terreno.....	15
4.2 Unidades geomorfológicas.....	15
4.2.1 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
4.2.1.1 Sub-unidad de colinas estructurales en roca sedimentaria (RCE-rs).....	15
4.2.1.1 Unidades de carácter deposicional o agradacional.....	15
4.2.1.1.1 Sub-unidad de terrazas aluviales (T-al).....	15
5.0 PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS Y DE MOVIMIENTOS EN MASA.....	17
5.1 Erosión fluvial.....	17
5.2 Inundación fluvial.....	24
5.3 Deslizamientos-flujos de lodo.....	26
6.0 CONCLUSIONES.....	28
7.0 RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXO 1: MAPAS.....	31
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	34

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el centro poblado Villa El Triunfo, que pertenece a la jurisdicción de Soritor, provincia de Moyobamba, departamento San Martín.

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 actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En el área de estudio, afloran areniscas intercaladas con limolitas rojizas que corresponden a la Formación Chonta, que a su vez son cubiertas por depósitos deluviales, cuyo origen es la meteorización física y química de las rocas madres. Finalmente, se cartografiaron depósitos aluviales recientes y antiguos, específicamente en la zona urbana del C.P. Villa El Triunfo y a lo largo de los cauces activos del río Indoche y de la quebrada Santa Clara.

Las geoformas locales identificadas según su origen corresponden a las de deposicional o agradacional como terrazas aluviales (donde se asienta la totalidad del área urbana); delimitadas o circundadas por colinas estructurales en roca sedimentaria, de origen tectónico-degradacional.

Los procesos geohidrológicos determinados en el área evaluada están condicionados por la baja pendiente del terreno colindante a los cauces activos del río Indoche y quebrada Santa Clara; la conformación de riberas en depósitos aluviales, constituidos de una secuencia de arcillas y gravas gruesas con arenas, de consistencia suelta. Estas condiciones, sumado a las precipitaciones lluviosas intensas generaron erosión e inundaciones fluviales por desborde del río y quebrada, que afectaron el área urbana de Villa El Triunfo. Además, se ha identificado un deslizamiento-flujo de lodo.

Finalmente, en el presente informe, se brindan algunas recomendaciones y alternativas de mitigación y prevención, como la conformación de una defensa ribereña de 2.30 km aproximadamente, entre la ribera izquierda del río Indoche y ribera derecha de la quebrada Santa Clara, cuyo objeto es la protección del área urbana del centro poblado Villa El Triunfo. Dicha construcción debe estar conformada por enrocado y dique de relleno granular, con uña antisocavante de rocas de diámetro igual o mayor a 1.20 m.

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO DE VILLA EL TRIUNFO

1.0 INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Soritor, según oficio N°075-2020-A/MDS, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación geológica y geodinámica del C.P. Villa El Triunfo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al Ing. Abraham Gamonal Sánchez quien realizó la inspección técnica el día 25 setiembre del 2020.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico en campo, y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Soritor y la Oficina de Riesgos del Gobierno Regional de San Martín, autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de 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:

- Identificar y evaluar los peligros geológicos y geohidrológicos a los que está expuesto el centro poblado Villa El Triunfo.
- Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos.
- Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

El área de estudio cuenta con trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye información regional, de los cuales se destacan los siguientes:

- En el boletín Riesgo Geológico en la Región San Martín de la serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica, elaborado por Núñez y Luque (2010); indica que el centro poblado de Villa El Triunfo, presenta de media a alta susceptibilidad a los movimientos en masa, debido a las condiciones del terreno favorables para la generación de estos eventos (figura 1). Respecto a la susceptibilidad ante inundaciones, no se precisa la propensión a estas, posiblemente por efecto de escala.
- En el boletín N°150 Geología del Cuadrángulo de Rioja, hojas 13-i, de la serie A Carta Geológica Nacional, elaborado por Rodríguez, R & otros (2017) a escala 1:50,000; se describen las unidades litoestratigráficas a nivel regional que afloran en el centro poblado de Villa El Triunfo. Teniendo rocas predominantes corresponden a areniscas

y limolitas de la Formación Chonta (figura 2).

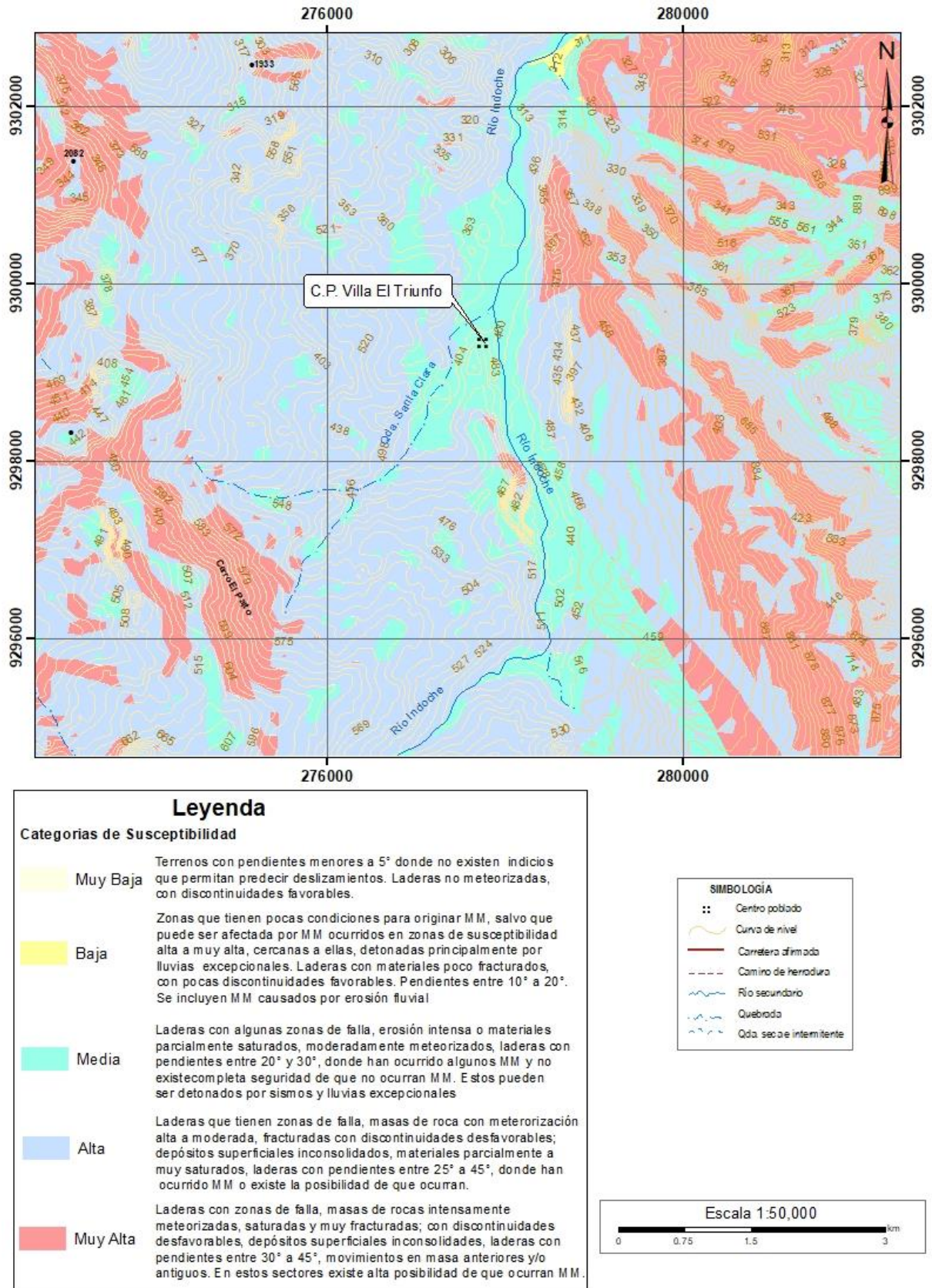


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa. Fuente Núñez y Luque (2010).

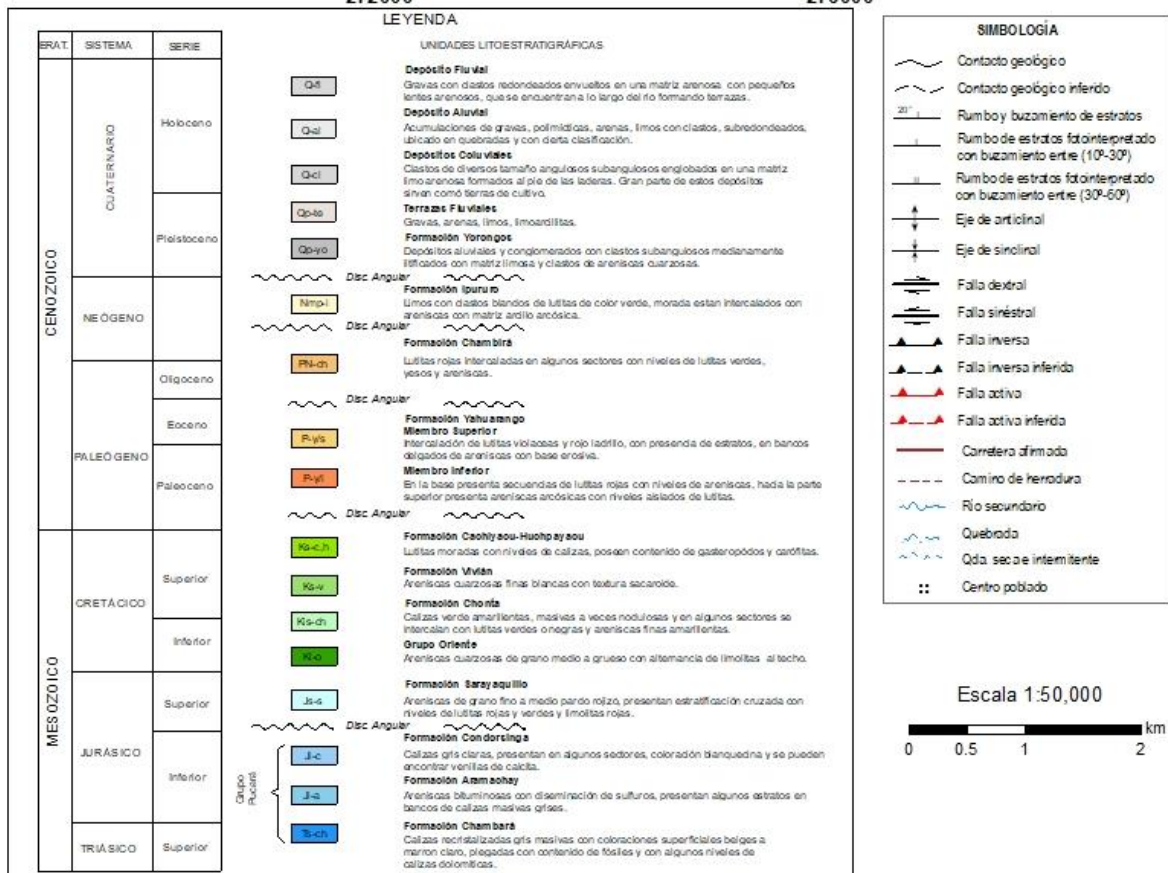
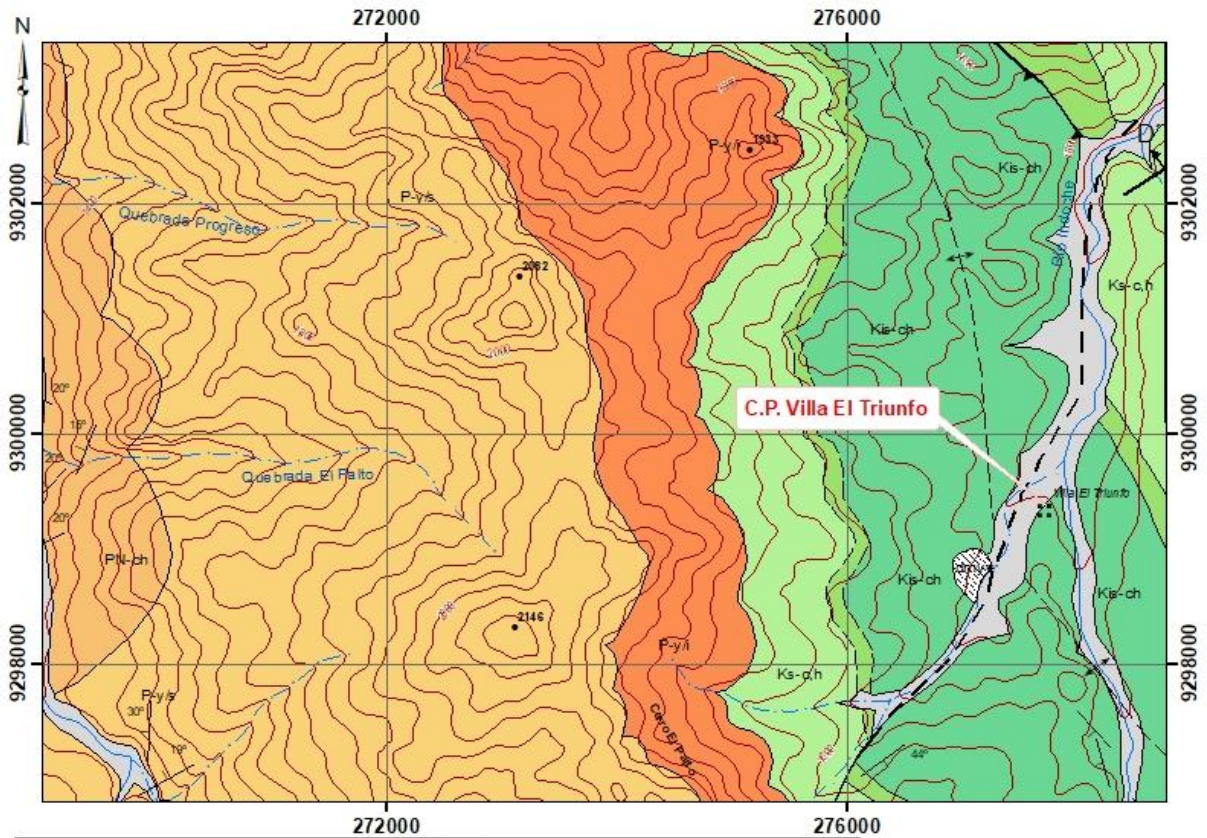


Figura 2. Geología regional del área evaluada. Fuente Rodríguez, R. & otros (2017).

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El centro poblado Villa El Triunfo se encuentra ubicado a 23.50 km al sur este de ciudad de Soritor, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín (cuadro 1 y figura 4). Cuenta con las siguientes coordenadas:

Cuadro 1: Coordenadas de ubicación de la zona evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	276196	9300140	6°19'39.55"S	77° 1'23.17"O
2	278778	9300140	6°19'39.88"S	76°59'59.18"O
3	278778	9297837	6°20'54.83"S	76°59'59.47"O
4	276196	9297837	6°20'54.51"S	77° 1'23.46"O
<i>Coordenada Central de la Zona Evaluada</i>				
C	277713	9299534	6°19'59.47"S	77° 0'33.90"O

1.3.2 Accesibilidad

El acceso se realiza siguiendo el itinerario indicado en el cuadro 2, partiendo de la ciudad de Tarapoto, en un trayecto aproximado de 6 horas y 50 minutos (figuras 3 y 4).

Cuadro 2: Ruta de acceso a la zona de evaluación.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo Estimado
Tarapoto - Moyobamba	Asfaltada	115	2 horas
Moyobamba - Soritor	Asfaltada	23	30 minutos
Soritor - San Marcos	Afirmada	10	20 minutos
San Marcos - Alto Perú	Trocha carrozable	12	1 horas
Alto Perú - Villa El Triunfo	Trocha carrozable	21	3 horas



Figura 3. Vista del centro poblado Villa EL Triunfo.

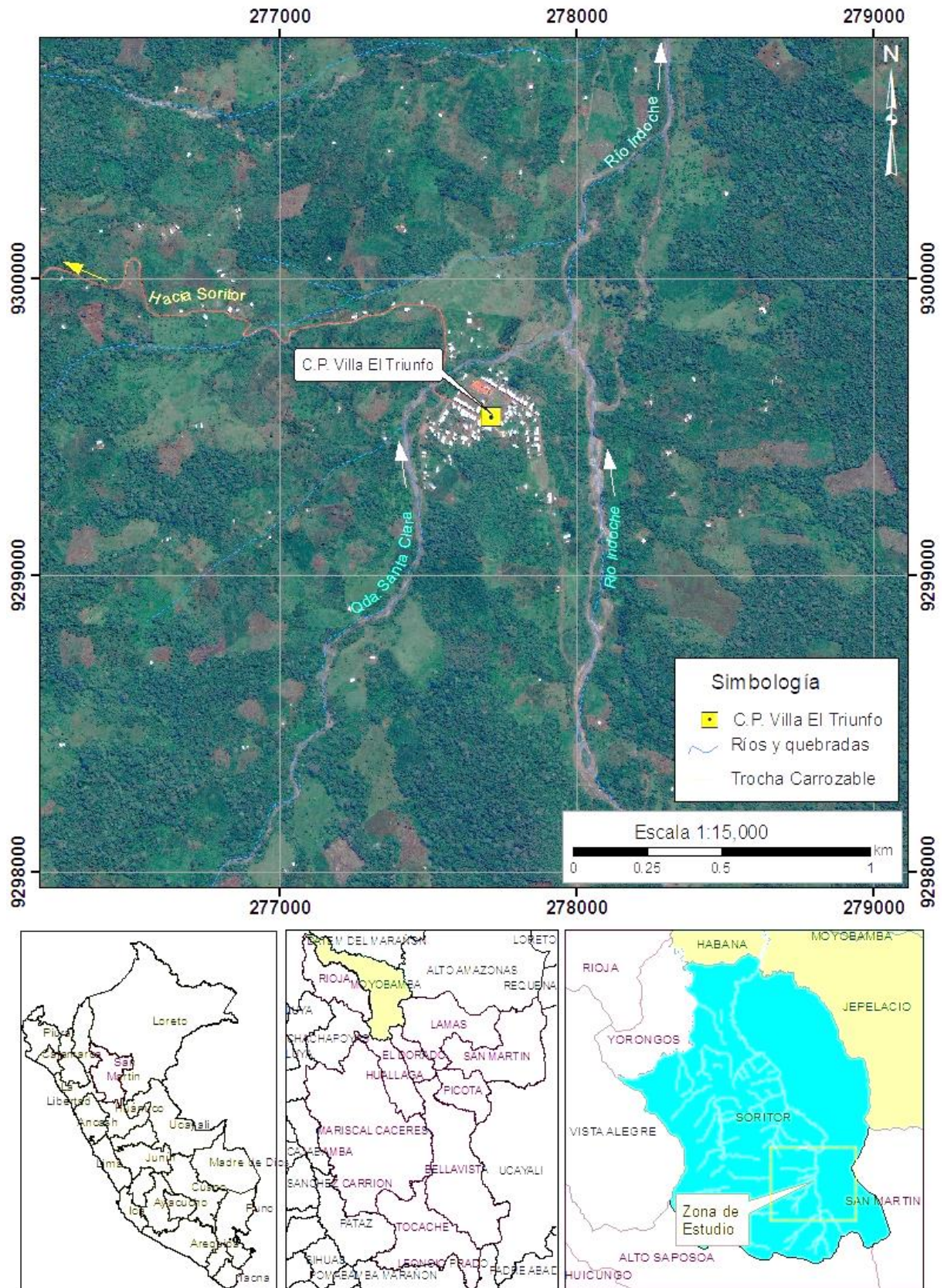


Figura 4. Ubicación de la zona de evaluación.

1.3.3 Clima

El clima es templado a cálido. La temperatura baja promedio anual es de 22.7°C a 22.9°C y la temperatura alta promedio anual es de 26.2°C a 26.5°C. El periodo lluvioso se presenta entre los meses de setiembre a mayo, variando en toda la región San Martín, con mínimos de 500 mm a máximos de 3000 mm (figura 5).

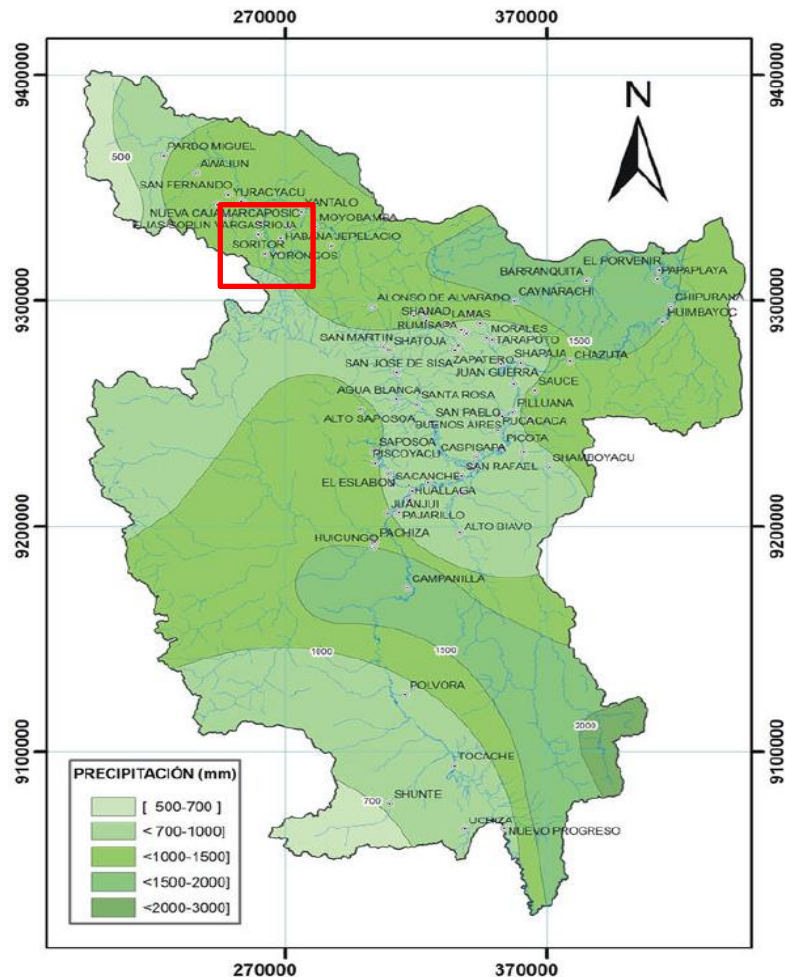


Figura 5. Precipitación anual, en el periodo lluvioso normal setiembre a mayo. Fuente: Atlas de Peligros Naturales del Perú – INDECI, 2003. Recuadro rojo indica la zona de evaluación.

1.3.4 Hidrografía

La zona de estudio se encuentra emplazada entre la cuenca alta del río Indoche (figuras 6 y 7), el cual fluye con dirección sur-norte, ancho promedio de 40 m, alimentado en la margen izquierda por la quebrada Santa Clara, que fluye con dirección suroeste – noreste (figura 8).



Figura 6. El C.P. de Villa El Triunfo se encuentra asentado en la confluencia del río Indoche y la quebrada Santa Clara.



Figura 7. Río Indoche.



Figura 8. Quebrada Santa Clara.

2.0 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Aluvial: Genesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.
- Aluvión: Materiales con fragmentos subredondeados a redondeados, depositados por una corriente natural de agua o por un movimiento tipo flujo canalizado.
- Arcilla: Suelo para Ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.
- Arena: Suelo para Ingeniería con tamaño de granos entre 0,075 mm y 4,75 mm y por lo cual son visibles a simple vista. Estos suelos se caracterizan por no presentar plasticidad ni cohesión. Entre las propiedades importantes de estos suelos que influyen en su comportamiento geomecánica, están la distribución granulométrica, la densidad y la forma de los granos.
- Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superior de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).
- Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que defino cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y

estructura) que las diferencian de las adyacentes.

- Faja marginal: Es un área contigua a un cuerpo de agua, como río, quebrada o laguna, que son de dominio público, que sirven para la protección del recurso hídrico, en donde se prohíben actividades agrícolas, industriales y/o urbanización.
- Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.
- NAME: Nivel de agua máximo extraordinario.
- NAMO: Nivel de agua máximo de operación
- Depósito deluvial: Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.
- Defensa ribereña: Se entiende así a las estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos y/o quebradas, las áreas aledañas a estos cursos de agua, ante inundaciones.
- Socavación: Puede definirse como la excavación y transporte del material del lecho y de las orillas de los cursos de agua como resultado de la acción erosiva del propio flujo de agua.

3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

3.1 Unidades litoestratigráficas

El C.P de Villa El Triunfo, se ubica sobre depósitos cuaternarios aluviales limitados por afloramientos de areniscas y lutitas de la Formación Chonta.

3.1.1 Formación Chonta (Kis-ch)

Conformada por la intercalación de areniscas en estratos gruesos intercalados con lutitas verdosas. Debido a esta característica litológica y la alteración de las rocas que lo componen, muestra una alta susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos en masa como deslizamientos de suelos. Estas rocas conforman el basamento rocoso de la zona de estudio (figura 10).

3.1.1 Depósitos Deluviales (Qh-de)

Está conformada por suelos de origen residual, de color rojizo y de composición arcillosa. Su origen es producto de la meteorización y alteración de las lutitas y areniscas de la Formación Chonta. Se encuentran cubriendo las laderas de la microcuenca Santa Clara e Indoche y varían de espesor de entre 0.20 m a 1.00 m.

3.1.2 Depósitos Aluviales Recientes (Qh-al-r)

Corresponde a materiales conformados por gravas gruesas y bloques heterométricos sub-redondeados inmersos en matriz arenosa. Se encuentran rellenando el cauce activo del río Indoche y la quebrada Santa Clara (figuras 9 y 10).

3.1.1 Depósitos Aluviales Antiguos (Qh-al-a)

Está conformado por grandes bloques de roca inmersos en matriz arcillosa y que han sido

depositados por flujos de detritos antiguos. Sobre esta unidad se asienta la totalidad del área urbana del C.P. Villa El Triunfo (figura 9 y 10).



Figura 9. Depósitos aluviales recientes relleno de la quebrada Santa Clara y aluviales antiguos conformando terrazas.



Figura 10. Depósitos aluviales antiguos y recientes limitados por areniscas de la Formación Chonta.

4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Pendientes del terreno

Los rangos de pendiente en la zona que comprende el área urbana del C.P de Villa El Triunfo se encuentran entre 5° y 15°; sin embargo, está limitado, por laderas de montaña cuya pendiente se encuentran sobre los 25° llegando inclusive a la verticalidad, común en zonas montañosas.

4.2 Unidades geomorfológicas

4.2.1 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

4.2.1.1 Sub-unidad de colinas estructurales en roca sedimentaria (RCE-rs)

Constituye la unidad geomorfológica de mayor predominancia en la zona de estudio y se encuentra distribuida entre alineamientos montañosos de secuencias sedimentarias con buzamientos de estratos que controlan la pendiente de las laderas. Se caracteriza por seguir un patrón estructural, es decir siguen una serie de anticlinales y sinclinales bordeando las zonas de montañas. Las rocas involucradas son de tipo sedimentario como areniscas y lutitas. Localmente, el área de estudio se ubica sobre un cono aluvial limitado por montañas y colinas (figuras 11 - 13). Esta unidad geomorfológica, por la composición litológica y rango de pendientes que presenta (>25°), califica como de alta susceptibilidad ante la ocurrencia de deslizamientos de suelos.

4.2.1 Unidades de carácter deposicional o agradacional

4.2.1.1 Sub-unidad de terrazas aluviales (T-al)

Se caracteriza por presentar pendientes menores a los 5° de inclinación, de un relieve llano a semillano, constituido por depósitos aluviales antiguos. Sobre esta geoforma se asiente el 80% del área urbana de Villa El Triunfo, siendo de una extensión limitada y restringida en ambos flancos por laderas de la subunidad montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria (figuras 13 y 14).



Figura 11. Morfología de colinas estructurales en roca sedimentaria.



Figura 12. Morfología de colinas estructurales en roca sedimentaria con cimas redondeadas resaltando sobre la unidad de terraza aluvial.



Figura 13. Terraza aluvial limitada, vista del sector sur del área urbana del C.P. Villa El Triunfo.



Figura 14. Terraza aluvial sobre la cual se asienta el área urbana del C.P. Villa El Triunfo.

5.0 PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS Y DE MOVIMIENTOS EN MASA

En este ítem se describen las características geodinámicas observadas en el C.P. Villa El Triunfo.

En el marco del análisis regional el área evaluada es de media a alta susceptibilidad.

Sin embargo, la evaluación de campo se han identificados 03 eventos geodinámicos tales como: erosión e inundación fluvial por acción del río Indoche y la quebrada Santa Clara. Y un deslizamiento-flujo de suelos, de baja magnitud.

A continuación, se describen los eventos geodinámicos descritos.

5.1 Erosión fluvial

a) Características del evento

Se presenta en ambas márgenes del río Indoche y quebrada Santa Clara, sobre la que se ha formado una extensa terraza aluvial donde se ubica la zona urbana del C.P. Villa El Triunfo.

El proceso erosivo del río Indoche, afecta en su totalidad la ribera izquierda, que limita la terraza aluvial donde se asienta la zona urbana por los extremos sur y este, en un tramo de 1.50 km aproximadamente (figuras 15-19).

Mientras que el proceso erosivo por acción de la quebrada Santa Clara, afecta un tramo de 400 m de la ribera derecha. El dique de relleno granular existente muestra evidencias de procesos erosivos activos siendo necesaria la reformulación del tipo de estructura de protección, como el de enrocado (figuras 20-25).

b) Factores condicionantes

- Litología:

Presencia de depósitos aluviales gravosos sueltos en el cauce del río Indoche.

Mientras que en ambas riberas están conformadas por depósitos aluviales antiguos, compuestos de gravas gruesas en matriz arcillo arenosa con presencia de bloques de arenisca, subredondeados.

- Pendientes de la ribera:

Pendientes menores a 5° de inclinación.

- Cobertura vegetal:

La faja marginal del río Indoche, se encuentra cubierta por arbustos mientras que en otros sectores se encuentra descubierta.

c) Factores desencadenantes

- Factores climáticos:

Lluvias intensas y prolongadas, con mínimos de 500 mm a máximos de 3000 mm, que acontecen entre los meses de setiembre a mayo.

d) Daños o efectos secundarios

Pérdida de suelos en la ribera izquierda que corresponde a la zona de expansión urbana del C.P. Villa El Triunfo.



Figura 15. Laderas en proceso de deforestación.



Figura 16. Vista de la ribera izquierda del río Indoche afectada por erosión fluvial.



Figura 17. Se observa la conformación de un dique de relleno granular con material propio, como obra de emergencia para protección ribereña.



Figura 18. Sector propenso a mayor afectación erosiva por morfología cóncava del cauce.



Figura 19. Extremo sur de la terraza aluvial sobre la que se asienta el C.P. Villa El Triunfo. Nótese la conformación rústica de la protección con material propio.



Figura 20. Zona propensa a erosión fluvial por acción de la quebrada Santa Clara, en el extremo oeste de la zona urbana.



Figura 21. Dique de relleno granular conformado con material propio, como medida de control ante procesos erosivos.



Figura 22. Dique de relleno granular con evidencias de erosión fluvial. Nótese el desmoronamiento de los clastos que componen la estructura.



Figura 23. Laderas en proceso de deforestación.



Figura 24. Erosión fluvial en la ribera derecha de la quebrada Santa Clara.



Figura 25. Secuencia de arcillas arenosas cubriendo gravas gruesas en matriz arenosa, expuestas por la acción erosiva fluvial de la quebrada Santa Clara.

5.2 Inundación fluvial

a) Características del evento

Este evento se presenta en la terraza aluvial, donde se asienta el área urbana del C.P. Villa El Triunfo, formada por la confluencia del río Indoche con la quebrada Santa Clara (figuras 26-28).

b) Factores condicionantes

- Litología:

Terraza conformada por depósitos aluviales antiguos sueltos, compuestos de gravas gruesas en matriz arcillo arenosa con presencia de bloques de arenisca, subredondeados.

- Pendientes de la ribera:

La terraza aluvial presenta pendientes menores a 5° de inclinación.

- Cobertura vegetal:

Las fajas marginales del río Indoche y quebrada Santa Clara, se encuentran parcialmente cubiertas por vegetación del tipo arbustos; mientras que algunos tramos se encuentran deforestados para la habilitación de viviendas.

c) Factores desencadenantes

- Factores climáticos:

Las lluvias en la zona se caracterizan por ser intensas y prolongadas, con mínimos de 500 mm a máximos de 3000 mm, que acontecen entre los meses de setiembre a mayo.

d) Daños o efectos secundarios

Inundación de viviendas en la zona urbana del C.P. Villa El Triunfo.

Inundación de la I.E.I N° 00965 Villa El Triunfo



Figura 26. Terraza aluvial susceptible a inundación fluvial por desborde de la quebrada Santa Clara.



Figura 27. Institución educativa inicial N°00965 Villa El Triunfo, propensa ante inundación fluvial por desborde de la quebrada Santa Clara.



Figura 28. Altura alcanzada por último evento de inundación registrado en el 2019, por desborde del río Indoche. Este nivel alcanza 1.00 m respecto al terreno natural.

5.3 Deslizamientos-flujos de lodo

a) Características del evento

Se ha inventariado y evaluado 01 evento tipo deslizamiento-flujo de lodo, acontecido en depósitos deluviales arcillosos, sobre una colina parcialmente deforestada (figuras 29 y 30)

En tanto se describen los factores condicionantes, desencadenantes y posibles daños.

a) Factores condicionantes

- Litología:

Predominancia de depósitos deluviales, de composición arcillosa que cubren colinas modeladas en areniscas y limolitas de la Formación Chonta. Esta condición sumada a la pendiente elevada del terreno y las lluvias intensas pueden conllevar a generar el desprendimiento de suelos.

- Pendientes de laderas:

Ladera con pendiente alta, en el rango de 45° a 60° de inclinación, que predisponen a la ocurrencia de deslizamientos.

- Cobertura vegetal:

En la parte alta de la colina se mantiene la vegetación; sin embargo, en la parte media y baja se presenta deforestación del terreno para dar pase a siembra de café. Esta condición ha predispuesto la generación del evento.

b) Factores desencadenantes

- Factores climáticos:

Las lluvias en la zona se caracterizan por ser intensas y prolongadas, con mínimos de 500 mm a máximos de 3000 mm, que acontecen entre los meses de setiembre a mayo.

- Sismos:

La ocurrencia de movimientos sísmicos, pueden desencadenar deslizamientos en la parte alta y media de la microcuenca. El último evento sísmico en la región San Martín, se registró el 26 de mayo del 2019, con magnitud M8.0, con epicentro en Lagunas, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto.

c) Daños o efectos secundarios

La generación de futuros deslizamientos-flujo de lodo pueden afectar severamente los sembríos de los pobladores y la misma seguridad física sus viviendas y medios de vida. Las viviendas se encuentran lejanas a zonas de elevada pendiente, por lo que la afectación a estas es poco probable. Se recomienda evitar acciones de deforestación en zonas de pendientes mayores a 45°.



Figura 29. Vista frontal del deslizamiento-flujo de lodo, disparado por lluvias intensas.



Figura 30. Vista general del deslizamiento-flujo de lodo.

6.0 CONCLUSIONES

- a) El área donde se ubica el centro poblado Villa El Triunfo está conformada por depósitos aluviales antiguos y recientes, conformados por grandes bloques rocosos embebidos en matriz areno arcillosa, muy susceptibles a erosión fluvial e inundaciones.
- b) La configuración morfológica de terrazas aluviales formadas por la confluencia del río Indoche y quebrada Santa Clara, limitadas por colinas estructurales en roca sedimentaria, de relieve ondulado., son geoformas que condicionan la ocurrencia de peligros geohidrológicos, como los que se presentaron en la zona.
- c) Se han registrado tres eventos geodinámicos de erosión e inundación fluvial y deslizamiento-flujo.
- d) La erosión fluvial se presenta en ambas riberas del río Indoche y quebrada Santa Clara; generada por el flujo de agua que discurre por ambos cursos en épocas lluviosas, sobre la cual ocurrió pérdida de terreno y de no controlarse puede alcanzar las viviendas ubicadas en zonas aledañas a las riberas.
- e) La inundación fluvial está condicionada por la baja altura entre los lechos activos y riberas del río Indoche y la quebrada Santa Clara. La confluencia de ambos cursos de agua genera el desborde de ambas afectando la terraza aluvial donde se asienta la zona urbana del C.P. Villa El Triunfo. Estos eventos se presentan en épocas de máximas avenidas.
- f) Se han observado protecciones temporales conformadas por diques de relleno granular con material propio (gravas y arenas) que se encuentran con procesos erosivos activos, por lo que ante futuros eventos no garantizan una adecuada protección.
- g) El deslizamiento-flujo de lodos es un evento aislado, que ha sido condicionado por la elevada pendiente de la ladera y la deforestación de esta y disparado por las lluvias intensas que acontecen en la zona. Su magnitud es baja.
- h) La zona urbana presenta muy alta susceptibilidad ante erosión e inundación fluvial, por acción del río Indoche y quebrada Santa Clara. Siendo las inundaciones fluviales de mayor recurrencia, secundada por erosión fluvial que afectan el área urbana del C.P. Villa El Triunfo, la cual califica como una zona de muy alto peligro.

7.0 RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda construir una defensa ribereña de 2.30 km que entre la ribera izquierda del río Indoche y ribera derecha de la quebrada Santa Clara, que cubriera en su totalidad el área urbana del C.P. Villa El Triunfo. Dicha defensa ribereña deberá estar conformada por enrocado y dique de relleno granular, con uña antisocavante conformada por rocas de diámetro igual o mayor a 1.20 m. La altura de la corona del dique deberá estar acorde con un estudio hidrológico de máximas avenidas y modelamiento hidráulico. La cimentación de la uña antisocavante deberá estar por debajo del nivel de socavación, recomendándose 3.0 m de profundidad. La cimentación del relleno granular no será menor a 1.00 m sobre suelos gravosos. Entre el enrocado y el dique de relleno deberá considerarse una geomalla de gramadura #200 a fin de impedir la pérdida de finos y el desmoronamiento del dique.
- b) Realizar investigaciones geotécnicas consistentes de calicatas de 3.00 m de profundidad mínima, ubicadas en una equidistancia de 400 m a fin de determinar el perfil estratigráfico del subsuelo donde se cimentarán las obras de protección.
- c) Construir un canal perimetral para evacuar las aguas de lluvias que se acumulen en el sector protegido, es decir en la totalidad del área urbana del C.P. Villa El Triunfo. Esta deberá descargar fuera de la defensa mediante una alcantarilla, que deberá ser operada por la población. Esta permanecerá cerrada al momento en que el nivel del río Indoche y quebrada Santa clara sean mayores que del de la descarga, a fin de impedir el ingreso de agua mediante la alcantarilla.
- d) Descolmatar los cauces del río Indoche y quebrada Santa Clara. El material excedente deberá ser colocado en el espacio existente entre los diques de protección existentes y las riberas. Esto con la finalidad de reforzar las estructuras ante futuros eventos erosivos.
- e) Impedir la deforestación de la parte alta de las colinas a fin de prevenir deslizamientos-flujos de lodos.
- f) No permitir excavaciones en la base de las laderas que flanquean la zona urbana del centro poblado Villa El Triunfo. Esta acción puede disparar la ocurrencia de deslizamientos de suelos.



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

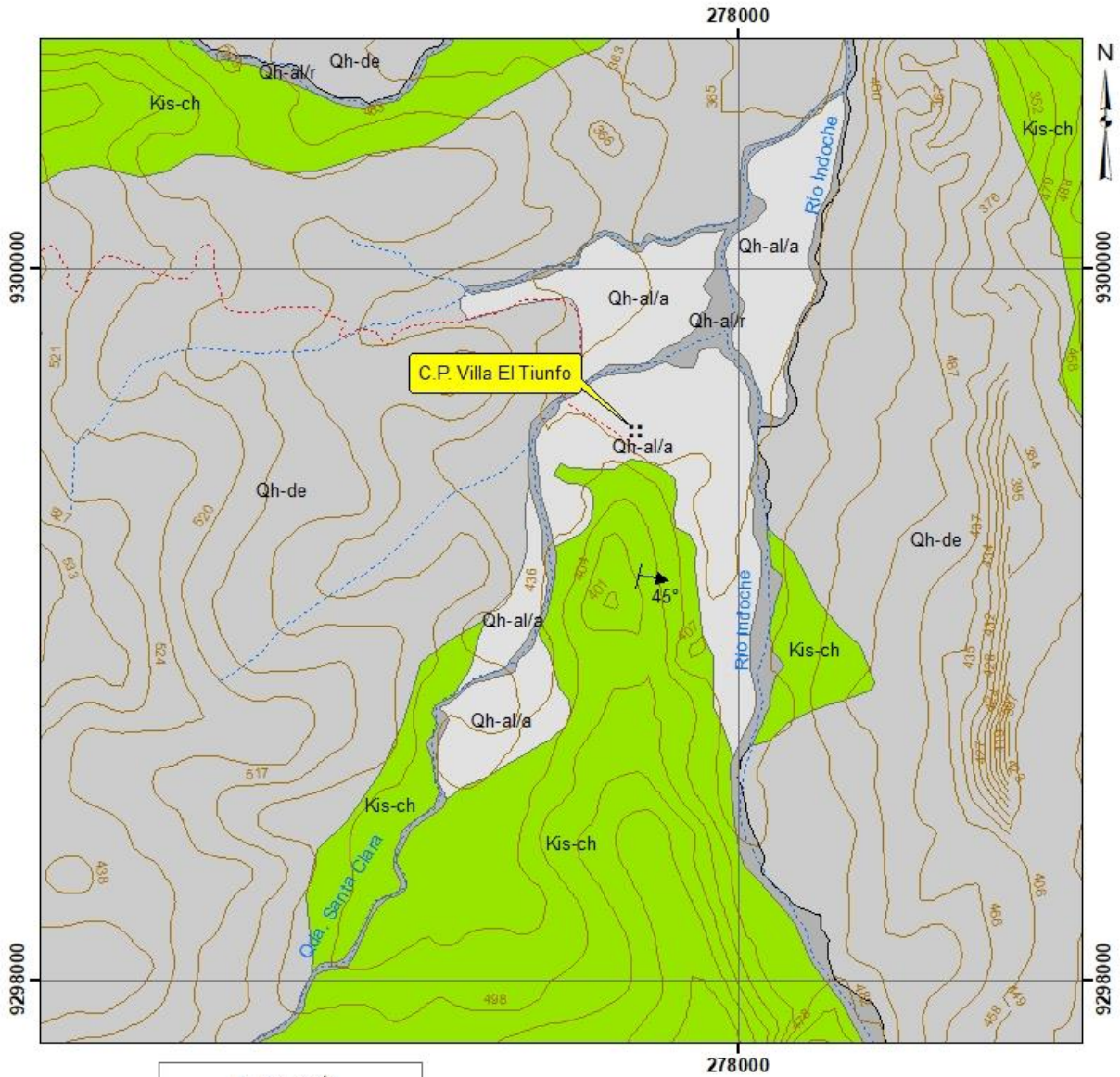


.....
 Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
 Director
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
 INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). Landslide Types and Processes. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- Núñez, S.; Luque, G. & Pari, W.(2010). Peligro Geológico en la Región San Martín. Boletín N°42 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET), 200 p.
- PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas. Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p., Canadá.
- Rodríguez, R.; Cueva, E.; Sánchez, E.; Ojeda, D., Fabian, C. & Giraldo, E. (2017). Geología del cuadrángulo de Rioja, Hoja 13i. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 150, 82 p., 4 mapas (Escala 1:50 000)

ANEXO 1: MAPAS

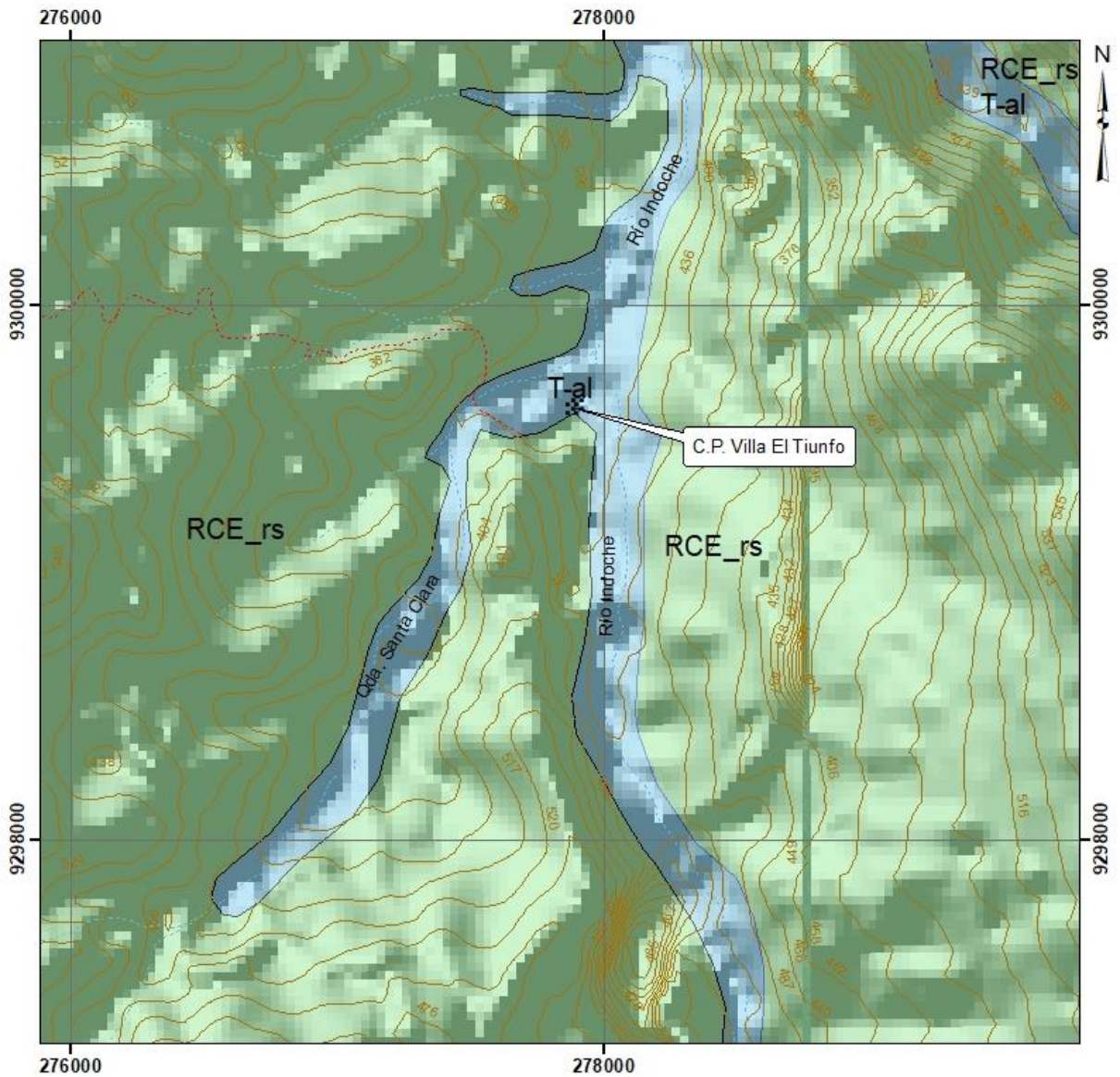


SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Trocha carrozable
	Río
	Quebrada
	Centro poblado
	Rumbo y buzamiento

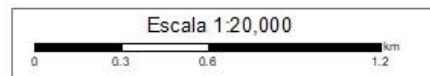


Leyenda	
Unidades Lito-estratigráficas	
	Qh-al.r Depósitos aluviales recientes
	Qh-al.a Depósitos aluviales antiguos
	Qh-de Depósitos deluviales
	Kis-ch Formación Chonta

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
GEOLOGIA LOCAL C.P. VILLA EL TRIUNFO	MAPA 1
Escala: 1/15,000 Datum: WGS84 Zona UTM: 18S Versión digital: Año 2021	

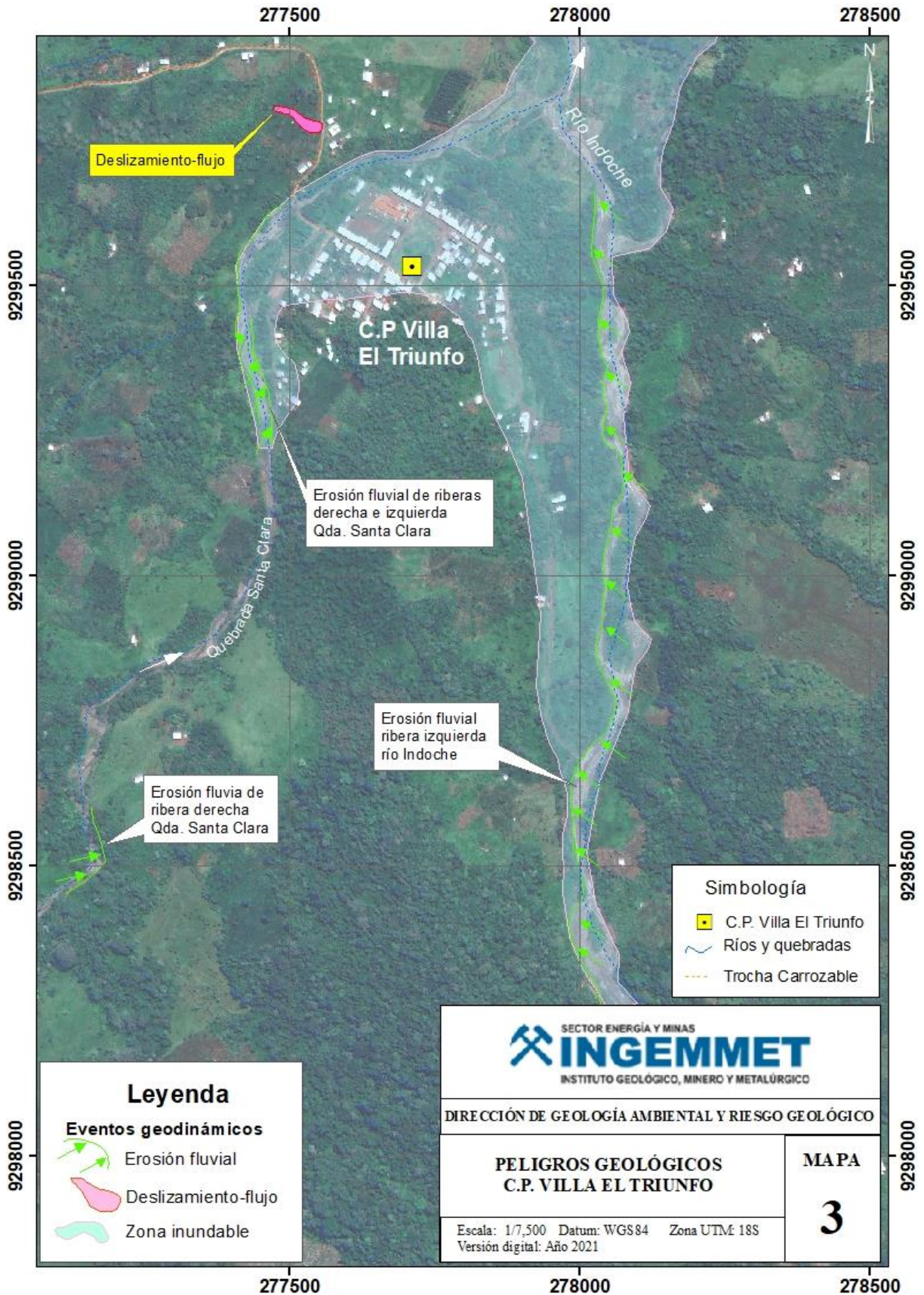


SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Trocha carrozable
	Río
	Quebrada
	Centro poblado



LEYENDA	
Unidades Geomorfológicas	
	RCE_rs Colina estructural en roca sedimentaria
	T-al Terraza aluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
GEOMORFOLOGIA C.P. VILLA EL TRIUNFO	
Escala: 1/20,000 Datum: WGS84 Zona UTM: 18S Versión digital: Año 2021	
MAPA 2	



ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Descritas las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del centro poblado Villa El Triunfo, se plantean las siguientes medidas de prevención y mitigación ante potenciales peligros geológicos:

- Construir una defensa ribereña de 2.30 km que encierre el área urbana del C.P. Villa El Triunfo, entre las riberas izquierda del río Indoche y ribera derecha de la quebrada Santa Clara.
- La conformación de la defensa, en función a los materiales observados y el grado de acción erosiva del río. En base a estas dos condiciones se recomienda la conformación de un muro enrocado con dique de relleno granular. El enrocado deberá estar compuesto por bloques de roca de un diámetro no menor a 1.20 y de elevada resistencia a la abrasión (no mayor a 35% de desgaste).
- El dique de relleno granular puede estar conformado por gravas areno arcillosas y/o materiales granulares provenientes de la descolmatación del río Indoche y quebrada Santa Clara.
- Construir un canal perimetral para evacuar las aguas de lluvias que se acumulen en el sector protegido, es decir en la totalidad del área urbana del C.P. Villa El Triunfo. Esta deberá descargar fuera de la defensa mediante una alcantarilla, que deberá ser operada por la población. Esta permanecerá cerrada en el momento del que el nivel del río Indoche y quebrada Santa clara sean mayores que del de la descarga, a fin de impedir el ingreso de agua mediante la alcantarilla.
- Descolmatar los cauces activos del río Indoche y quebrada Santa Clara.
- Impedir la deforestación de las partes altas de colinas y laderas de montaña.



Fotografía 1: Conformación de enrocado y dique de relleno granular, separados por una geomalla. Fuente: Abraham Gamonal Sánchez Obra defensa ribereña de la localidad de Bellavista – San Martín (2016).



Fotografía 2: Conformación de enrocado y dique de relleno granular. Fuente: Abraham Gamonal Sánchez Obra defensa ribereña de la localidad de Bellavista – San Martín (2016).



Fotografía 3: Conformación de uña antisocavante con enrocado. Fuente: Abraham Gamonal Sánchez Obra defensa ribereña de la localidad de Bellavista – San Martín (2016).



Fotografía 4: Defensa ribereña conformada por enrocado y dique de relleno granular. Fuente: Abraham Gamonal Sánchez Obra defensa ribereña de la localidad de Bellavista – San Martín (2016).

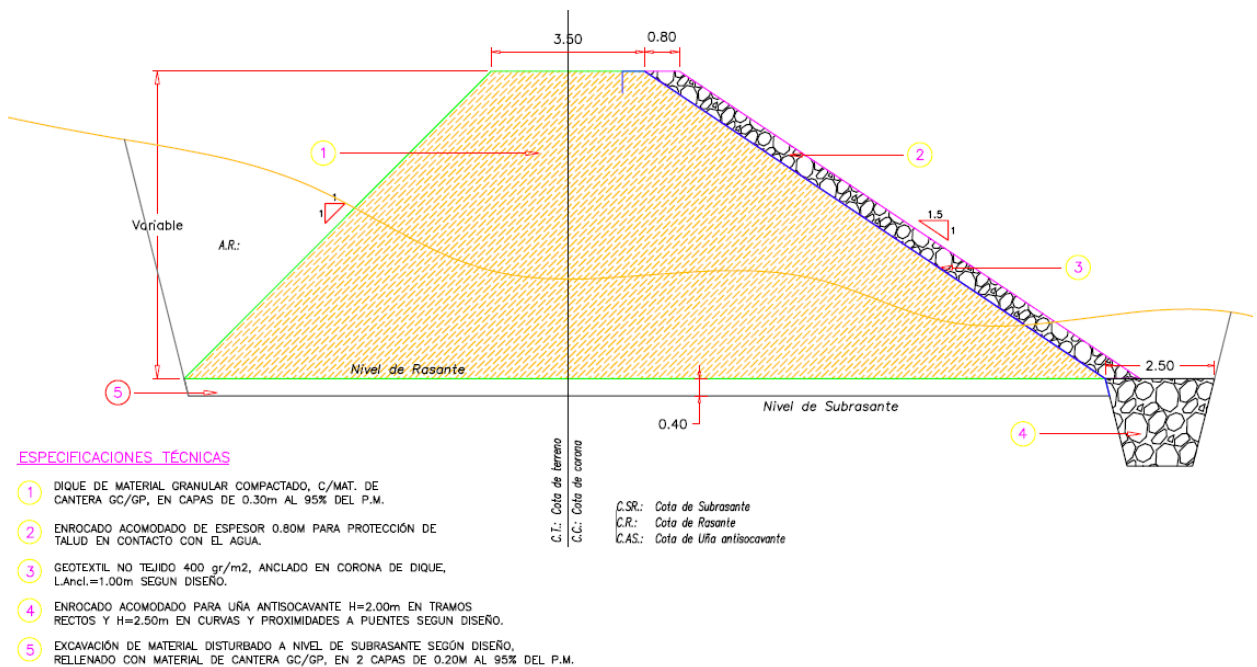


Figura 31: Propuesta de diseño de defensa ribereña. Fuente: Phool Camacho Zorogastúa Obra defensa ribereña río Coata – Juliaca - Puno (2021).

