

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7162**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) EN LOS ANEXOS TICAPAMPA Y OCONCHAY

Región Tacna  
Provincia Jorge Basadre  
Distrito Ilabaya



JUNIO  
2021

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS  
(HUAICOS) EN LOS ANEXOS TICAPAMPA Y OCONCHAY***

*Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Región Tacna.*

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

***Equipo de investigación:***

*Pavel Dávalos Gonzales*

*Yhon Soncco Calsina*

*Jessica Vela Valdez*

**Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos (huaicos) en los anexos Ticapampa y Oconchay. Distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre, región Tacna., Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° Informe Técnico N° A7162, 36p

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1 Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2 Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	2
<b>1.3 Aspectos generales</b> .....	3
<b>1.3.1 Ubicación</b> .....	3
<b>1.3.2 Accesibilidad</b> .....	5
<b>1.3.3 Clima</b> .....	5
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	6
<b>2.1 Unidades litoestrigráficas</b> .....	6
<b>2.1.1 Formación Moquegua inferior (Pp-mo/i)</b> .....	6
<b>2.1.2 Formación Paralaque (Ks-p)</b> .....	6
<b>2.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al)</b> .....	6
<b>2.1.4 Depósitos fluvial (Q-fl)</b> .....	7
<b>2.1.5 Depósito Proluvial (Q-pr)</b> .....	7
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	10
<b>3.1 Pendiente del terreno</b> .....	10
<b>3.2 Unidades geomorfológicas</b> .....	13
<b>3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional</b> .....	13
<b>3.2.2 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional</b> .....	15
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	18
<b>4.1 Flujos de detritos, derrumbes y erosión de laderas en el anexo Ticapampa</b> .....	18
<b>4.1.1 Características visuales del evento</b> .....	20
<b>4.1.2 Factores condicionantes</b> .....	22
<b>4.1.3 Factores desencadenantes</b> .....	22
<b>4.2 Flujo de detritos y erosión de laderas en el anexo Oconchay</b> .....	23
<b>4.2.1 Características visuales del evento</b> .....	26
<b>4.2.2 Factores condicionantes</b> .....	26
<b>4.2.3 Factores desencadenantes</b> .....	26
<b>CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	28

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en los anexos de Ticapampa y Oconchay que pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, región Tacna. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en los anexos Ticapampa y Oconchay corresponden a las Formación Moquegua Inferior, conformada por conglomerados poco consolidados; Formación Paralaque, compuesto por tobas altamente meteorizadas y muy fracturadas; depósitos aluviales constituidos por bloques, gravas, arenas y arcillas; depósitos fluviales que se acumulan a partir de la actividad del río Salado; depósito proluvial, compuesto por fragmentos rocosos heterométricos, de bloques, gravas, arenas y limos dentro de una matriz limo-arcilloso. Los depósitos aluviales, fluviales y proluviales, son de fácil remoción.

Las unidades geomorfológicas están conformadas por montañas, colina, lomada, piedemonte y planicies, y las subunidades que lo conforman son: montaña y colina modeladas en rocas volcánicas, colina y lomada en roca sedimentaria, colina y lomada disectada en roca sedimentaria, vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, abanico de piedemonte, terraza aluvial y terraza fluvial. Las subunidades que presenta mayor susceptibilidad a movimientos en masa corresponden a colinas y lomadas modeladas en roca sedimentaria y colina y lomada disectada en roca sedimentaria.

Los movimientos en masa identificados en los anexos Ticapampa y Oconchay son flujos de detritos (huaicos) y derrumbes, además, procesos de erosión de ladera tipo cárcavas.

En peligro geológico de mayor afectación en los anexos de Ticapampa y Oconchay son los flujos de detritos (huaicos). El problema es recurrente, año tras año, afectan las vías de comunicación y viviendas asentadas cerca de los cauces de las quebradas. Ambos anexos están ubicados sobre depósitos de (huaicos) antiguos.

Los anexos Ticapampa y Oconchay, son considerados de Peligro Muy Alto, porque pueden ser afectados por flujos de detritos (huaicos) que se pueden generar en temporada de lluvias intensas y excepcionales.

Evitar construir infraestructura alguna en el cauce de las quebradas Gallinazo y Oconchay, canalizarlos para que los flujos de detritos (huaicos) fluyan libremente y no causen daños; para ello, se tienen que realizar cálculos de escenario de flujos con lluvias extremas y excepcionales.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importantes, que las autoridades competentes pongan en práctica, como es el uso de señalizaciones, carteles que indiquen los peligros geológicos, entre otros.

## 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 tengas elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la municipalidad distrital de Ilabaya, según Oficio N° 044-2020-MDI/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los anexos Ticapampa y Oconchay.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los especialistas Pavel Dávalos, Yhon Soncco y Jessica Vela, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan terrenos de cultivo agrícola y viviendas, los trabajos de campo se realizaron los días 24 y 25 noviembre del 2020.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), 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 Ilabaya y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en los anexos “Ticampampa” y “Oconchay”, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, medios de vida (cultivos agrícolas) y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

### 1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional destacan los siguientes:

- a) Martínez, W. & Zuloaga, A. (2000) - Mapa Geológico del Cuadrángulo de Moquegua, Hoja 35-u, Cuadrante II, escala 1:50 000. INGEMMET. Carta Geológica Nacional. Describe a la Formación Moquegua inferior (Pp-mo/i), como una secuencia de areniscas, con intercalaciones de niveles de tufos volcánicos, de color gris a marrón claro, que alternan en forma casi regular con areniscas arcillosas y arcillas grises a rojizas <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2044>

- b) Narvaez (1964) - Geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba (Hojas 36-t y 36-u). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, 7, 75 p., 2 mapas. Se empleo como base de la información geológica. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/147>
- c) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. “Evaluación de peligros geológicos de los sectores propuestos para la reubicación (Alto El Cairo; Nueva Borogueña y Pampa Cuchillas) del Centro Poblado Mirave. Región Tacna, Provincia Jorge Basadre, Distrito Ilabaya”. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A6896. En el informe técnico reportan procesos de movimientos en masa, del tipo flujo de detritos (huaicos), y procesos de erosión de ladera en cárcavas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2211>
- d) Informe Técnico “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tacna”, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Griselda Luque Poma, febrero 2016. Donde menciona que Ticapampa es un área sujeta a derrumbes, caída de rocas, erosión de laderas, huaicos y flujos de lodo. Huaicos periódicos en quebrada Gallinazos en margen izquierda del río Ilabaya. Se ha canalizado la parte baja del cauce de quebrada. Algunas viviendas del poblado Ticapampa se encuentran sobre laderas inestables, con pircas artesanales, susceptible a caída de rocas y derrumbes. Gran parte del trazo de la carretera en Ticapampa se construyó dentro del cauce de la quebrada Gallinazos. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2028>
- e) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2019). “Evaluación de Peligros Geológicos de los sectores propuestos para la reubicación del Centro Poblado de Mirave”, Región Tacna, Provincia Jorge Basadre, Distrito Ilabaya, Paraje Mirave. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A6884. Donde mencionan que el sector el Cairo, el cual está ubicado a pocos kilómetros de las zonas de evaluación del presente informe, procesos de movimientos en masa, del tipo flujo de detritos (huaicos), y procesos de erosión de ladera en cárcavas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2063>
- f) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). “Alto Mirave”, Provincia Jorge Basadre, región Tacna. Lima: Ingemmet, Opinión Técnica N° 007-2020. reportan procesos de movimientos en masa, del tipo flujo de detritos (huaicos), y procesos de erosión de ladera en cárcavas. El sector Alto Mirave, está ubicado a pocos kilómetros de las zonas inspeccionadas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2998>
- g) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimiento en masa en los sectores en Alto Ilabaya e Ilabaya Capital. Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Región Tacna. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7124. 27 p. En la evaluación han reportado peligros geológicos por flujo de detritos, derrumbes, caída de rocas y procesos de erosión de ladera en (cárcavas). <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3079>

## 1.3 Aspectos generales

### 1.3.1 Ubicación

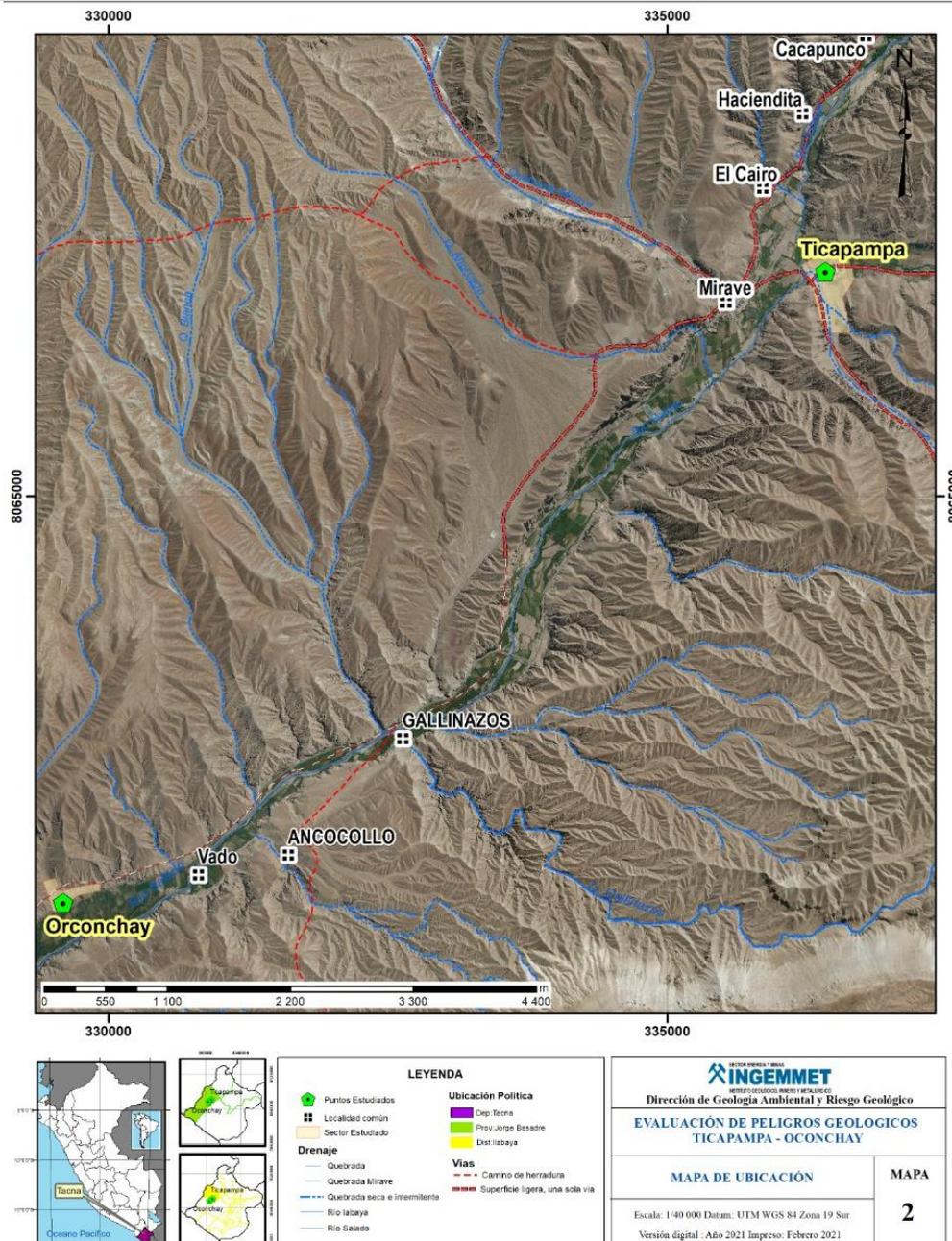
El área evaluada, corresponde a los anexos de Ticapampa y Oconchay, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, región Tacna (figura 1), en las coordenadas UTM (WGS84- Zona 19S) siguientes respectivamente para cada sector:

**Cuadro 1.** Coordenadas del anexo de Ticapampa

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	336412	8067028	17°28'36.78"	70°32'26.35"

**Cuadro 2.** Coordenadas del anexo de Oconchay

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	329544	8061350	17°31'39.63"	70°36'20.76"



**Figura 1.** Mapa de ubicación de los anexos Ticapampa y Oconchay

### 1.3.2 Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio, utilizando un vehículo desde el Ingemmet OD-AREQUIPA, se realiza mediante la siguiente ruta:

**Cuadro 03.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Arequipa - Ilabaya	Asfaltada	362	5. horas
Ticapampa - Oconchay	trocha carrozable	5.40	10 minutos
Ilabaya - Ticapampa	Asfaltada-trocha carrozable	8.7	15 minutos

### 1.3.3 Clima

De acuerdo con el mapa climático nacional elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, el sector de Ticapampa y Oconchay presentan el tipo climático siguiente:

Ticapampa, se encuentra a 3512 m s.n.m., La zona tiene un clima de tundra, lo que significa, que incluso en los meses más cálidos las temperaturas son muy bajas. En Ticapampa y Oconchay, la temperatura media anual es de 6.1 °C. y precipitaciones mensuales de hasta 287 mm.

**Cuadro 03.** Temperaturas máximas y medias de la zona de estudio (Weather Spark, 2020)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	6.3	6.3	6.4	6.5	6.3	5.8	5.5	5.9	6.1	6.2	6.3	6.2
Temperatura min. (°C)	2.2	2.5	2.7	2.2	1.7	0.9	0.5	0.7	1.5	1.8	1.9	2.1
Temperatura máx. (°C)	11.8	11.9	12	12.1	11.6	11.5	11.4	12	11.7	11.6	11.9	11.7
Precipitación (mm)	262	287	327	224	124	77	71	96	155	191	171	222
Humedad(%)	84%	86%	87%	83%	77%	70%	66%	65%	73%	79%	78%	83%
Días lluviosos (días)	21	19	22	21	19	16	15	17	20	19	18	19

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La evaluación geológica de la zona de evaluación se desarrolló en base a la geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba (Hojas 36-t y 36-u) Narvaez, S. (1964)

En la zona de estudio, afloran rocas sedimentarias que se describen brevemente a continuación.

### 2.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en los anexos Ticapampa y Oconchay son de origen sedimentario (figuras 5 y 6), además se presentan depósitos recientes de origen aluvial, fluvial y proluvial acumulados en las partes bajas de las quebradas.

#### 2.1.1 Formación Moquegua inferior (Pp-mo/i)

Esta formación consiste en una secuencia de areniscas, con intercalaciones de niveles de tufos volcánicos, de color gris a marrón claro, que alternan en forma casi regular con areniscas arcillosas y arcillas grises a rojizas. Las areniscas son de grano grueso a medio y se componen principalmente de feldspatos y cuarzo, Martínez, W. & Zuloaga, A. (2000). Los depósitos de esta formación se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas (figura 2).



**Figura 2.** Vista de la Formación Moquegua Inferior (coordenadas UTM E: 336582, N: 8066463).

#### 2.1.2 Formación Paralaque (Ks-p)

Se encuentra al Este del sector Ticapampa, está compuesta por conglomerados, arenas y limoarcillitas de color pardo rojizas y verdosas bien estratigráficas, Martínez & Zuloaga (2000). Los conglomerados contienen clastos volcánicos subangulosos de composición andesítica.

#### 2.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al)

El sector de Ticapampa y Oconchay están formadas por bloques, gravas, arenas y arcillas que están en proceso de transporte y deposición por el río actual, los bloques llegan a medir

hasta 50 cm. Los depósitos se presentan formando bancos y terrazas a lo largo del lecho del río Ilabaya, (figura 3). Los depósitos se encuentran no consolidados.



**Figura 3.** Vista de depósito aluviales en forma de banco (coordenadas UTM E: 336013, N: 8066816).

#### **2.1.4 Depósitos fluvial (Q-fl)**

Estos constituidos por sedimentos que se acumulan a partir de la actividad del río Ilabaya, estos depósitos se encuentran en el lecho del río Ilabaya, están constituidos por bloques de hasta 30 cm, gravas y arenas. Los depósitos se encuentran no consolidados.

#### **2.1.5 Depósito Proluvial (Q-pr)**

Compuestos por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, gravas, etc), dentro de una matriz arenoso-arcilloso, este tipo de depósitos se encuentran en el fondo de quebradas tributarias y conoides deyectivos, que acarrean materiales durante lluvias. Los depósitos se encuentran no consolidados, (figura 4)



**Figura 4.** Vista con dirección al este, se observa fragmentos rocosos heterométricos (gravas, bloques) (coordenadas UTM E: 330559, N: 8061671).

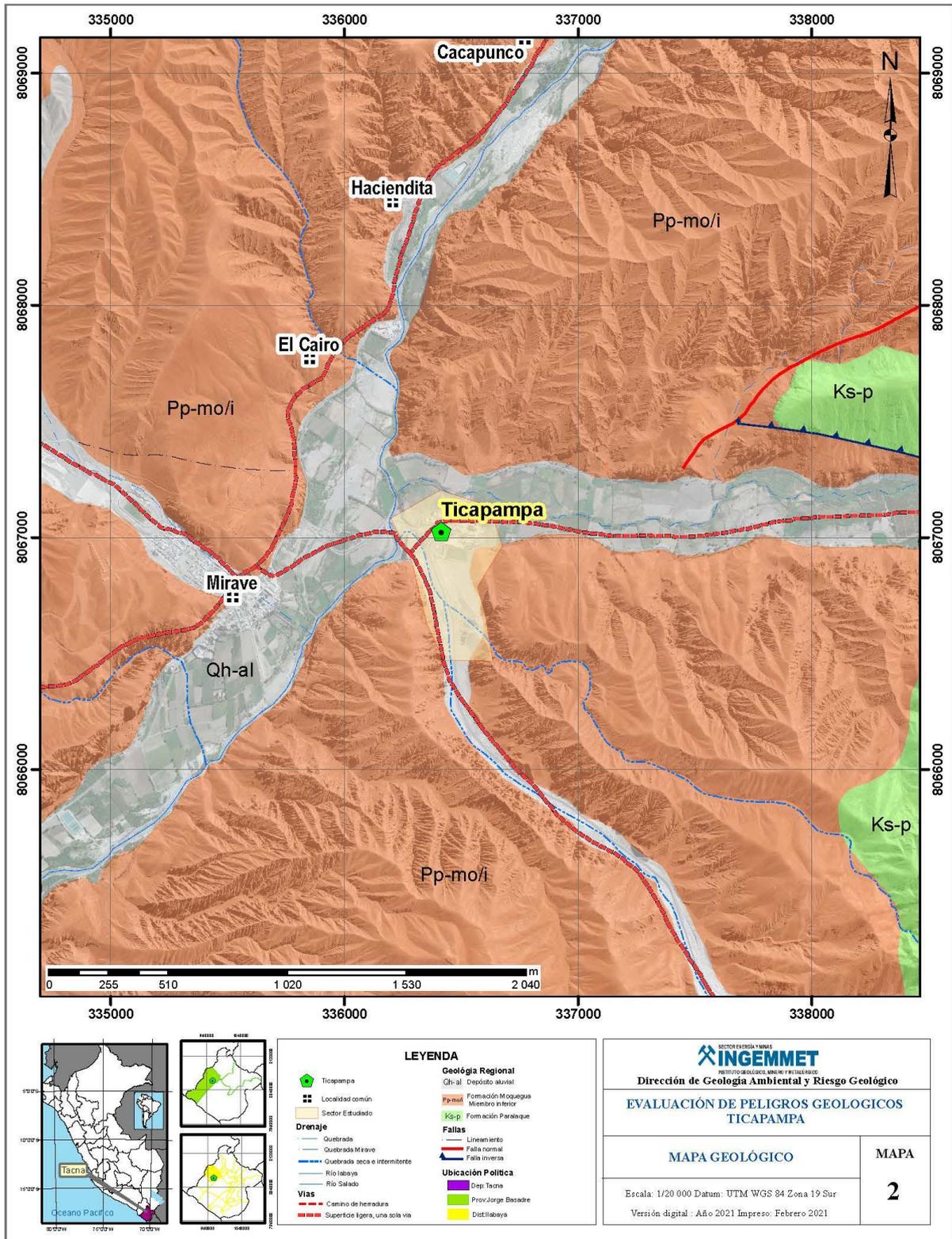
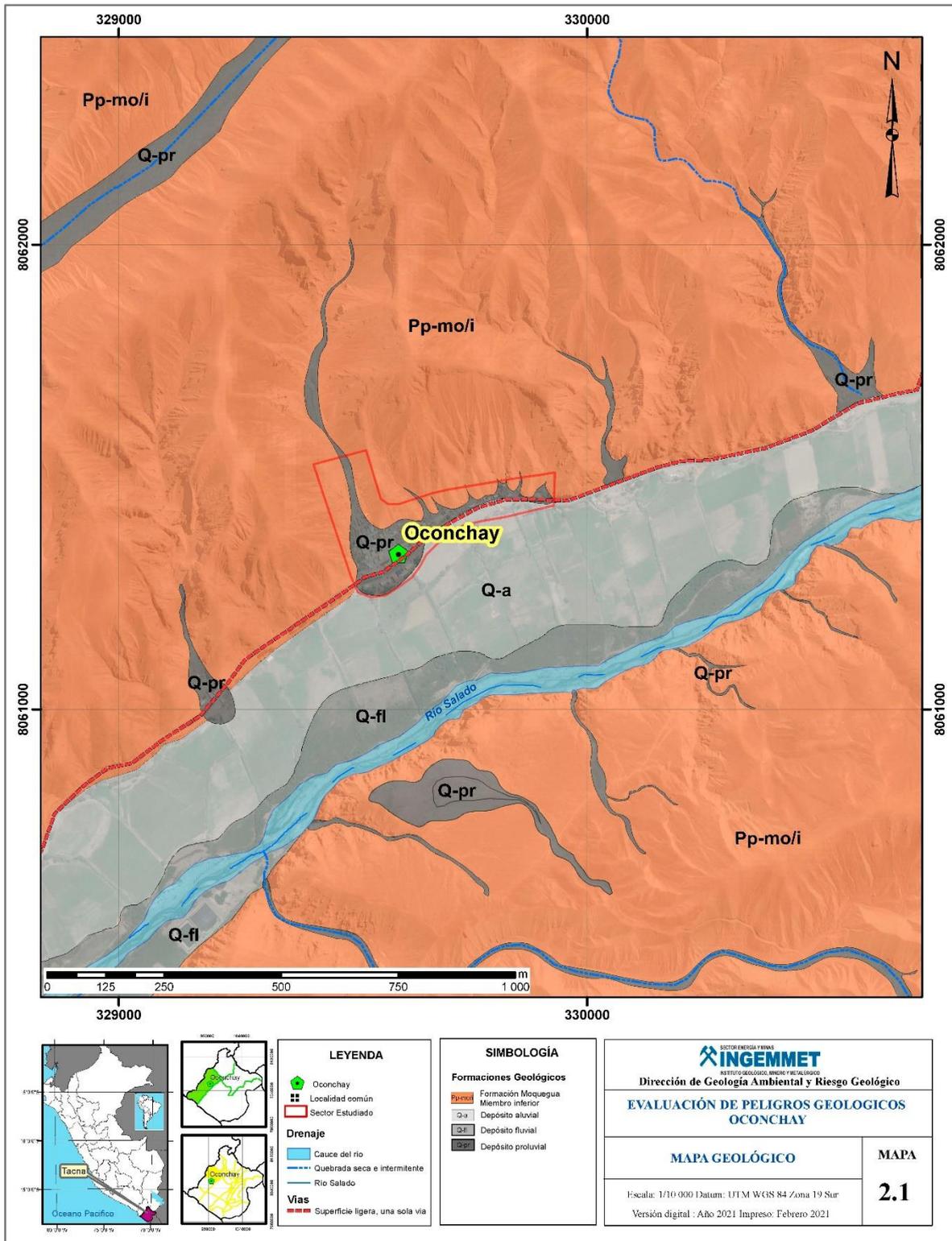


Figura 5. Mapa geológico del sector de Ticapampa, modificado a partir del mapa geológico del cuadrángulo de Locumba (36-u). Narvaez (1964)



**Figura 6.** Mapa geológico del sector de Oconchay, modificado a partir del mapa geológico del cuadrángulo de Locumba (36-u). Narvaez (1964)

### **3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

#### **3.1 Pendiente del terreno**

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

En la figura 7 se presenta un mapa de pendiente elaborado en base a un modelo de elevación digital (DEM), de 12.5 m de resolución, tomado del portal EARTH-DATA, a partir del Alaska Satellite Facility Distributed (ASF DAAC) de la NASA. El cual nos permitió observar que el sector anexo de Ticapampa, se ubica sobre una inclinación suave a moderada 5° a 15°, con zonas escarpadas en las partes altas.

Asimismo, para el sector anexo de Oconchay se presenta el mapa de pendientes (figura 8), donde se distinguen pendientes 5° a 25° donde se ubica el poblado, además profundizando la quebrada hacia el norte de dicho pueblo se observan pendientes fuertes a escarpados (15° a >45°) donde dichos procesos geodinámicos son favorecidos por las variaciones de pendientes.

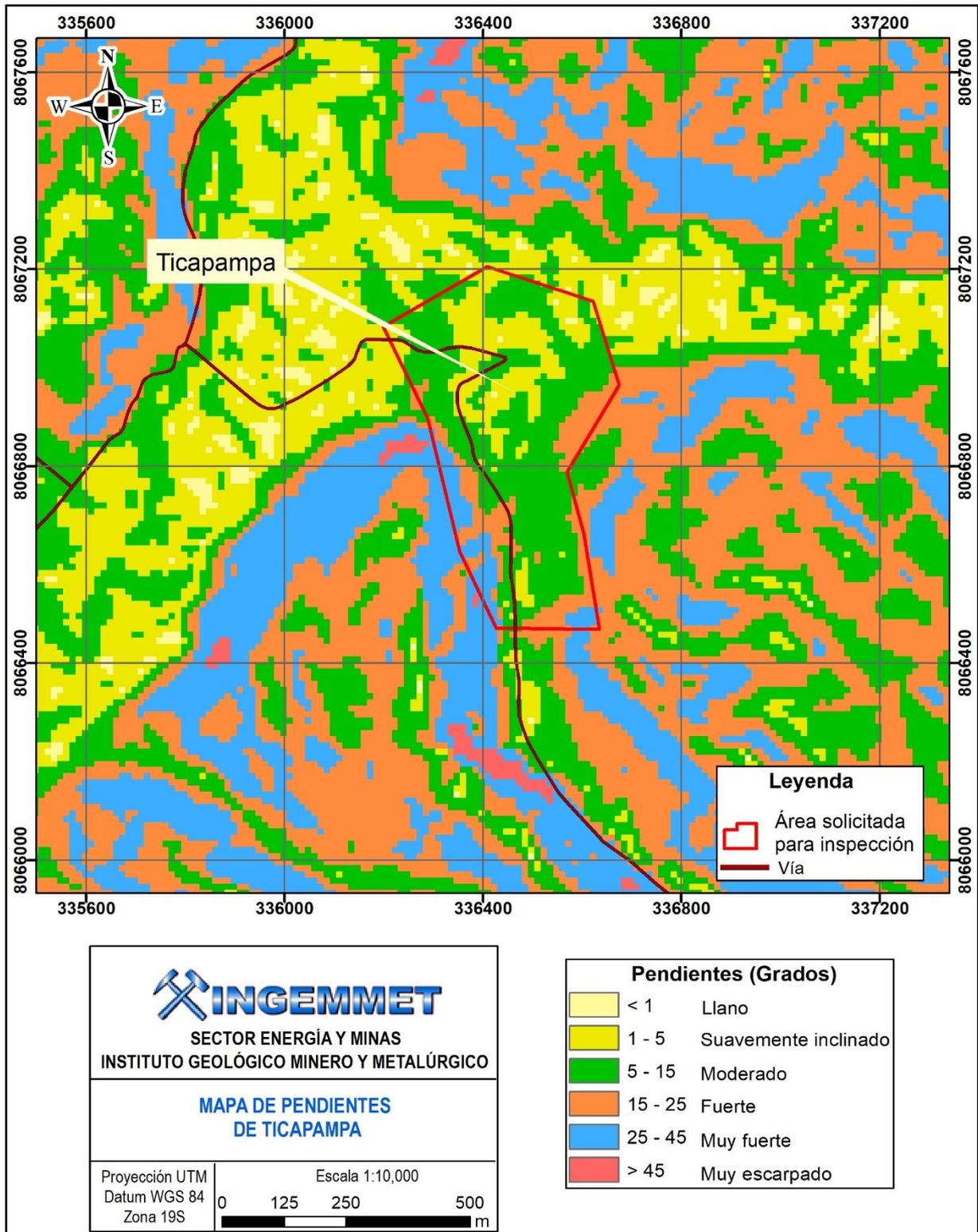


Figura 7. Mapa de pendientes del anexo Ticapampa.

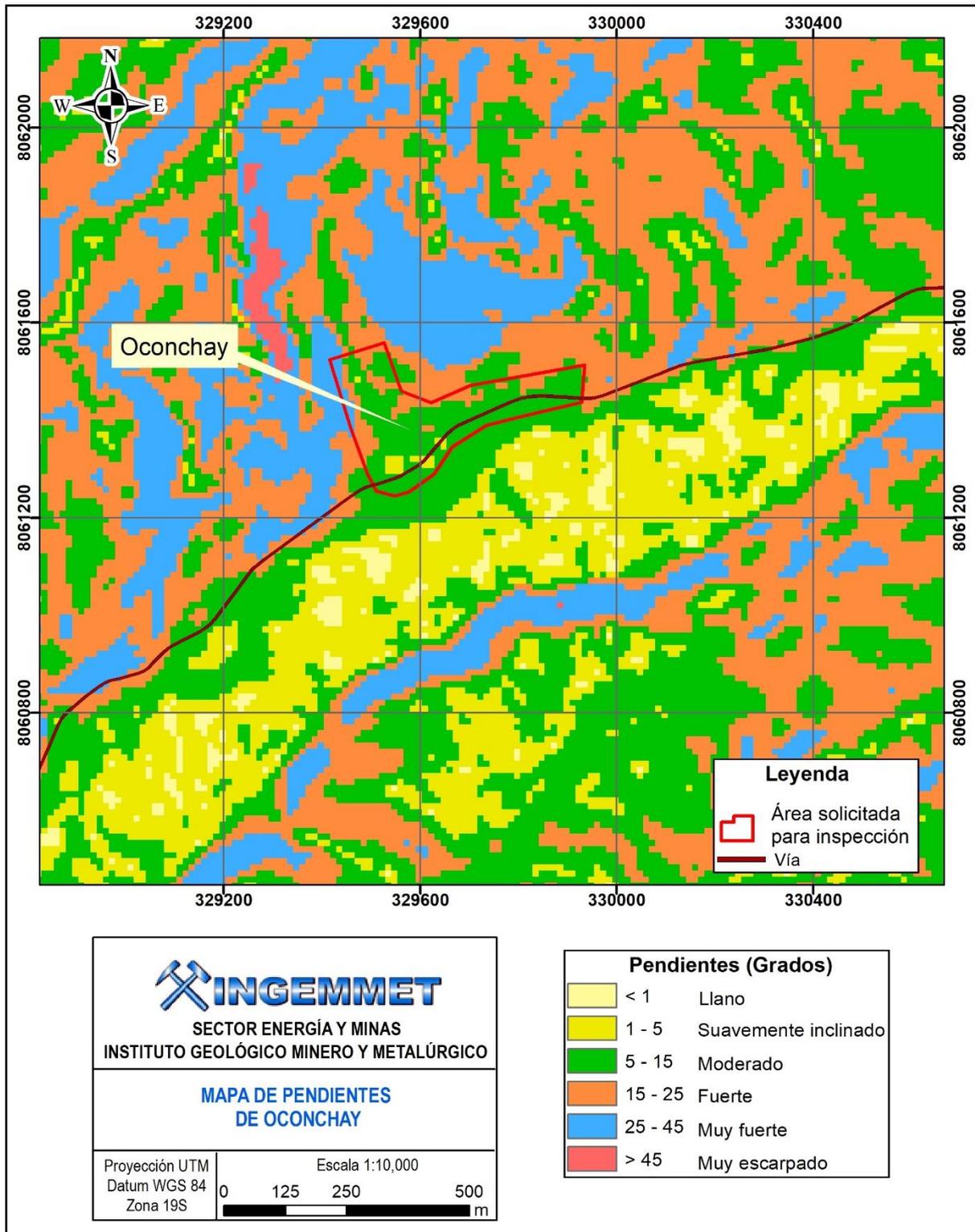


Figura 8. Mapa de pendientes del anexo Oconchay

### 3.2 Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (figuras 13 y 14), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2020).

#### 3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

##### 3.2.1.1 Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferenciaron las siguientes subunidades:

**Sub unidad de montaña y colina en roca volcánica (RMC-rv):** Relieve modelado en afloramientos de rocas volcánicas reducidos por procesos denudativos; asimismo, se presentan en formas alargadas con laderas disectadas. Estas geoformas presentan pendientes escarpadas (figura 9).



**Figura 9.** Vista en dirección al Este, subunidad montaña y colina en roca volcánica, en forma alargada (coordenadas UTM E: 329500, N: 8061519).

##### 3.2.1.2 Unidad de colinas y lomadas

Esta unidad geomorfológica se encuentra representada por la combinación de colinas y lomadas de relieves suaves con diferentes grados de disección, presentan menor altura que una montaña (menos de 300 m desde el nivel base local); además, presentan una inclinación promedio de 16% en sus laderas con cimas muy estrechas, mientras que las lomadas son de similar altura que las colinas, pero sus cimas con más amplias, redondeadas y alargadas con pendientes menores (8% a 16%).

**Subunidad de colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs):** Relieve modelado en rocas sedimentarias reducidos por procesos denudativos, conforman elevaciones alargadas, estas geoformas se identificó al suroeste del sector afectado por el movimiento de la zona urbana (figura 10).



**Figura 10.** Vista en dirección al Este, subunidad montaña y colina en roca sedimentaria. (coordenadas UTM E: 329500, N: 8061519).

**Subunidad de colina y lomada disectada en roca sedimentaria (RCLD-rs):** Esta subunidad se encuentra formada en rocas sedimentarias de la Formación Moquegua del miembro Inferior, presentan diferentes grados de disección producto de los procesos denudativos y sectores escarpados; estas geoformas, se identificaron hacia los dos flancos del río Ilabaya.



**Figura 11.** Vista en dirección al Este, subunidad de colina y lomada disectada en roca sedimentaria (coordenadas UTM E: 329500, N: 8061519).

### 3.2.2 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultantes de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas preexistentes, aquí se tiene:

#### 3.2.2.1 Unidad de piedemonte

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

**Sub unidad vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Son el resultado de la acumulación de material movilizado a manera de flujos de detritos (huaicos) canalizados y no canalizados, modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas (figura 4) como Gallinazo y Oconchay.

**Sub unidad Abanico de piedemonte (Ab):** Un abanico aluvial es una forma de relieve depositacional originada en la base o pie (piedemonte), genéticamente se encuentra asociado a las descargas sólidas (sedimentos) de un curso de agua de la quebrada Mirave y Gallinazo que drenan desde un área topográficamente elevada a un área más baja y plana adyacente, sedimentación que es promovida principalmente por los cambios de pendiente experimentados por el cauce a lo largo de su recorrido; (figura 12).



**Figura 12.** Vista en dirección Este, subunidad de abanico de piedemonte.

**Sub unidad terraza aluvial (T-al):** Constituidos por materiales ubicados a los costados de la llanura de inundación del río Ilabaya. Representan niveles antiguos no consolidados de materiales aluviales, con procesos erosivos como consecuencia de la profundización del valle de Ilabaya.

**Sub unidad terraza fluvial (T-fl):** Se evidencian en proximidades del anexo de Oconchay, se ubican en el curso de los ríos, litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bloques, gravas, arenas, etc.), son trasportados por la corriente del río Ilabaya, a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conforman la llanura de inundación o el lecho del río.

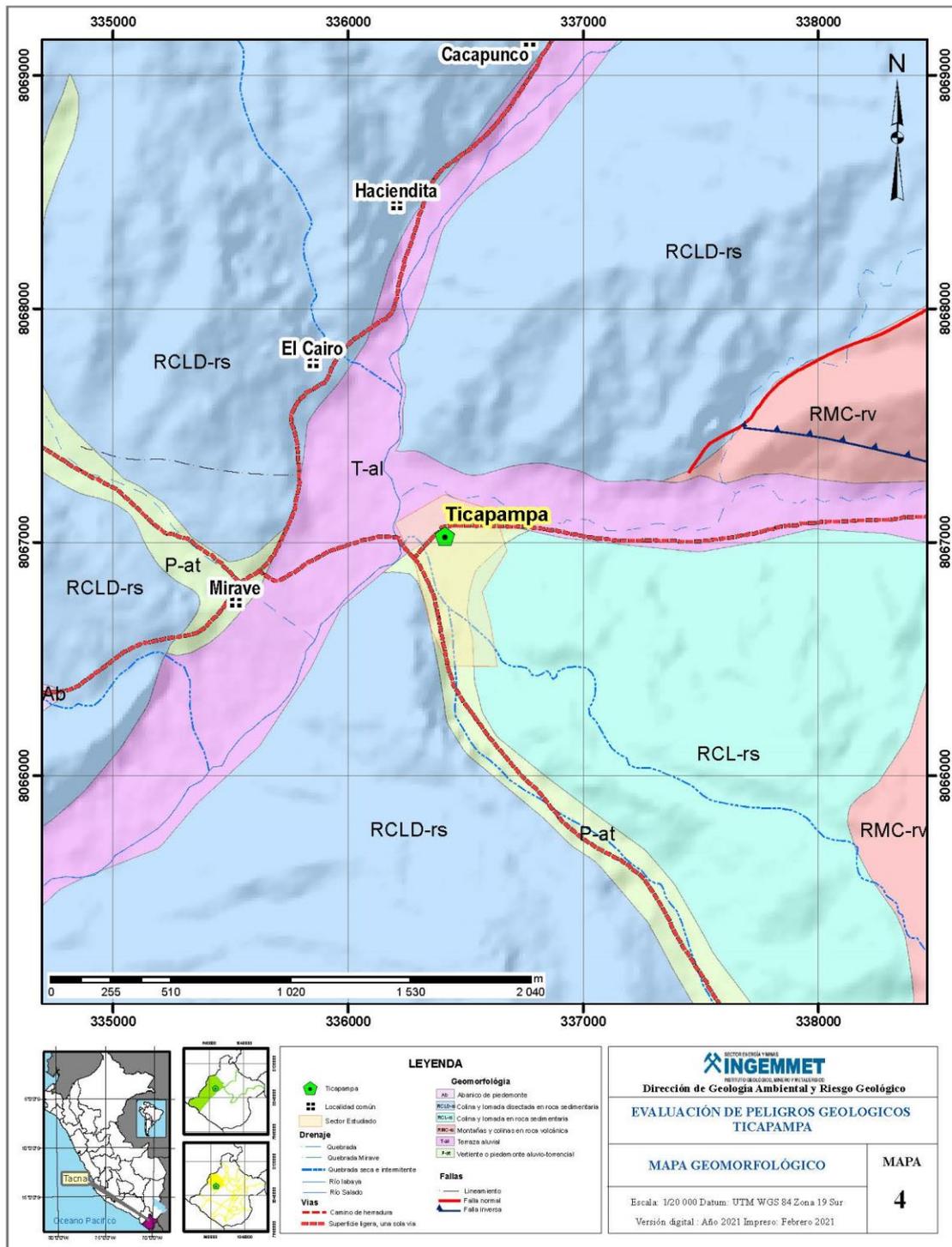


Figura 13. Mapa geomorfológico del sector de Ticapampa

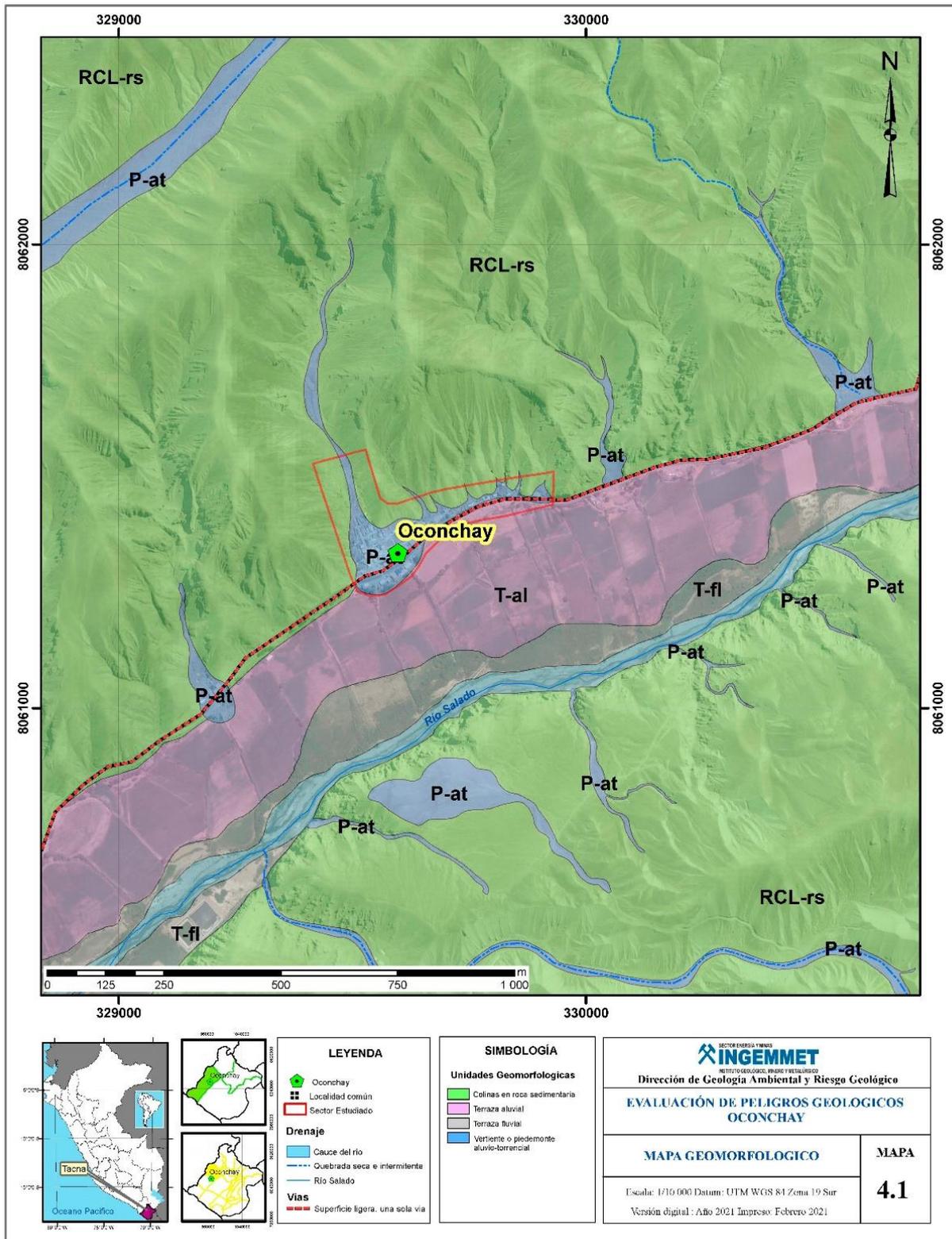


Figura 14. Mapa geomorfológico del sector de Oconchay

#### 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en los sectores evaluados corresponden a movimientos en masa, del tipo, flujos detríticos (huaicos), derrumbes, y procesos de erosión de ladera en cárcava (figuras 20 y 24).

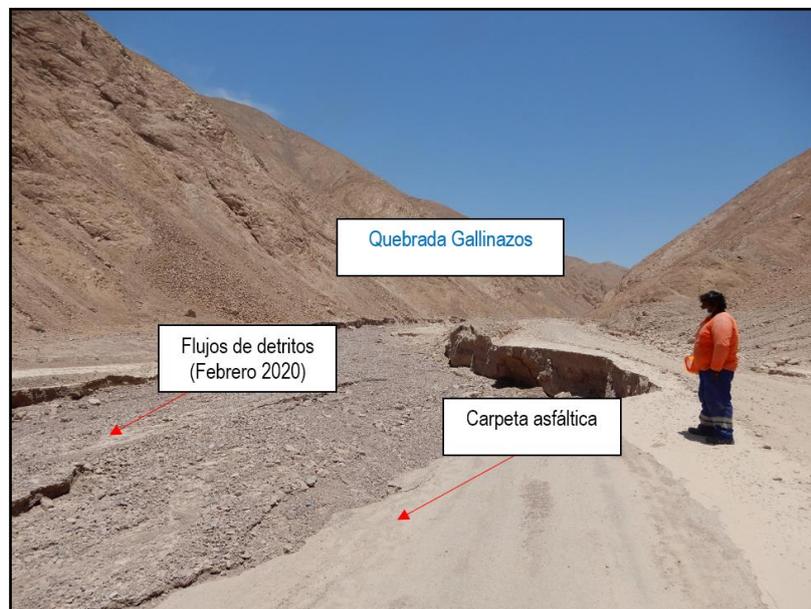
Estos peligros geológicos tienen como causas o condicionantes a factores intrínsecos, como son la geomorfología del terreno, la pendiente de los terrenos, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial y la cobertura vegetal. Mientras que los factores desencadenantes de estos eventos son lluvias intensas, periódicas y extraordinarias, así como también la actividad sísmica.

##### 4.1 Flujos de detritos, derrumbes y erosión de laderas en el anexo Ticapampa

En febrero del año 2020, después de lluvias intensa en las partes altas, descendió un flujo de detritos (huaico) por la quebrada Gallinazo, el cual esta ubicado en la margen izquierda del anexo Ticapampa, posee aproximada de 15 km de longitud desde su origen en el cerro Las Cuchillas ubicada sobre los 2772 m s.n.m. (figura 15 y 16).

El flujo de detritos (huaicos), afectó a la vía de comunicación TA 571 (Sistema Nacional de Carreteras SINAC), la cual conecta la carretera de orden nacional Emp. PE-1S (Panamericana Sur), con la vía TA 104, del inventario vial del clasificador de rutas (D.S. N.º 011-2016-MTC).

Durante los trabajos de campo se evidenció que la estructura de la carpeta asfáltica de la vía fue dañada, se observa socavamiento, desde su base hasta la carpeta asfáltica; reduciendo el ancho efectivo de la calzada asfáltica y dificultando el normal tránsito vehicular, (figura 15).



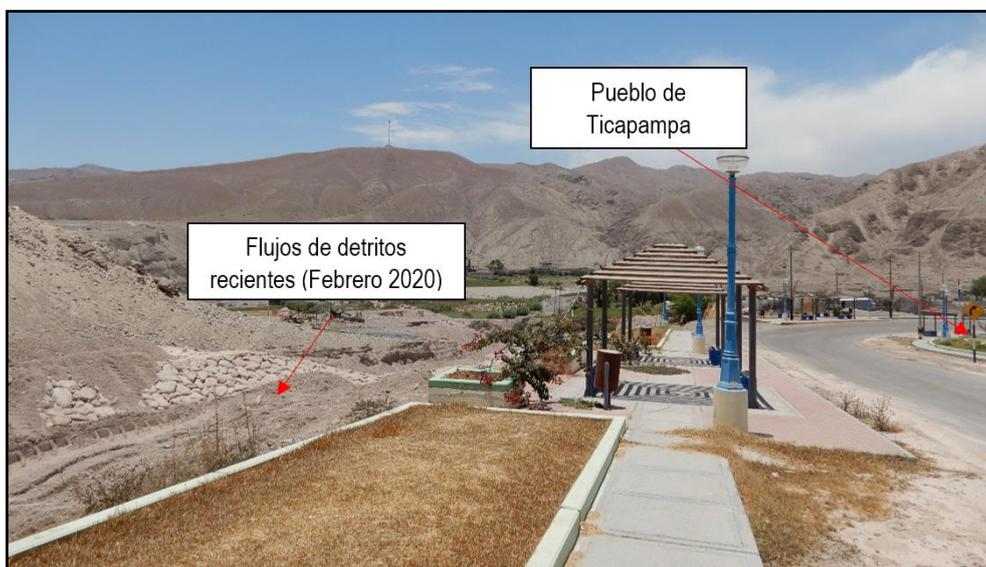
**Figura 15.** Vista donde se observan los depósitos del flujo de detritos (huaicos), el cual afecto la estructura de la carretera TA 571 (Sistema Nacional de Carreteras SINAC). (coordenadas UTM E: 336533, N: 8066190).

La zona urbana del anexo Ticapampa, se encuentra ubicada sobre un abanico de flujos de detritos (huaicos) antiguo, emplazados en la desembocadura de la quebrada Gallinazo, el cual tiene un ancho de 300 m en la parte alta - media y baja de esta cuenca, se evidencian flujos antiguos, además de recientes, ocurridos en los últimos años, (figura 16).



**Figura 16.** Muestra la quebrada Gallinazo y el anexo Ticapampa.

El cauce actual de la quebrada Gallinazo, pasa muy cerca de la zona urbana del anexo de Ticapampa, en este sector el cauce de la quebrada mide aproximadamente 10 metros. En el fondo del cauce aún se puede observar los depósitos del flujo de detritos (huaicos) ocurridos en el 2020, (figura 17).



**Figura 17.** Flujo de detritos (huaicos) del 2020, cerca de la zona urbana del anexo Ticapampa. (coordenadas UTM E: 336329, N: 8066976).

En los alrededores de la zona de estudio se observa procesos de erosión de laderas en (cárcavas), que aportan material al cauce de la quebrada Gallinazo, (figura 18). La roca donde ocurren estos procesos está conformada por conglomerados no consolidados, con matriz areno-limosa de la Formación Moquegua inferior, que, ante presencia de lluvia, el agua

erosiona la matriz lo cual acelera la formación de material suelto, esto contribuye a la carga de sedimentos para la quebrada. En las laderas se observa ausencia de vegetación, esto permite una rápida aceleración de la erosión de laderas.



**Figura 18.** Erosiones de laderas en ambas márgenes de la quebrada Gallinazos. (coordenadas UTM E: 336337, N: 8066712).

En las márgenes del río Salado se observan zonas con derrumbes donde aflora la Formación Moquegua. Conformado por conglomerados. Las pendientes de las laderas en esta zona tienen más de 20°, en la parte baja de la zona urbana de Ticapampa pasa el río Ilabaya que localmente es denominado río Salado (figura 19).



**Figura 19.** Río salado que pasa por la parte baja del anexo Ticapampa.

#### 4.1.1 Características visuales del evento

El movimiento de masa identificado en el anexo de Ticapampa, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, tienen las siguientes características:

- Abanico aluvial posee un ancho de hasta 300 m.
- Cauce actual de la quebrada Gallinazo en la parte baja llega a medir 10 m.
- Longitud de la cuenca es 15 km.
- Área que cubre el flujo en la zona de estudio es aproximadamente 3600 m<sup>2</sup>.

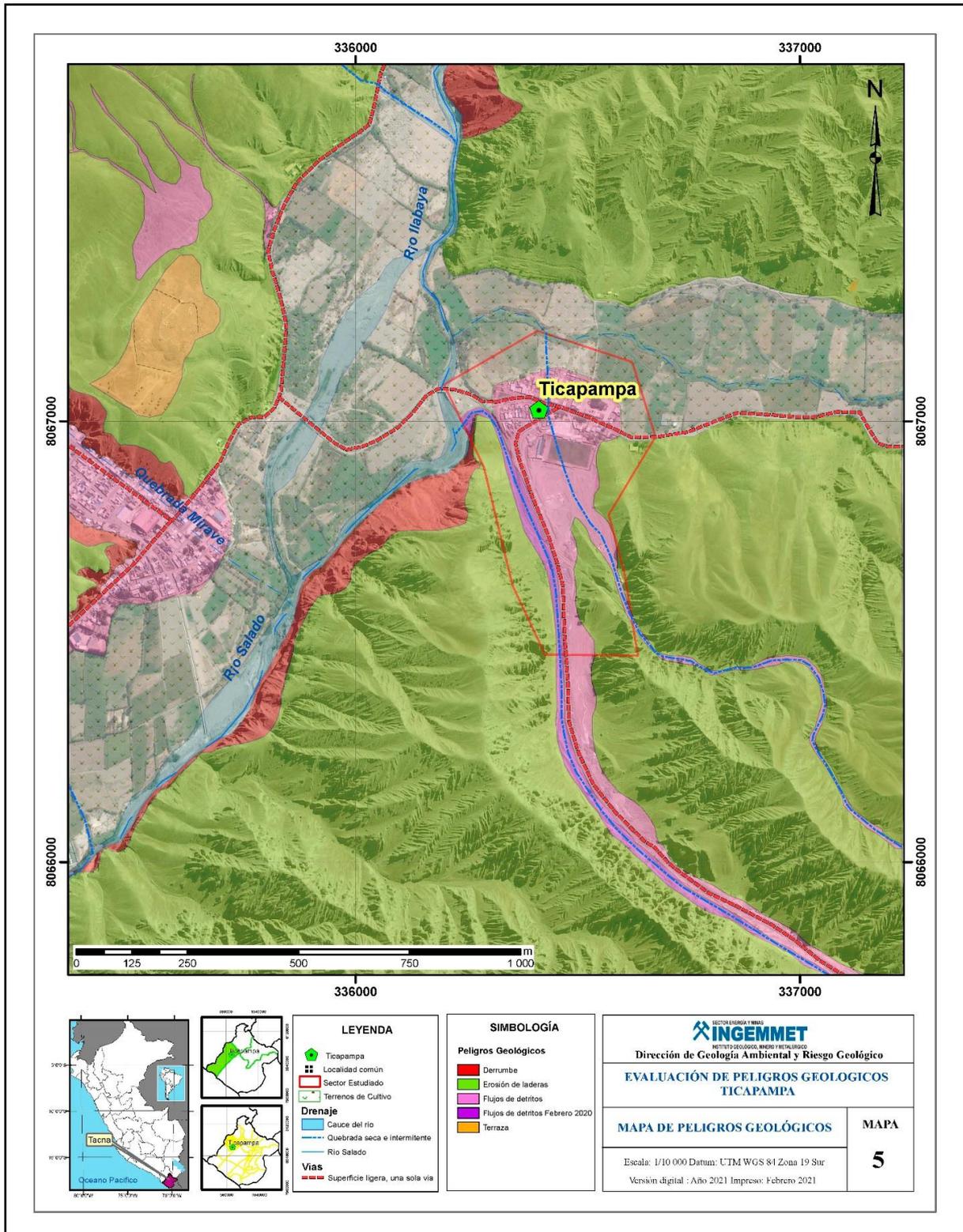


Figura 20. Cartografía de peligros geológicos en el sector de Ticapampa.

#### 4.1.2 Factores condicionantes

Las causas para la ocurrencia los movimientos en masa se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de agua en los materiales. Los factores condicionantes vienen dados por:

- Roca de mala calidad, pertenecientes a la Formación Moquegua, conformadas por conglomeradas poco consolidados con niveles de tobas meteorizadas, depósitos de mala calidad, conformadas principalmente por conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidadas, suelos residuales provenientes de la meteorización de tobas asoldadadas y alteradas. Materiales inestables si se saturan de agua.
- La pendiente de los terrenos que varían entre llanos a inclinados suavemente ( $1^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ), a pendiente muy fuerte ( $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ) con un cambio abrupto a terrenos escarpados ( $> 45^{\circ}$ ) en la base y zona media de los acantilados.

#### 4.1.3 Factores desencadenantes

Los factores desencadenantes son:

- Lluvias intensas prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el periodo de lluvia en el sur de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al desplazamiento.
- Presencias de sismos en la zona andina (según Tavera (2014), los sismos se presentan de gran magnitud en las zonas de Ayacucho, Cusco, Abancay, Arequipa y Tacna debido a la presencia de importantes sistemas de fallas), Los derrumbes y caída de rocas son efectos secundarios que se presentan en la ocurrencia de sismos de gran magnitud

#### 4.2 Flujo de detritos y erosión de laderas en el anexo Oconchay

En anexo Oconchay está ubicada en la desembocadura de la quebrada Oconchay, el cual tiene aproximadamente 1,000 m de longitud. La cuenca de esta quebrada es de forma alargada y en su desembocadura termina en forma de abanico con un ancho de 120 m.

A 50 metros al este y al oeste de la quebrada Oconchay se encuentran otras quebradas que tienen una longitud entre 500 y 600 m y en su desembocadura termina en forma de abanico con un ancho de 40 y 50 m respectivamente.

En estas quebradas se observan evidencias de flujos de detritos (huaicos) antiguos, que en tiempos de lluvias intensas, transportan sedimentos hasta los abanicos ubicados en la parte baja.



**Figura 21.** Muestra el anexo de Oconchay y la quebrada del mismo nombre.

La zona urbana del anexo Oconchay se encuentra asentado sobre flujo de detritos antiguos (figura 22). Según declaraciones de los pobladores, hace 40 años observaron un huaico de gran volumen, que descendió por la quebrada Oconchay. Además, en febrero de este año, descendió por esta quebrada un huaico de bajo volumen que afectó viviendas localizadas dentro del cauce de la quebrada.



**Figura 22.** Pueblo de Oconchay asentado sobre depósitos de flujos de detritos (huaicos) antiguos (coordenadas UTM E: 329500, N: 8061519).

En las laderas del anexo Oconchay, se observan procesos de erosiones de laderas (cárcavas), que aportan material al cauce de la quebrada, (figura 23). La roca donde ocurren estos procesos está conformada por conglomerados, no consolidados, con matriz arenolimsa de la Formación Moquegua Inferior; así como areniscas, limolitas y lodolitas intercaladas con lentes de yeso de la Formación Millo, que, ante la presencia de lluvias, el agua erosiona estos materiales lo cual acelera la formación de material suelto, esto contribuye a la carga de sedimentos para la quebrada. Las laderas de la quebrada Oconchay tienen pendientes que varían entre 30° a 50°.



**Figura 23.** Erosiones de laderas en la parte alta de la quebrada Oconchay. (coordenadas UTM E: 329472, N: 8061502).

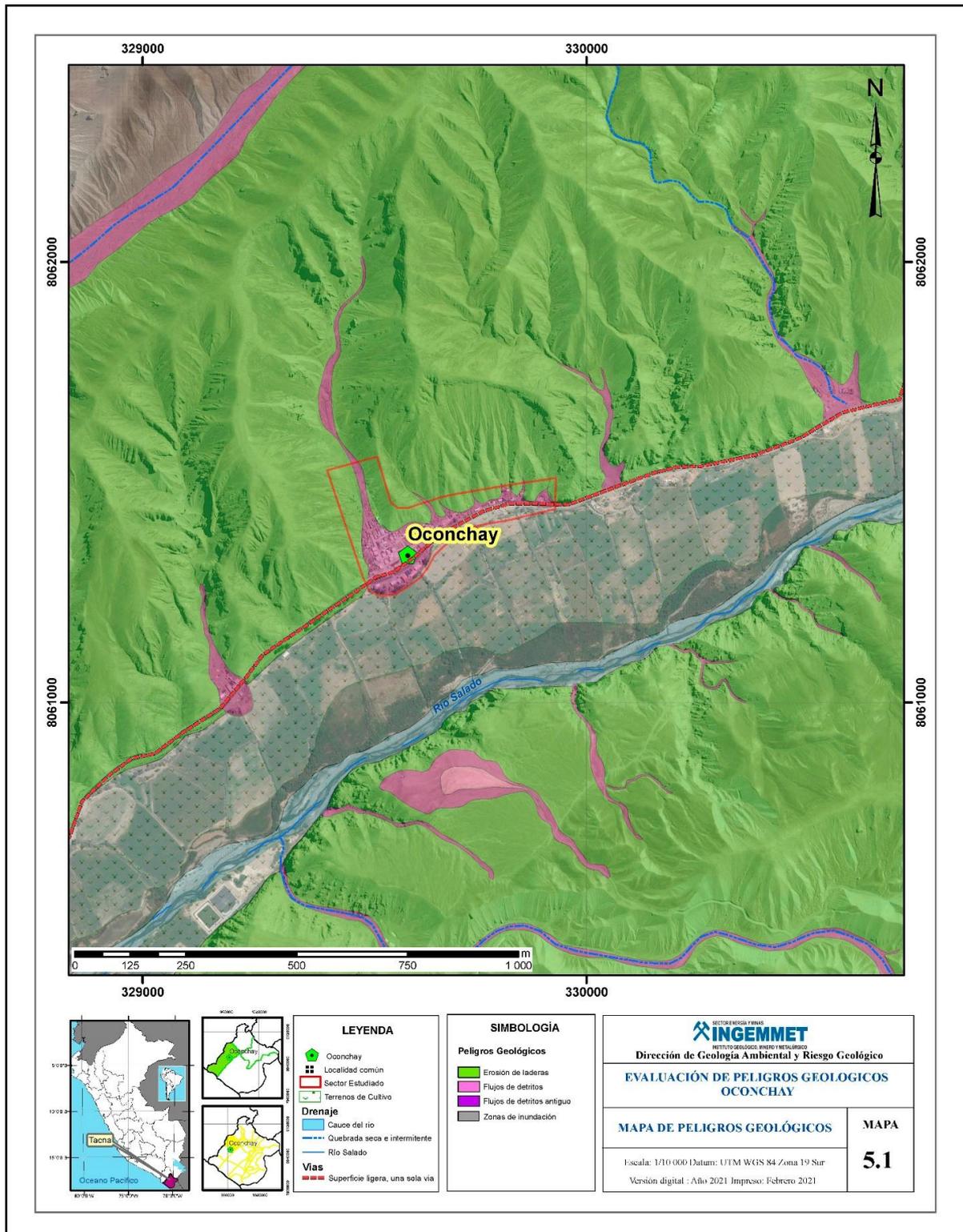


Figura 24. Cartografía de peligros geológicos en el sector de Oconchay.

#### 4.2.1 Características visuales del evento

El movimiento de masa identificado en el anexo de Oconchay, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, tienen las siguientes características:

- El abanico aluvial presenta un ancho de 120 m
- El cauce de la quebrada es de 1,000 m.
- Pendiente de las laderas varía entre 30° y 50°.
- Área que cubre el flujo de detritos en la zona de estudio es aproximadamente 3 000 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.2 Factores condicionantes

En Oconchay las causas para la ocurrencia los movimientos en masa se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno. Los factores condicionantes vienen dados por:

- Roca de mala calidad pertenecientes a la Formación Moquegua, conformadas por conglomeradas poco consolidados con niveles de tobas meteorizadas, depósitos de mala calidad, conformadas principalmente por conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas no consolidadas, suelos residuales provenientes de la meteorización de tobas asoldadadas y alteradas. Terrenos inestables si se saturan de agua.
- La pendiente de los terrenos que varían entre llanos a inclinados suavemente (1°-5°), a pendiente muy fuerte (25°-45°) con un cambio abrupto a terrenos escarpados (> 45°) en la base y zona media de los acantilados.

#### 4.2.3 Factores desencadenantes

Los factores desencadenantes son:

- Lluvias intensas prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el periodo de lluvia en el sur de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al desplazamiento.
- Presencias de sismos en la zona andina (según Tavera (2014), los sismos se presentan de gran magnitud en las zonas de Ayacucho, Cusco, Abancay, Arequipa y Tacna debido a la presencia de importantes sistemas de fallas), Los derrumbes y caída de rocas son efectos secundarios que se presentan en la ocurrencia de sismos de gran magnitud

## CONCLUSIONES

### Anexo Ticapampa

1. Las viviendas del anexo Ticapampa están ubicadas en la desembocadura de la quebrada Gallinazo, sobre abanicos conformados por depósitos de flujos de detritos antiguos.
2. La quebrada Gallinazo posee aproximadamente 15 km de longitud, desde su punto de origen en el cerro las Cuchillas sobre los 2772 m s.n.m. El cauce actual de la quebrada es de 10 m de ancho a la altura de la zona urbana.
3. La vía asfaltada que conecta el anexo de Ticapampa con la carretera Panamericana Sur, discurre por el cauce de quebrada Gallinazo, por el descenden huaicos en épocas de lluvias extraordinarias, estos eventos afectan tramos de la vía. En el cauce de la quebrada se han encontrado depósitos de flujos de detritos antiguos y recientes, el último evento ocurrió en febrero 2020.
4. En el anexo Ticapampa afloran la Formación Paralaque, conformada por secuencias de tobas que se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas; Formación Moquegua inferior con niveles de conglomerados con clastos polimícticos englobados dentro de una matriz de arena, se presenta poco consolidada. También se han identificado depósitos fluvio-aluvial con gravas y arenas no consolidados. Los depósitos mencionados son de fácil remoción.
5. Los peligros geológicos por movimientos en masa en el anexo Ticapampa, corresponde a flujos de detritos (huaicos), caída de rocas. También se han identificado procesos de erosión de laderas (cárcavas) con desarrollo de ensanchamiento y profundización.
6. Los factores condicionantes para la ocurrencia de los peligros mencionando son: Naturaleza litológica de la zona, la pendiente de las laderas, la configuración geomorfológica y presencia de materiales de remoción, de eventos antiguos. Estos sectores pueden presentar desprendimiento y caída de rocas, que pueden ser detonados por lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos; los huaicos pueden ocurrir en la temporada de lluvias intensas y excepcionales.
7. Se concluye que, el anexo Ticapampa es considerada de **peligro muy alto**; el anexo puede ser afectado por flujo de detritos (huaicos) que pueden ocurrir en la temporada de lluvias intensas y excepcionales.

### Anexo Oconchay

1. Las viviendas del anexo Oconchay están ubicados en la desembocadura de la quebrada Oconchay, sobre abanicos conformados por depósitos de flujos de detritos antiguos.
2. La quebrada Oconchay posee aproximadamente 1 km de longitud. La cuenca de esta quebrada es de forma alargada y en su desembocadura se forma un abanico, con ancho de 120 m.
3. Los anexos Oconchay y Ticapampa se encuentran sobre secuencias de Formación Paralaque, que están conformadas por tobas altamente meteorizadas y muy

fracturadas. Además, se tiene la Formación Moquegua inferior, que está compuesta por niveles de conglomerados con clastos polimícticos englobados en matriz arenosa. También se identificó depósitos fluvio-aluvial compuesto por gravas y arenas no consolidados, estos son de fácil remoción.

4. Los peligros geológicos en el anexo Oconchay, son: flujos de detritos (huaicos), caída de rocas y procesos de erosión de ladera en cárcavas.
5. Los factores condicionantes en Oconchay al igual que en Ticapampa son: naturaleza litológica de la zona, pendiente de las laderas, configuración geomorfológica y presencia de materiales de remoción, de eventos antiguos. Estos sectores pueden presentar desprendimiento y caída de rocas, que pueden ser detonados por lluvias (octubre a marzo) y por movimientos sísmicos; los huaicos pueden ocurrir en la temporada de lluvia
6. Se concluye que, el anexo Oconchay, es considerado de **peligro muy alto**, que puede ser afectado por flujo de detritos (huaicos) que pueden ocurrir en la temporada de lluvias intensas y excepcionales.

## RECOMENDACIONES

### Anexo Ticapampa y Oconchay

1. Canalizar el cauce de las quebradas Gallinazo y Oconchay, para que los flujos de detritos (huaicos) provenientes desde las partes altas fluyan libremente y no causen daños. La cual se debe realizar en base a volúmenes de flujos extremos que podrían generarse en lluvias intensas y excepcionales.
2. Las autoridades locales pertinentes deben emitir ordenanzas para prohibir la construcción de viviendas en los cauces de las quebradas Oconchay y Gallinazo, por ningún motivo se debe permitir la expansión urbana en esta zona.
3. Reubicar las infraestructuras urbanas ubicadas en la parte baja del cauce actual de las quebradas Oconchay y Gallinazo, por ser una zona de susceptibilidad alta a movimientos en masa, como flujos de detritos (huaicos).
4. Colocar disipadores de energía en el cauce de la quebrada, empleando diques transversales (enrocado) y canalización del cauce con muros escalonados, estos trabajos tienen que ser realizados con estudios y profesionales especializados en el tema.
5. Es necesario mantener limpio el cauce de las quebradas Gallinazo y Oconchay, se debe realizar una forestación en las laderas de la quebrada, para evitar la erosión en cárcavas.

## BIBLIOGRAFÍA

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Informe Técnico “Evaluaci3n de Peligros Geol3gicos de los sectores propuestos para la reubicaci3n del Centro Poblado de Mirave”

Informe Técnico “Zonas cr3ticas por peligros geol3gicos en la regi3n Tacna”, Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico, Griselda Luque Poma, febrero 2016.

Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico. Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico. “Evaluaci3n de peligros geol3gicos de los sectores propuestos para la reubicaci3n (Alto El Cairo; Nueva Borogueña y Pampa Cuchillas) del Centro Poblado Mirave. Regi3n Tacna, Provincia Jorge Basadre, Distrito Ilabaya”. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A6896. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2211>

Informe Técnico “Zonas cr3ticas por peligros geol3gicos en la regi3n Tacna”, Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico, Griselda Luque Poma, febrero 2016. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2028>

Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico. Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico (2019). “Evaluaci3n de Peligros Geol3gicos de los sectores propuestos para la reubicaci3n del Centro Poblado de Mirave”, Regi3n Tacna, Provincia Jorge Basadre, Distrito Ilabaya, Paraje Mirave. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A6884. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2063>

Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico. Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico (2020). “Alto Mirave”, Provincia Jorge Basadre, regi3n Tacna. Lima: Ingemmet, Opini3n T3cnica N° 007-2020. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2998>

Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico. Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico (2020). Evaluaci3n de peligros geol3gicos por movimiento en masa en los sectores en Alto Ilabaya e Ilabaya Capital. Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Regi3n Tacna. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7124. 27 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3079>

Opini3n T3cnica “Alto Mirave”, Provincia Jorge Basadre, regi3n Tacna. Jessica Vela, noviembre 2020

MARTÍNEZ, W. & ZULOAGA, A. (2000) - Mapa Geol3gico del Cuadr3ngulo de Moquegua, Hoja 35-u, Cuadrante II, escala 1:50 000. INGEMMET. Carta Geol3gica Nacional

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Regi3n Andina: Una gui3a para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, Publicaci3n Geol3gica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Regi3n Andina: Una gui3a para la evaluaci3n de amenazas.

Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 176, p. 9-33

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

Zavala B.; Churata D. & Varela F. (2019). Geodiversidad y Patrimonio Geológico en el Valle del Colca. Ingemmet, Boletín Serie I: Patrimonio y Geoturismo.

Martínez, W. & Zuloaga, A. (2000) - Mapa Geológico del Cuadrángulo de Moquegua, Hoja 35-u, Cuadrante II, escala 1:50 000. INGEMMET. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2044>

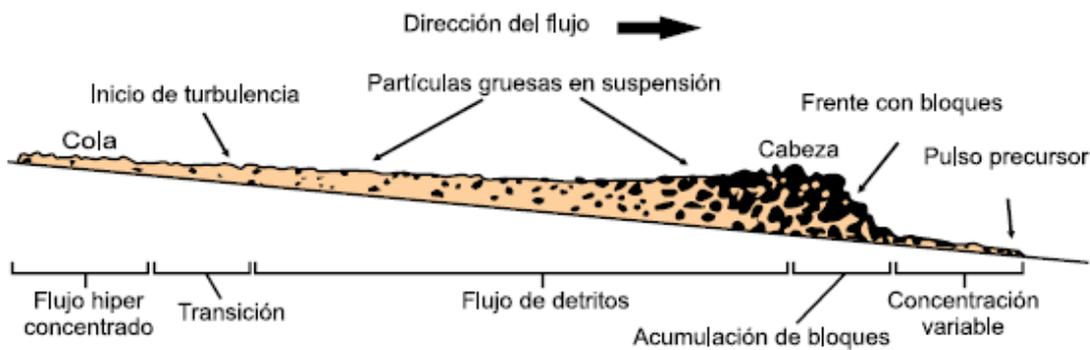
Narvaez, S. (1964) - Geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba (Hojas 36-t y 36-u). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, 7, 75 p., 2 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/147>

## ANEXO 1: GLOSARÍO

### Flujo de detritos (debris flows)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos

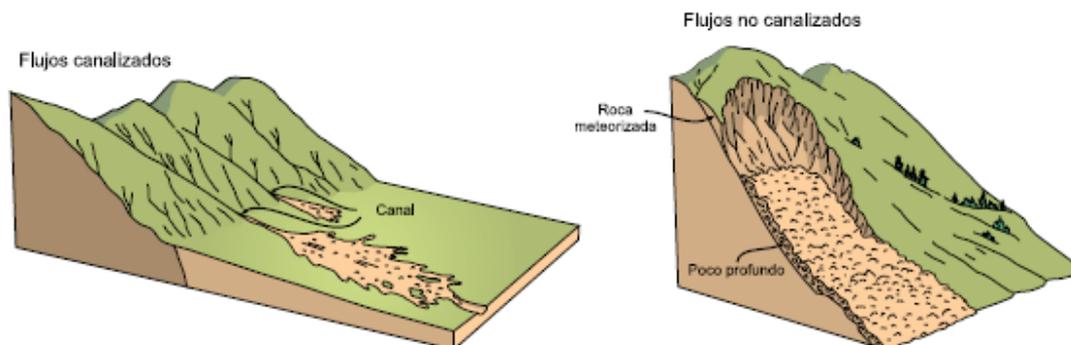
Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda (figura 25). Como resultado del desarrollo de pulsos del flujo.



**Figura 25.** Pulsos de acumulación de los flujos de detritos

### Flujos canalizados y no canalizados (channeled and unchanneled flows)

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral canalizado o no canalizado, (figura 26) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo, se tienen flujos de detritos (huaicos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.



**Figura 26.** Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

## ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

### Banquetas

En la parte inferior de un talud, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones (figura 27).

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 m de ancho cada 5 a 10 m de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud.

Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

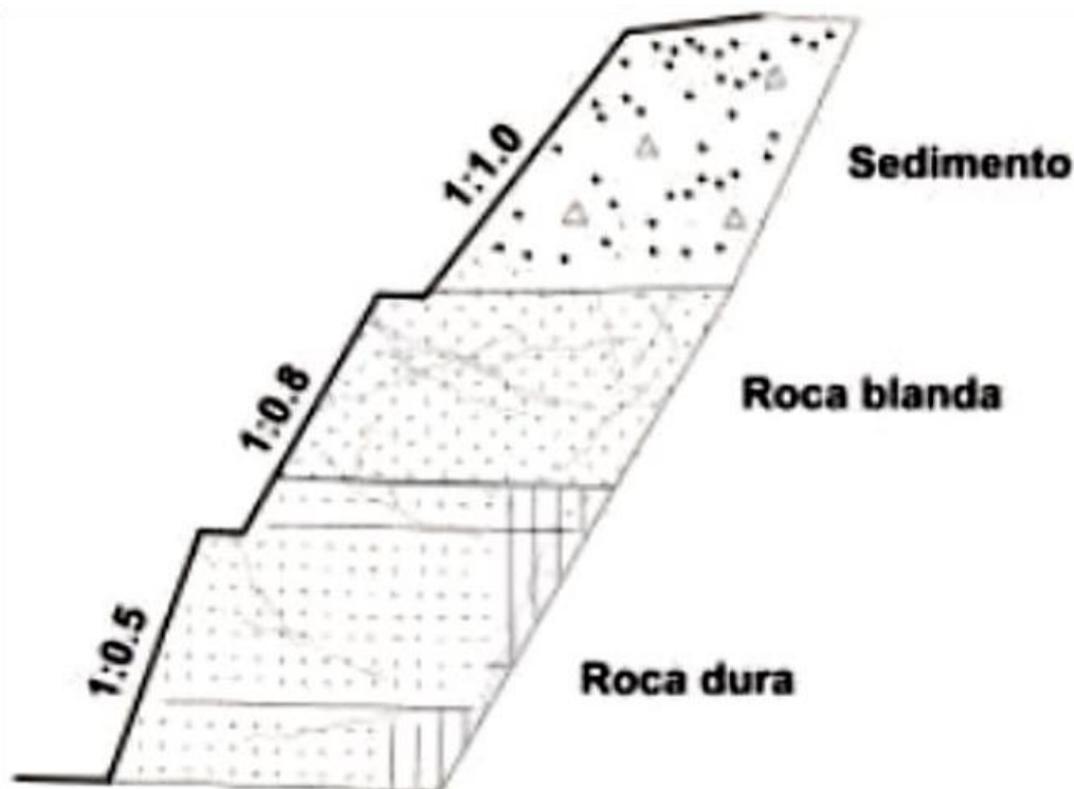


Figura 277. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004).

### Medidas estructurales para control de cárcavas

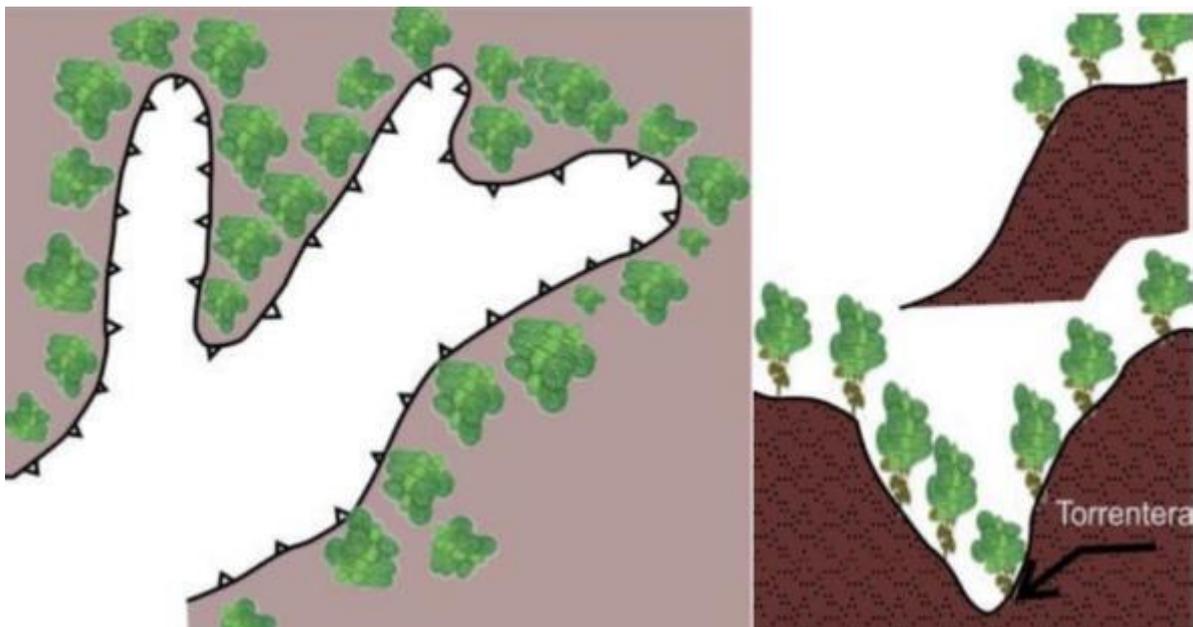
Las cárcavas son el resultado de la erosión superficial, precedida por la erosión en forma de salpicadura, laminar y en surcos; al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad. En muchos casos estas formas de erosión alcanzan estados de gran avance y desarrollo, de difícil control posterior.

Considerando las condiciones geomorfológicas-geológicas y los peligros geológicos evaluados se debe llevar un manejo adecuado de conservación de suelos cuyos 3 principios fundamentales son:

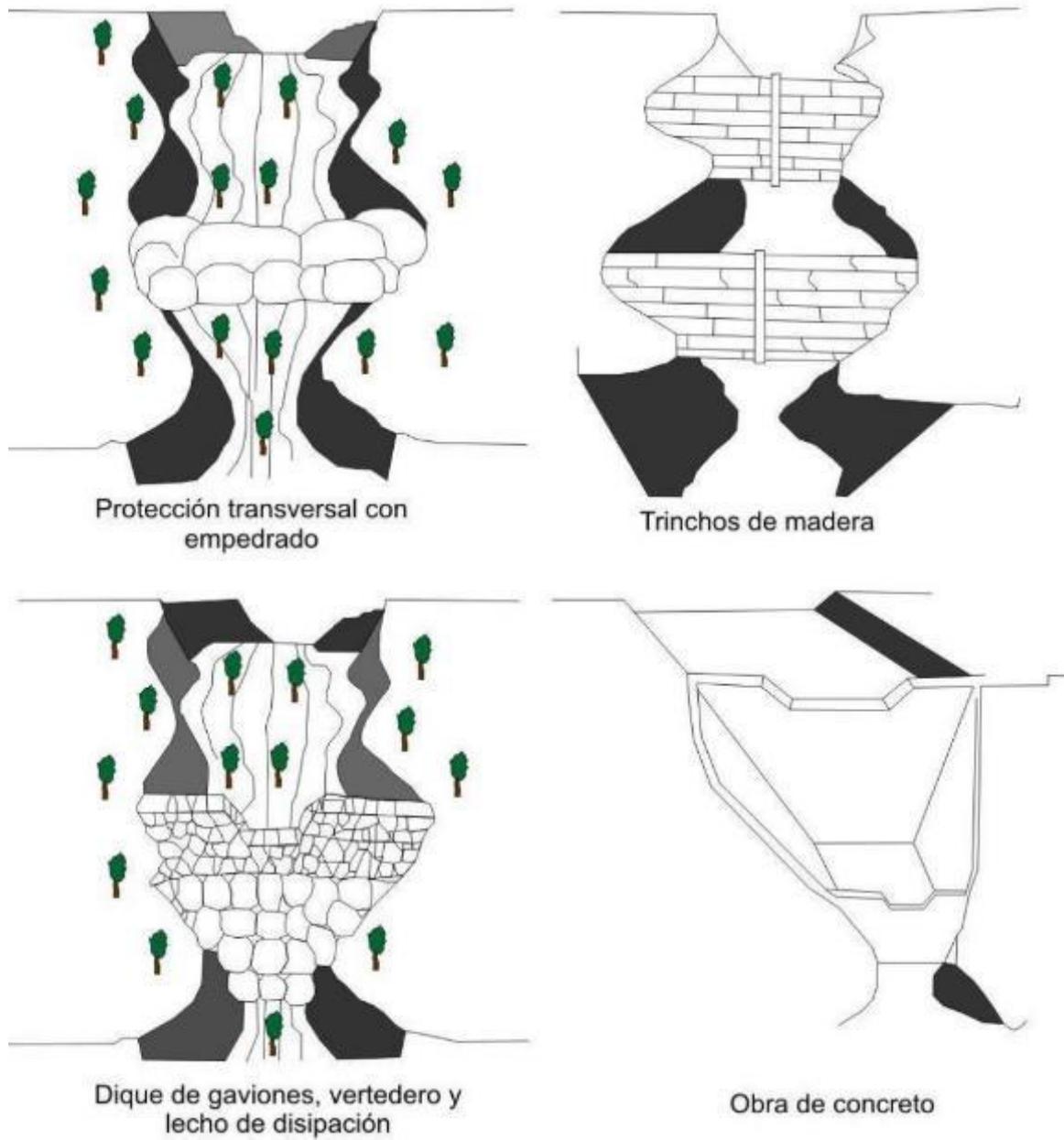
1. Reducir la velocidad de la escorrentía que define la energía con la cual se transportan y emplazan los materiales.
2. Favorecer la infiltración del agua.
3. Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación son las siguientes:

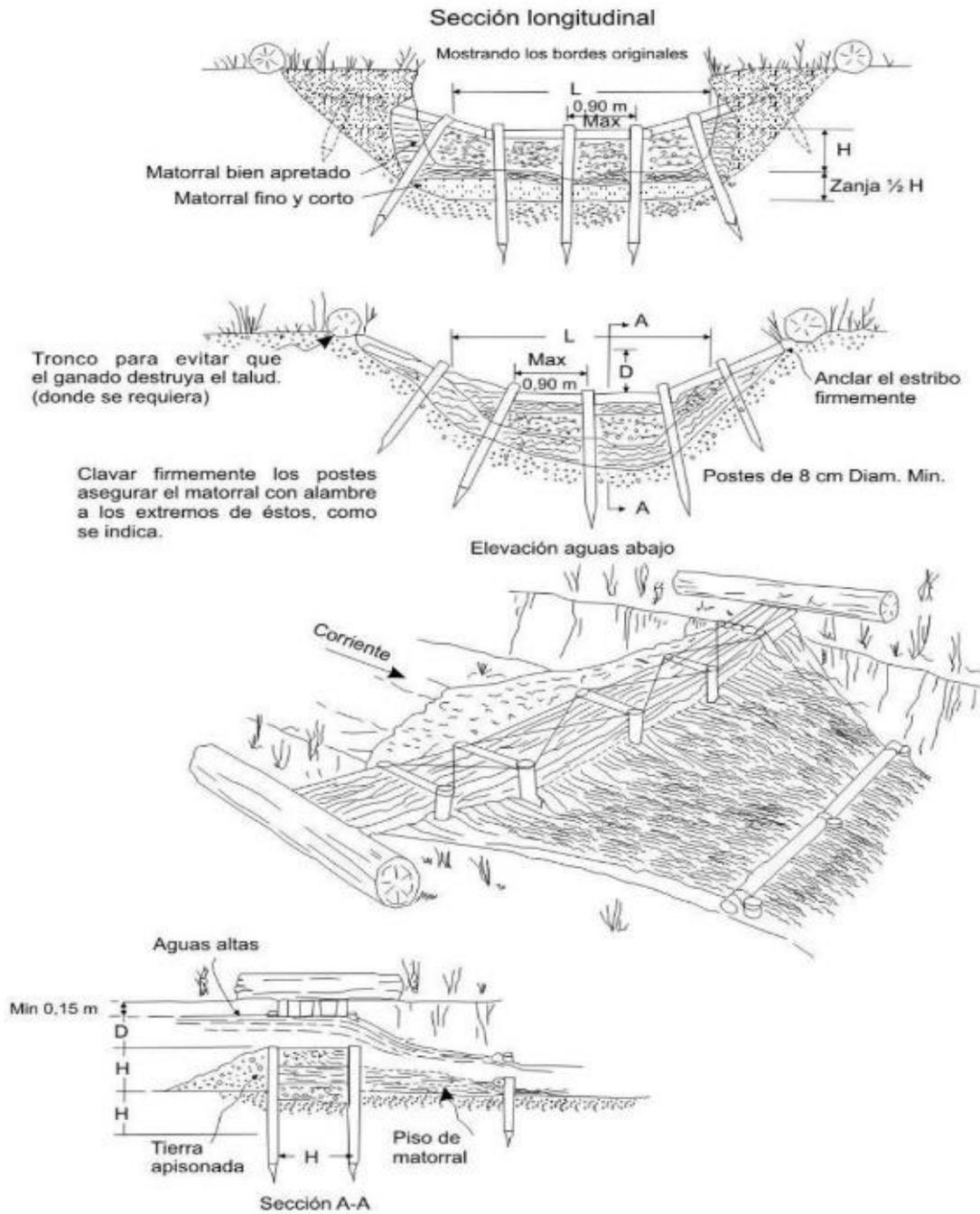
- a) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la zona urbana de La Florida, evacuando sus aguas hacia otras quebradas.
- b) Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 28), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- c) Promover el desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 29, 30 y 31).
- d) Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- e) En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- f) El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- g) Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos y ocurrencia de derrumbes, con el fin de estar prevenidos.



**Figura 28.** Vista en planta y perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.



**Figura 29.** Obras hidráulicas transversales para el control de erosión en cárcavas.



**Figura 30.** Presa de matorral tipo doble hilera de postes.

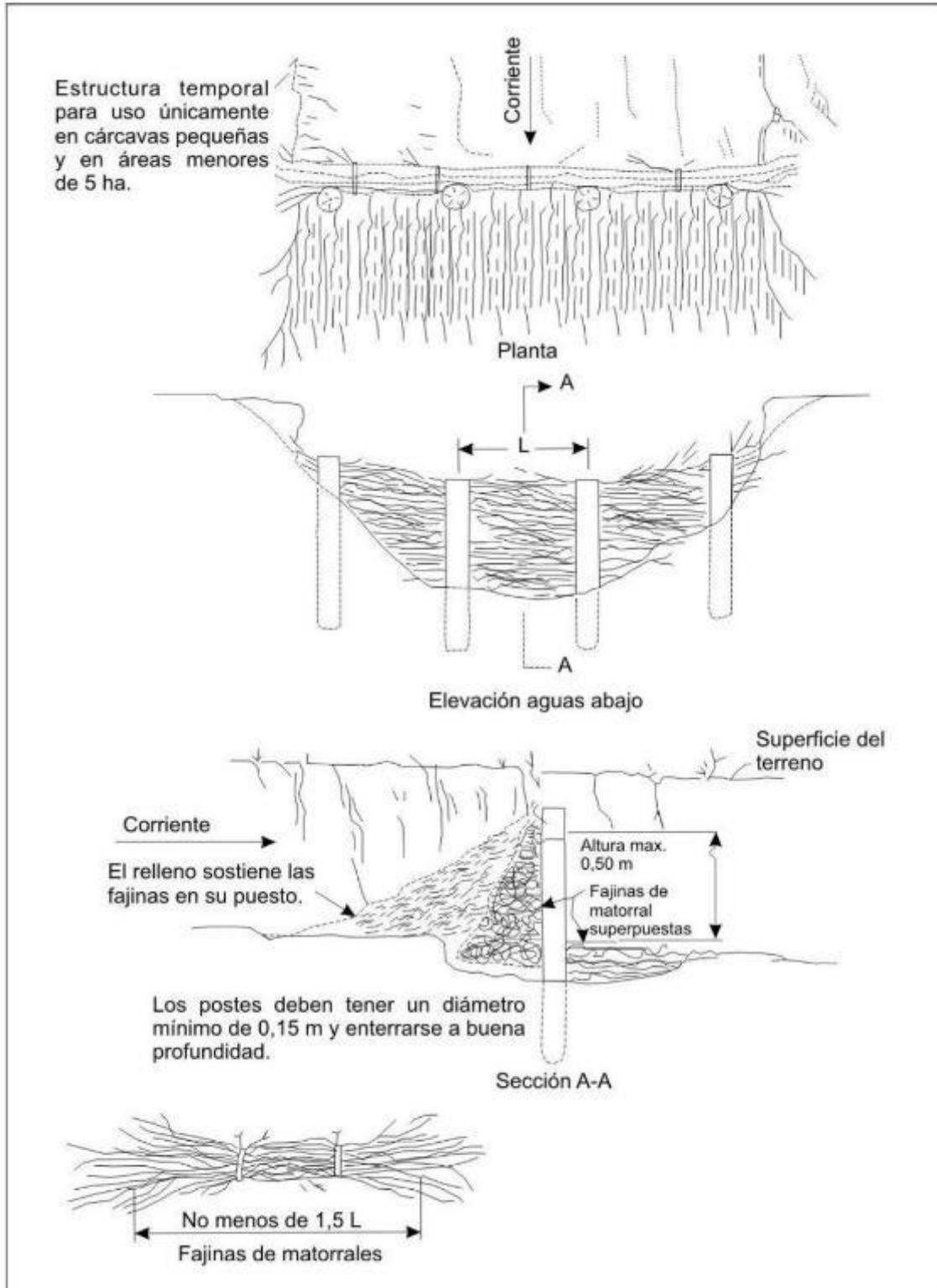


Figura 31. Presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).