

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6884

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LOS SECTORES PROPUESTOS PARA LA REUBICACION DEL CENTRO POBLADO DE MIRAVE

Región Tacna
Provincia Jorge Basadre
Distrito Ilabaya
Paraje Mirave



ABRIL
2019

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	GENERALIDADES.....	3
2.1	UBICACIÓN.....	3
3.	ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS.....	4
3.2	ESTRATIGRAFÍA.....	4
3.1	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	6
3.1.1	GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	6
3.1.2	GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL.....	7
4.	PELIGROS GEOLÓGICOS.....	9
4.1	SECTOR DE MIRAVE.....	10
4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS HUAICOS (FLUJO DE DETRITOS) DEL 08 FEBRERO DEL 2019.....	11
5.	ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN.....	14
5.1	QUEBRADA AHORCADO.....	14
5.2	PAMPA CHAPOYAS.....	17
5.3	SECTORES ANCOCOLLO Y OCONCHAY.....	18
5.3.1	CONDICIONES GEOLÓGICAS DEL SECTOR.....	19
5.3.2	PELIGROS GEOLÓGICOS.....	20
5.4	SECTOR ALBERGUE TEMPORAL.....	26
5.4.1	PELIGROS GEOLÓGICOS.....	29
6.	MEDIDAS CORRECTIVAS PARA LAS ÁREAS DE REUBICACIÓN DE VIVIENDAS.....	29
6.1	MEDIDAS CORRECTIVAS ESTRUCTURALES PARA LAS QUEBRADAS.....	30
6.2	MEDIDAS CORRECTIVAS NO ESTRUCTURALES.....	30
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
	REFERENCIAS.....	33

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LOS SECTORES PROPUESTOS PARA LA REUBICACION DEL CENTRO POBLADO DE MIRAVE

(Departamento Tacna, Provincia Jorge Basadre, Distrito Ilabaya)

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología; que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

El Centro Nacional de Prevención de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres-CENEPRED, mediante Oficio N°154-2019/CENEPRED/DIFAT-1.0 de fecha 07 de marzo, solicitó al INGEMMET un informe técnico del nivel de peligrosidad de la zona de acogida del reasentamiento poblacional del centro Poblado de Mirave.

El alcalde de la Municipalidad Distrital de Ilabaya, mediante Oficio N° 041-2019-MDI/A de fecha 06 de marzo, solicitó al INGEMMET un informe técnico sobre determinación del Nivel de Peligrosidad de la nueva propuesta de reasentamiento en el sector de Alto Mirave.

El alcalde la Municipalidad Provincial de Jorge Basadre, mediante Oficio N° 119-2019-A/MPJB, de fecha 04 de marzo 2019, solicito un asesoramiento técnico sobre el reasentamiento de centro poblado de Mirave en el sector de Pampa Chapoyas.

Para la evaluación de peligros geológicos en los sectores mencionados, el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada en peligros geológicos para que evalué la zona afectada. La brigada estuvo conformada por los ingenieros Segundo Núñez, Jessica Vela y Edu Taype. La inspección técnica se realizó los días 23, 24 y 25 de marzo del 2019, donde identificaron las condiciones geológicas de los sectores alto Pampa Chapoyas, Quebrada Ahorcado, Oconchay y Ancocollo. Se realizaron adicionalmente sobrevuelos en drone obteniendo imágenes de la zona afectada, así como información para desarrollar un Modelo de Elevación Digital (DEM) de información con alta resolución, con la cual se desarrollaron simulaciones o escenarios de huacos para las zonas evaluadas.

Este documento presenta las observaciones geomorfológicas, geológicas y de peligros geológicos, de los sectores Quebrada Ahorcado, Pampa Chapoyas, Oconchay y Ancocollo, provincia de Jorge Basadre, ubicada en el departamento de Tacna.

La quebrada donde está asentado el poblado de Mirave, se reactivó el viernes 8 de febrero, por una precipitación pluvial extraordinaria, que generó un huaico (flujo de detritos) y afectó al poblado de Mirave en su totalidad.

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo principal del presente estudio es determinar las condiciones geológicas, geodinámicas y del entorno geográfico, de las zonas propuestas para la reubicación del poblado de Mirave.

Otro de los objetivos es, determinar las causas que originaron el huaico que afectó severamente al sector de Mirave.

1.2 ESTUDIOS ANTERIORES

Desde el punto de vista geológico tenemos los siguientes estudios:

- a) Martínez y Zuluaga (2000), en el mapa Geológico del Cuadrángulo de Moquegua (Hoja 35-u), escala 1:50 000. Mencionan que el sector se encuentra asentado sobre la Formación Moquegua.
- b) Luque (2016), en el informe de zonas críticas por peligro geológico en la región Tacna, mencionan a este sector evaluado, como una zona crítica, que puede ser afectada por flujos de detritos, se dan medidas correctivas.
- c) Medina y Luque (2016), en el Informe Técnico N° A6705 “Evaluación de peligros geológicos en el Centro Poblado de Mirave y Sector Alto Mirave, dentro de las principales recomendaciones mencionan que se debe reubicar el sector denominado como Alto Mirave.
- d) Nuñez y Luque (2019), en la Opinión Técnica: Propuesta de zona de reasentamiento del sector de Mirave (Informe Preliminar), determinan que el sector de la quebrada Ahorcado no es apta para la reubicación para el poblado de Mirave, por encontrarse en la desembocadura de la quebrada, de producirse lluvias excepcionales que se concentren en la parte alta de la quebrada, se generarían flujos de lodo (huaicos), que afectar a la futura zona de reasentamiento.

2. GENERALIDADES

2.1 UBICACIÓN

La localidad de Mirave se ubica en jurisdicción del distrito Ilabaya, capital de la provincia Jorge Basadre, región Tacna (figura 1).

El acceso desde Lima, se realiza por vía aérea o terrestre hasta la ciudad de Tacna, luego se continúa por vía terrestre por la Panamericana Sur hasta el desvío Locumba, desde ahí continúa por la ruta a Ilabaya hasta llegar al Centro Poblado Mirave. (figura 1).

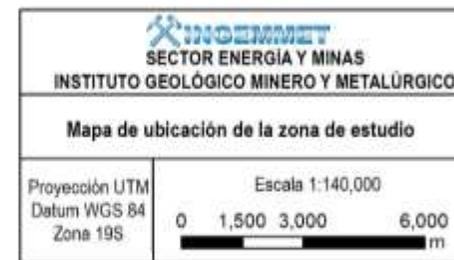
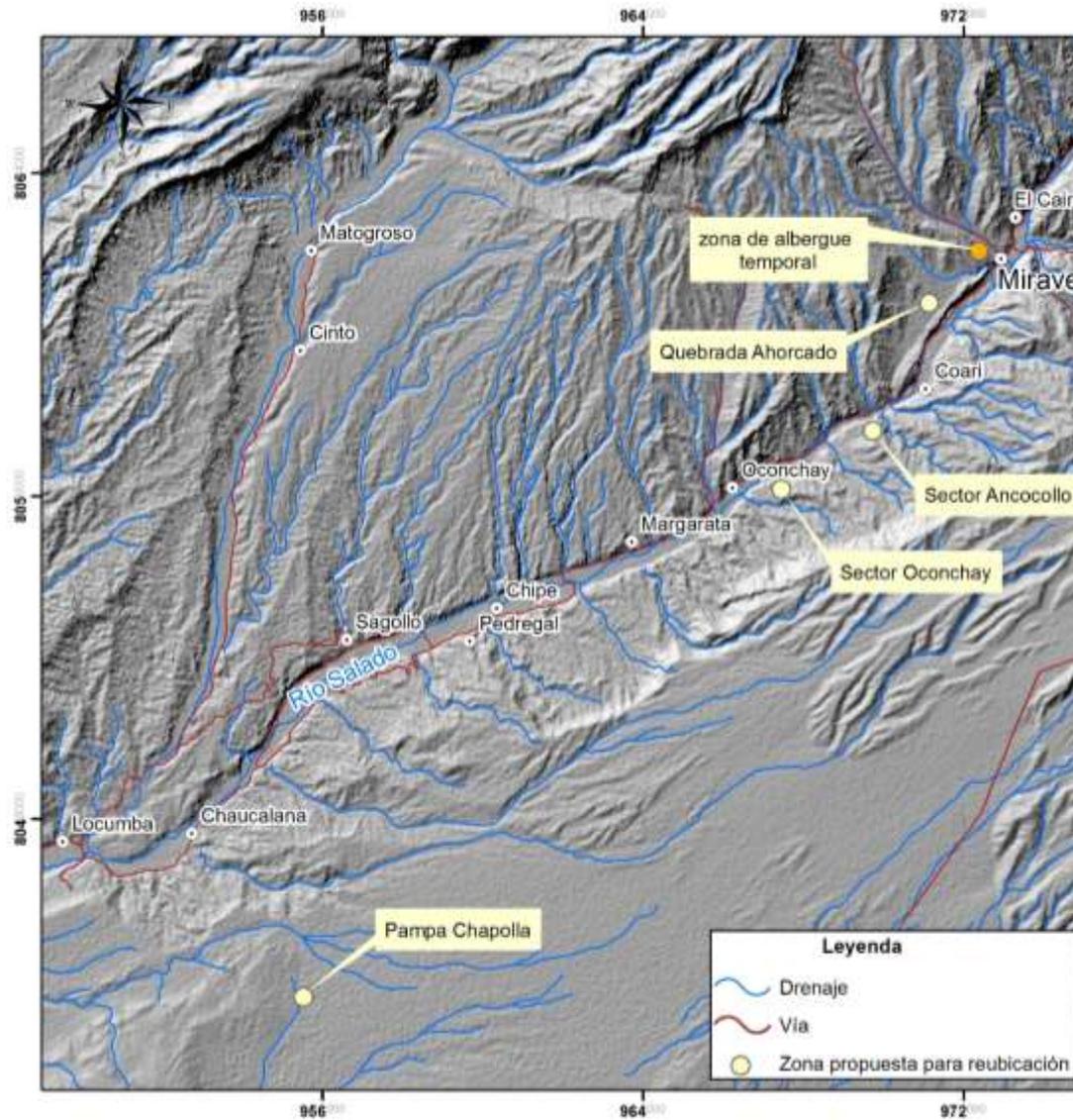


Figura 1: Ubicación de sector Mirave

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base la Cartas Geológicas del Perú: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Moquegua, Hoja 35-u, Cuadrante II, escala 1:50 000 (Martínez & Zuloaga, 2000). Mapa publicado por Ingemmet. También se trabajó en base a la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite (disponibles en ArcGIS Online) y observaciones de campo.

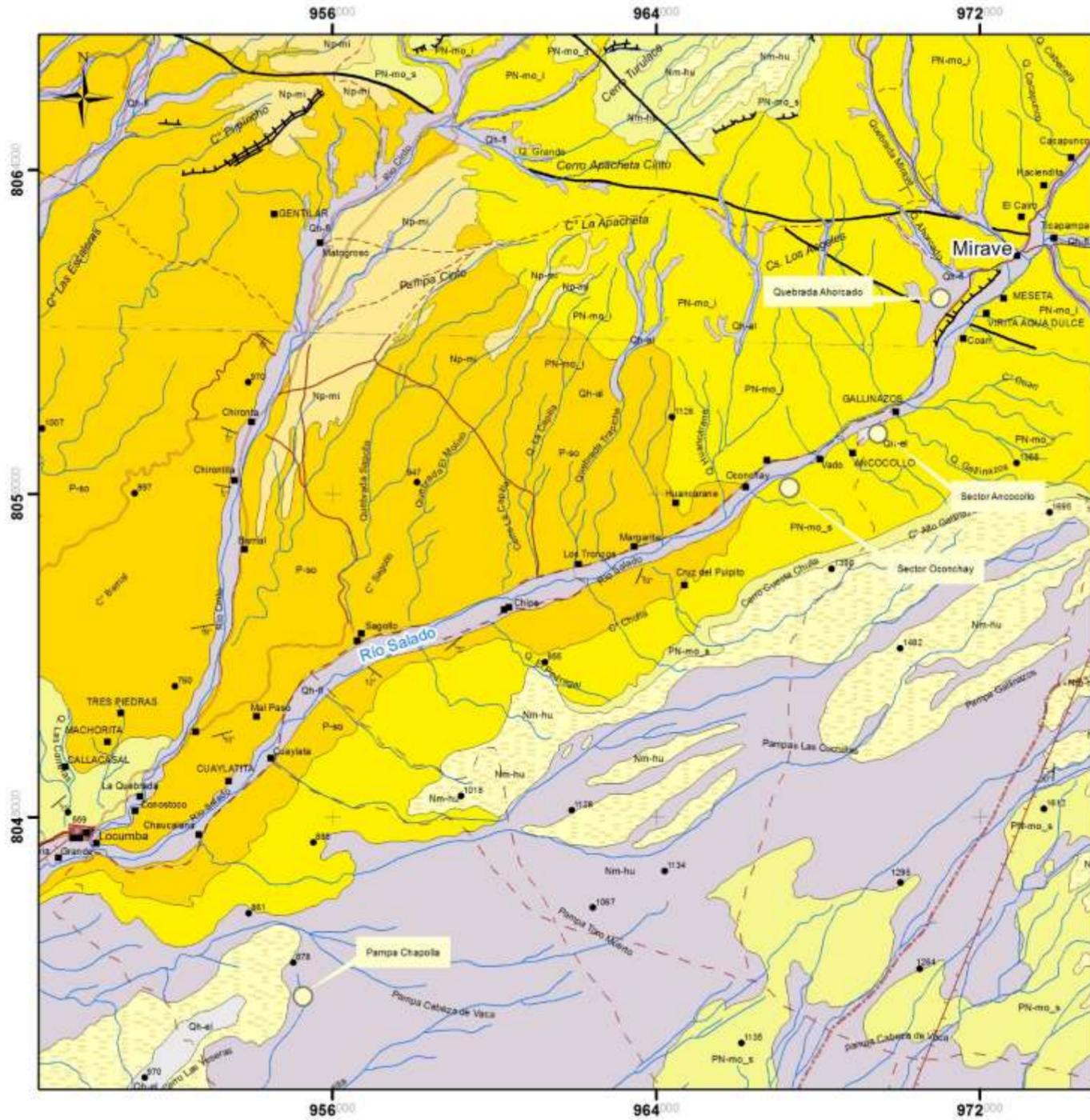
3.2 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias del Paleógeno-Neógeno y depósitos cuaternarios (Figura 2), diferenciándose las siguientes formaciones:

Formación Moquegua Inferior (PN-mo_i)

La Formación Moquegua fue descrita por Adams (1908) como serie de capas continentales, compuestas por arcillas, areniscas, conglomerados, areniscas tufáceas y tufos de color rojizo a blanco amarillento, que afloran típicamente en el valle de Moquegua y se extiende por centenares de kilómetros, tanto al norte como al sur de dicho valle, entre la Faja Costanera y el pie de la Cordillera occidental.

Según Martínez & Zuluaga (2000), en la zona de la localidad de Mirave - Ilabaya, la Formación Moquegua Inferior está compuesta por conglomerados redondeados y subredondeados con clastos polimícticos (Fotos 2 y 3), que presentan imbricación al suroeste, incrementándose la matriz arenosa con reducción de los materiales gruesos en dirección suroeste (Foto 4), originando un cambio de facies laterales que gradan a las secuencias de arenas medias y lodolitas de la Formación Sotillo.



LEYENDA			
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
K	CUATERNARIO	Holocena	Depósitos aluviales y fluviales Qh-1 Arenas, gravas y arenas silíceas
		Platocena	Depósitos aluviales y coluviales Qh-2 Gravas y conglomerados con basos de arcillas
U O N	NEOGENO	Pliocena	Fm. de las Milas Nm-m Conglomerados con basos retabulados
		Miocena	Fm. de las Milas Nm-hu Tufos cristalinos de plagioclasa, feldita, cuarzo y fragmentos de pólvora; Dicotiledos
		Oligocena	Fm. de las Milas Nm-mo Conglomerados polimíticos
M C	PALEOGENO	Eocena	Fm. de las Milas P-ao Areniscas, arenitas y mállas negras

INGEMMET
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

Mapa geológico de la zona de estudio

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:140,000

Figura 2. Mapa Geológico

3.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio, se consideran criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) montañas, 2) piedemontes y 3) planicies. Ver cuadro 2.

Se tomó en cuenta para la clasificación de las unidades geomorfológicas, la publicación de Villota (2005).

Cuadro 2.

Unidades geomorfológicas identificadas.

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional		
Unidad	Sub unidad	
Colinas	Colinas en roca sedimentaria	RCL-rs
Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional		
Unidad	Sub unidad	
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	V-cd
	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	P-at
Planicie	Terraza aluvial	T-al
	Terraza fluvial	T-fl

3.1.1 GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

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

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de colinas y lomadas

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968), conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo. Esta unidad se ubica próxima a la unidad de montañas y formar parte de las estribaciones andinas.

Relieve de colinas y lomadas en rocas sedimentarias (RCL-rs)

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria (figura 3), reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente moderada a baja.

Se presentan hacia ambas márgenes de las quebradas Mirave, Quebrada Ahorcado y Pampa Chapoyas.



Figura 3. Laderas de las colinas sedimentarias, afectadas por procesos de erosiones de ladera. Ubicadas en la margen derecha de la quebrada Mirave.

3.1.2 GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar 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.

Vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd)

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Esta unidad se encuentra asociada a los depósitos dejados por los flujos de detritos y de lodo de tipo excepcional. Tiene pendiente suave, menor a 5°.

Compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolos y detritos) en matriz limo-areno-arcilloso, depositado en forma de cono en la confluencia entre la quebrada Mirave y río Salado. Sobre estos depósitos se asienta la población urbana del Centro Poblado Mirave.

También se presentan en la quebrada Ahorcado, donde se ubica una zona propuesta para la reubicación del sector de Mirave.

En la zona de Ancocollo y Oconchay, se presentan en forma de abanicos; en su desembocadura llegan a tener longitudes hasta de 250 m. En Pampa Chapoyas los depósitos son extensos, formados por varios eventos de flujos de detritos y lodo.

Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

Terraza fluvial (T-fl)

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Salado a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos (figura 4).

Esta unidad se encuentra a lo largo del río Salado, con el evento del 2019, el río amplió su cauce hasta un ancho de 80 m.



Figura 4. Vista del frente de Oconchay, en el río Salado, se aprecian las siguientes geoformas de terraza aluvial (T-al) y Terraza fluvial (T-fl),

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el cauce y desembocadura de las quebradas que surcan a las estribaciones andinas, se encuentra materiales inconsolidados como resultado de los flujos de detritos o huaicos antiguos que tiene una periodicidad aún no evaluada. A estos eventos se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido.

Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos y originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es mayor.

Se refieren a movimientos en masa que durante su desplazamiento se comportan como un fluido; pueden ser lentos, saturados o secos, canalizados y no canalizados. Su ocurrencia en la zona de Mirave está asociada a lluvias extraordinarias. Se clasifican en flujos de detritos antiguos y recientes.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado, figura 5) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo, se tienen flujos de detritos (huaicos), flujos de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.

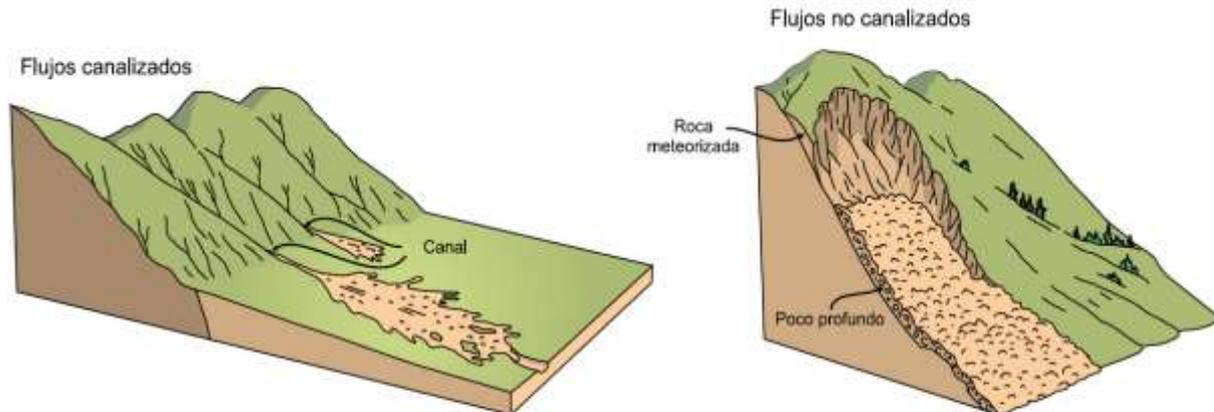


Figura 5. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

En este tipo de procesos se muestra una zona de inicio que forma un embudo, una zona de transición o tránsito y una zona de deposición en abanico como se muestra en la (figura 6). (Bateman *et al*, 2006).

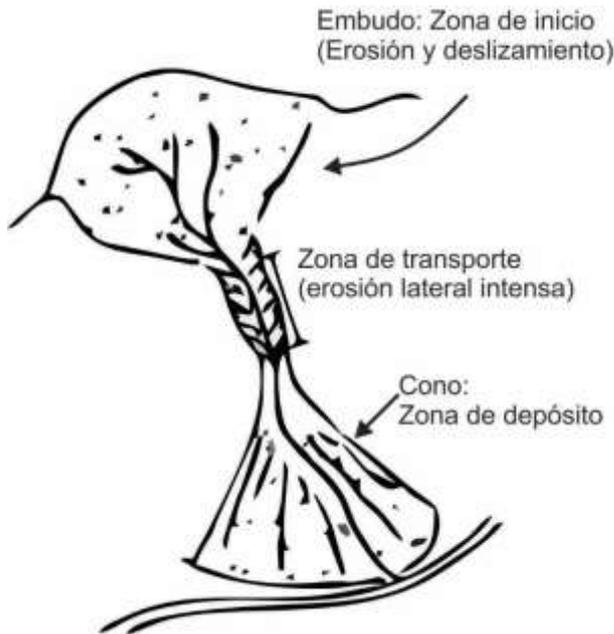


Figura 6 Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman *et al*, 2006).

Normalmente los flujos canalizados buscan retomar su lecho natural. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. Por ello estos eventos son muy violentos y tienen una gran cantidad de energía que destruye todo lo que encuentran a su paso. Por tanto es muy importante una caracterización geológica detallada de los eventos, asociada al grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

4.1 SECTOR DE MIRAVE

Según información de los pobladores de Mirave en el año 1927 se presentó un flujo de detritos (Huaico) de característica similar al ocurrido recientemente que también sepultó al poblado de Mirave.

En el poblado de Mirave, el día 08 de febrero se presentó un flujo de detritos que lo afectó severamente, trayendo consigo la destrucción de viviendas, coliseo deportivo, estadio, postes de tendido eléctrico, la vía de acceso Locumba-Candarave.

Los peligros geológicos identificados en el área de estudio, están asociados principalmente a los movimientos en masa de tipo flujos de detritos, flujos de lodo, derrumbes y erosión de laderas

Por lo observado se tienen evidencias de movimientos en masa antiguos, sobre los cuales se encuentra asentada la localidad de Mirave.

Como antecedente reciente al evento producido el 08 de febrero del 2019, se tiene que el 04 de mayo del 2015, se presentó un huaico de menor magnitud que afectó parcialmente la localidad de Mirave.

Como medidas preventivas ante la ocurrencia de flujos de detritos se construyó a lo largo de las quebradas y afluentes a la quebrada Mirave una serie de muros disipadores de energía, con la finalidad de atenuar los efectos destructivos de este tipo de evento.

En el informe elaborado por Medina & Luque (2016), se menciona que la localidad de Mirave, debe ser reubicada, porque se pueden presentar eventos similares a lo ocurrido en el 2015 o de mayores dimensiones.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS HUAICOS (FLUJO DE DETRITOS) DEL 08 FEBRERO DEL 2019

El flujo ocurrió aproximadamente a 14:30 horas, fue detonado por una lluvia intensa que se generó en la cuenca alta.

Causas:

- a) Laderas con procesos de erosiones de ladera (cárcavas), que aportaron material al cauce de la quebrada.
- b) Laderas con pendiente comprendidas entre 25° a 70°, que facilita la erosión de la cobertura del suelo y de la roca.
- c) Roca conformada por conglomerado, no consolidada, con matriz areno-limosa, 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.
- d) Ausencia de vegetación, esto permite una rápida aceleración de la erosión de laderas.

Al generarse el flujo, los muros disipadores de energía¹, fueron rellenados por los materiales acarreados por el huayco (figura 7); al pasar por la zona urbana, primero se desplazó por el estadio el cual lo enterró completamente (figura 8), destruyó viviendas, al pasar por el coliseo la masa del flujo destruyó parte de las paredes e ingresó a las tribunas y campos deportivos, que fueron rellenados en su totalidad.

A lo largo de todo su recorrido el flujo fue destruyendo las viviendas que encontraba a su paso (figura 9). La calle colindante al coliseo, donde se ubica parte del mercado, no fue afectada, porque la carga de sedimentos en la parte central fue disminuyendo, pero hacia los extremos, la carga de sólidos se incrementó, al discurrir aguas abajo destruye viviendas aledañas a su desembocadura al río Salado.

La mayor parte de los bloques removidos son de gravas y bolones (80%) son de formas redondeadas y subredondeadas. Los materiales removidos su mayor porcentaje provienen de los procesos de erosiones de laderas y también parte de los depósitos antiguos de huaicos.

¹ A lo largo de las quebradas se dispusieron muros disipadores. El estadio tenía una altura de 10 m, y se ubicaba en la parte baja de la quebrada Mirave.



Figura 7. En la vista se aprecia los muros disipadores de energía colmatados.



Figura 8. En la vista de la izquierda se aprecia el estadio después del evento del 2015. Vista de la derecha, se aprecia el estadio cubierto por el huaico del 2019; se marca en líneas rojas los límites del estadio.



Interior del coliseo, relleno por el material que trajo el huaco.



Parte de las paredes del coliseo de Mirave, destruidas.



Calles de Mirave afectadas por el huaco



Viviendas destruidas por el paso del huaco.

Figura 9. Se muestra los efectos del huaco en la localidad de Mirave.

5. ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN

5.1 QUEBRADA AHORCADO

Esta quebrada, su cauce tiene una longitud de 5,300 m. Actualmente el cauce discurre por la margen izquierda, tiene una longitud de 300 m.

La forma de la cuenca es de forma alargada, en su desembocadura termina en forma de abanico con una longitud de 2260 m. En la cuenca alta el cauce de la quebrada presenta una longitud de 30 m. El cauce de la quebrada antes de abrirse en abanico, tiene un ancho hasta de 430 m.

5.1.1 CONDICIONES GEOLÓGICAS DEL SECTOR

Este sector se ubica en la desembocadura de la quebrada Ahorcado, en la cuenca baja presenta dos quebradas afluentes por su margen derecha y la izquierda (figura 11), teniendo estos cauces de recorridos hasta de 1200 m.

En toda la cuenca, en las vertientes de los cerros, se evidencio procesos de erosiones de laderas como cárcavas (figura 12), que generan y aportan material suelto a lo largo del tiempo.

Ante lluvias extraordinarias, se reactivarán los procesos de erosiones de laderas, que alimentarán al cauce de la quebrada, esto conlleva la generación de huaicos de dimensiones considerables.

A lo largo del tiempo en la desembocadura de la quebrada se ha formado un abanico, producto de la acumulación de productos de sucesivos huaicos que han ocurrido en el tiempo. Este abanico se le considera como un piedemonte aluvio- torrencial.

Por la interpretación de imágenes satelitales de alta resolución y lo observado durante los trabajos de campo, en la superficie del terreno de la unidad piedemonte aluvio-torrencial (figura 11), se identificó varios ramales o brazos de la quebrada, producto de eventos ocurridos (huaicos) en el pasado.

Desde la cuenca media, por tener aporte de las quebradas secundarias, el cauce de la quebrada principal varía en dirección que toma aguas abajo.

Es importante mencionar que no se tiene la data histórica de la cantidad de lluvia caída en la zona, que originó estos eventos.

Por la forma que tiene la desembocadura de la quebrada, es probable que se hallan registrado lluvias excepcionales², donde se generaron flujos que llegaron a formar el abanico (figura 13).

Por las geoformas identificadas, como el cauce de la quebrada de forma alargada y los rastros de huaicos recientes, nos muestran que su cauce es variante.

² No se tienen datos históricos de lluvias.

Por lo tanto, por las condiciones expuestas, no es conveniente la reubicación del poblado de Mirave en este sector, porque se puede generar nuevos flujos de forma excepcional.

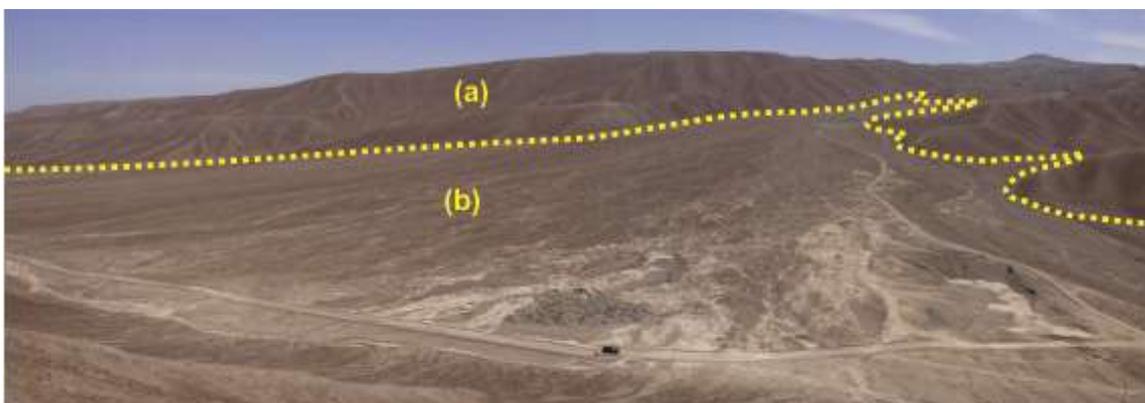


Figura 11. Se aprecia el sector de la Quebrada Ahorcado, donde se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas:

- (a) Colina sedimentaria
- (b) Piedemonte aluvio torrencial



Figura 12, En la vista se aprecia el afluente de la margen izquierda de la quebrada Ahorcado, en las laderas de los cerros se aprecia procesos de erosión de ladera (cárcavas y surcos).

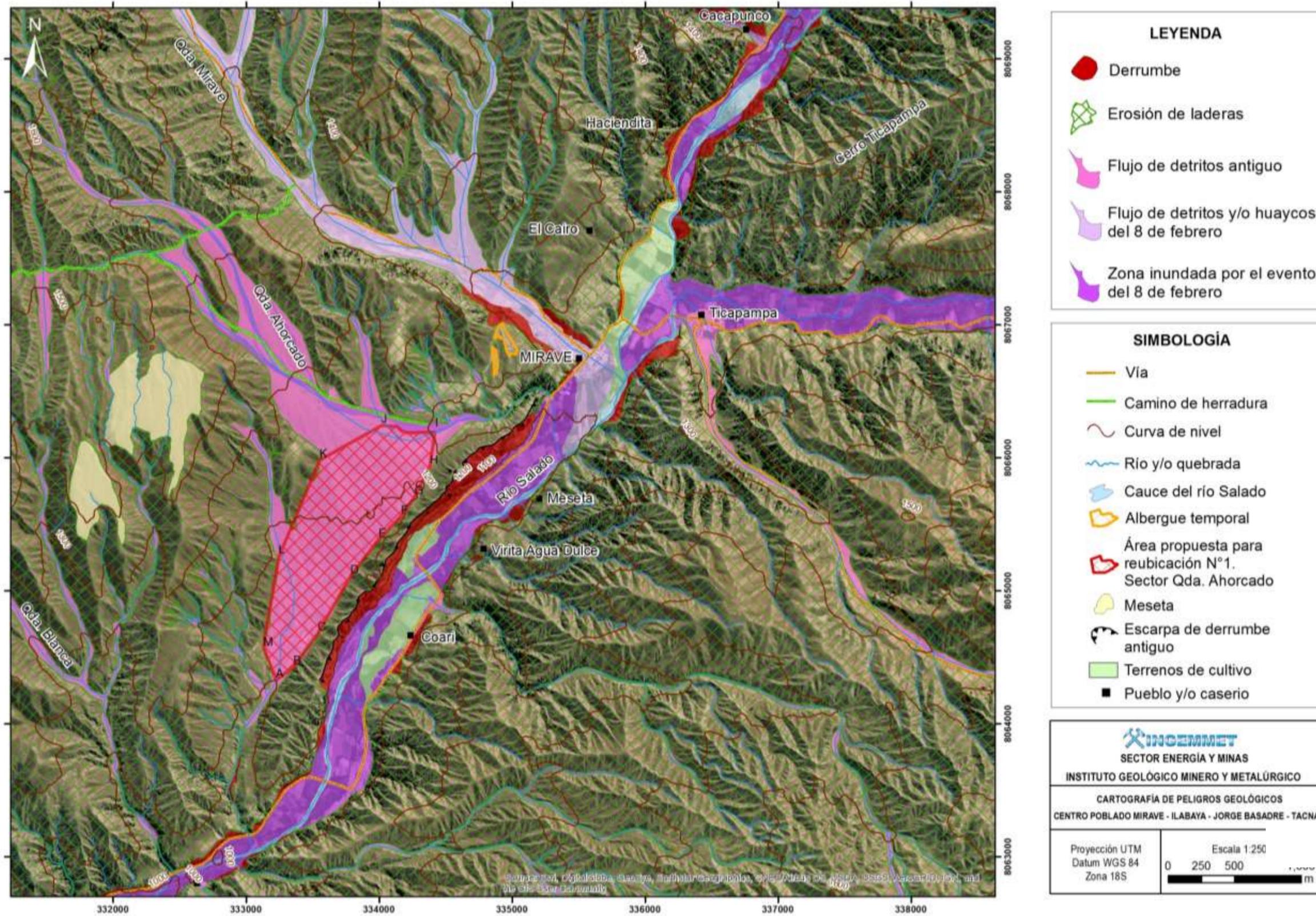


Figura 13. Mapa de peligros geológicos de los sectores de Mirave y Quebrada Ahorcado.

5.2 PAMPA CHAPOYAS

Este sector se ubica en la margen izquierda del río Salado, al sureste del poblado de Locumba, el lugar propuesto se encuentra en las siguientes coordenadas UTM, WGS84:

- a) 318964 E, 8050106 N
- b) 319401 E, 8049998 N
- c) 319216 E, 8049240 N
- d) 319035 E, 8048906 N
- e) 318824 E, 8048906 N
- f) 318599 E, 8048695 N
- g) 318361 E, 8049419 N
- h) 318834 E, 8049552 N
- i) 318416 E, 8049653 N

A una altitud de 900 m s.mn.m.

5.2.1 CONDICIONES GEOLÓGICAS DE SECTOR

Geomorfológicamente los sectores se encuentran sobre una planicie (figura 14), formada por depósitos volcánicos (tobas), que posteriormente fueron cubiertos por flujos de lodo y de detritos. La planicie tiene una pendiente menor de 3°.

En las paredes una excavación para la construcción de un canal³ se apreció depósitos y substrato rocoso (figura 15), donde se tiene lo siguiente:

- Capas de gravillas englobadas en matriz limo-arcillosa, escasos bloques con longitudes hasta de 10 cm., son de formas subangulosas a subredondeadas. Esto corresponde a los flujos de detritos que se han presentado en el pasado.
- Se observó capas de arcilla con limo con escasa gravillas, los espesores de las capas son menores a 10 cm, corresponden a flujos de lodo.
- El substrato está conformado por una toba⁴, compuesta por líticos y escasos pómez, englobados en matriz de cenizas. La roca no está litificada considerada como de muy mala calidad, es fácilmente extraída al golpe del martillo. Por lo cual se considera terrenos muy malos para cimientos.

En la imagen satelital se aprecian huellas de antiguos flujos de detritos, que fueron comprobados en los trabajos de campo. Estos eventos ocurren muy excepcionalmente y discurren a lo largo de toda la zona.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas expuesta del terreno se descarta para ser habilitado para vivienda.

³ Canal para el proyecto de irrigación Estrella.

⁴ Esta toba, cuando se generó se desplazó relleno un paleocanal formando una planicie, posteriormente fue cubierta por los flujos de detritos y lodo.



Figura 14, se aprecia la extensa Pampa Chapoyas.

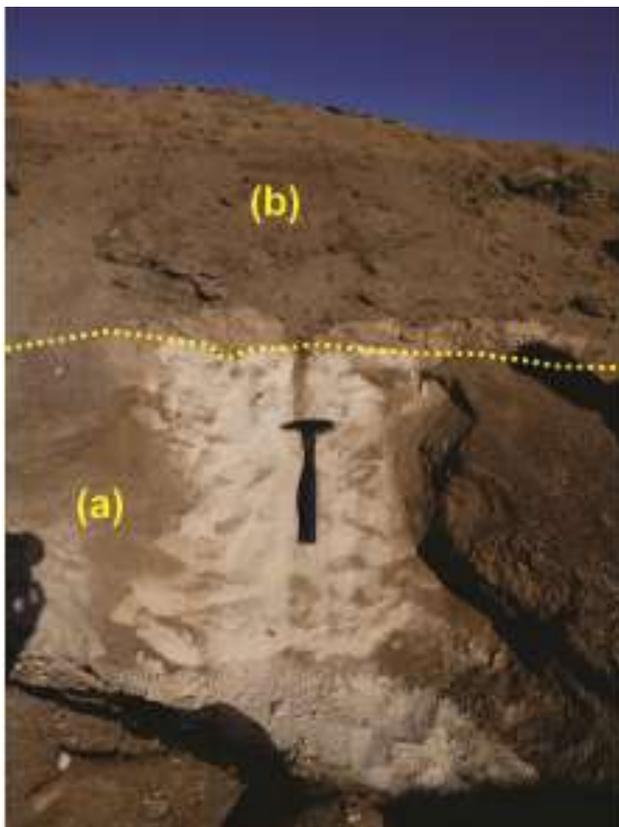


Figura 15. Se muestra.

- (a) Secuencia de Tobas
- (b) Material conformado por capas de gravilla en matriz limo-arcillosa, con capas de limo-arcilla, proveniente de antiguos flujos.

5.3 SECTORES ANCOCOLLO Y OCONCHAY

Se encuentran ubicados en la margen izquierda del río Salado, Ancocollo se encuentra entre las siguientes coordenadas UTM, WGS84:

- a) 331496 E, 8062210 N
- b) 331743 E, 8062322 N
- c) 331776 E, 8062423 N
- d) 332088 E, 8062561 N

- e) 332450 E, 8062592 N
 - f) 332492 E, 8062550 N
 - g) 331593 E, 8061931 N
- A una altitud promedio de 1000 m s.n.m.

El sector de Oconchay en las siguientes coordenadas:

- a) 329371E, 8066872N,
- b) 329438 E, 8060756 N,
- c) 329543 E, 8060842 N,
- d) 329830 E, 8061028 N,
- e) 329995 E, 8061023 N,
- f) 330169 E, 8061110 N,
- g) 330210 E, 8060885 N,
- h) 329991 E, 8060820 N,
- i) 329830 E, 8060616 N,
- j) 329679 E, 8060521 N,

A una altitud de promedio de 950 m s.n.m.

5.3.1 CONDICIONES GEOLÓGICAS DEL SECTOR

Geomorfológicamente el área se encuentra sobre una terraza alta formada por el levantamiento del terreno (origen tectónico), que posteriormente fue cubierta parcialmente por depósitos de piedemonte proluviales.

Hacia el límite por el lado sur-suroeste, se tiene colinas sedimentarias, conformadas por conglomerado de la Formación Moquegua. Las laderas de esta unidad tienen pendientes que varían entre 20° a 30° (figura 16).

El conglomerado está formado por gravas y bloques, los fragmentos de roca son de formas redondeadas a subredondeadas, envueltos en matriz arenosa.



Figura 16. Se aprecian la ladera colindante a la zona de reubicación de Ancocollo, procesos de erosiones de ladera, en la planicie se observa rastros dejados por los flujos de detritos.

En el sector de Ancocollo se observó tres lomadas, con longitudes hasta de 90 m, y ancho de 25 m.

5.3.2 PELIGROS GEOLÓGICOS

Se identificaron procesos de flujos de detritos y erosiones de ladera (figura 17 y 18)

Flujos de detritos.

Para ambos sectores se han identificado flujos de detritos (huaicos) que acarrearán gravas y bloques de formas redondeadas a subredondeadas en matriz limo-arenosa. Las formas redondeadas obedecen a que la zona de aporte proviene de la erosión de un conglomerado.

Las causas son:

- Procesos de erosiones de ladera que aportan material suelto a la quebrada.
- Roca de mala calidad, de fácil erosión, no se encuentra litificada, además su matriz es limo-arenosa, que se erosiona fácilmente ante lluvias.
- Pendiente de los terrenos, que varían de 25° a 35°, que permite que los terrenos se desestabilicen ante presencia de lluvias intensas.

El factor desencadenante son las precipitaciones pluviales.

Erosiones de ladera

En las laderas de las colinas sedimentarias colindantes a estas zonas de reubicación se apreció procesos de erosiones de ladera, que van desde procesos en erosiones en surcos (figura 19), hasta cárcavas presentan anchos hasta de 20 m, con profundidades entre 1 a 20 m.

En las zonas de quebradas, estos eventos se caracterizan por presentar anchos de hasta de 200 m, y profundidades que varían desde 1 m hasta 50 m, estos procesos han generado material suelto de fácil movilización.

Las causas son:

- Roca de mala calidad, no litificada, que está conformada por gravas y bloques de formas redondeadas englobadas en matriz limo-arenosa, esta última es de fácil erosión.
- Pendiente del terreno que varían entre 25° a 70°, este último se presenta en los acantilados.

El factor detonante son las lluvias intensas.

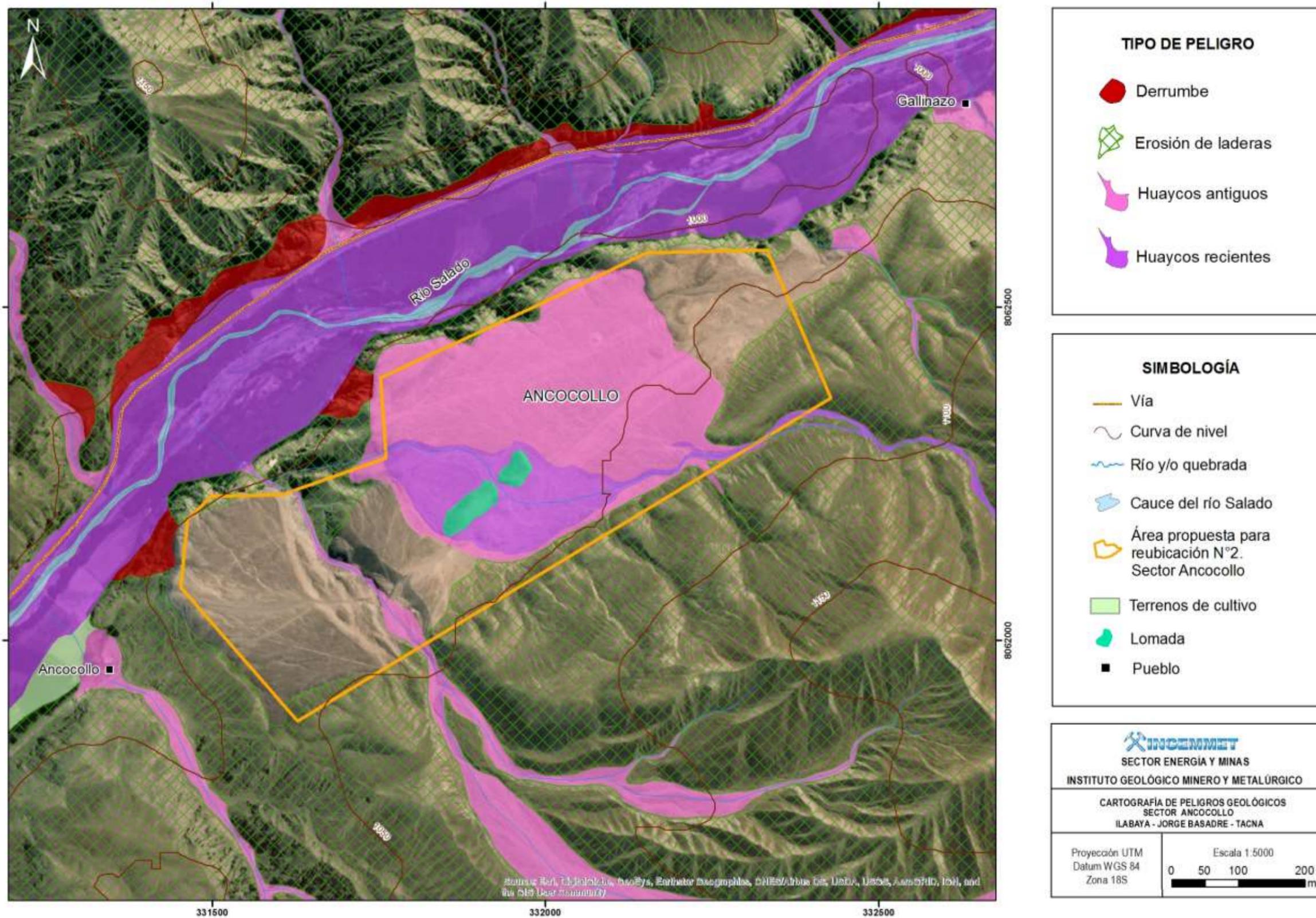


Figura 17. Mapa de peligros geológicos del sector de Ancocollo.

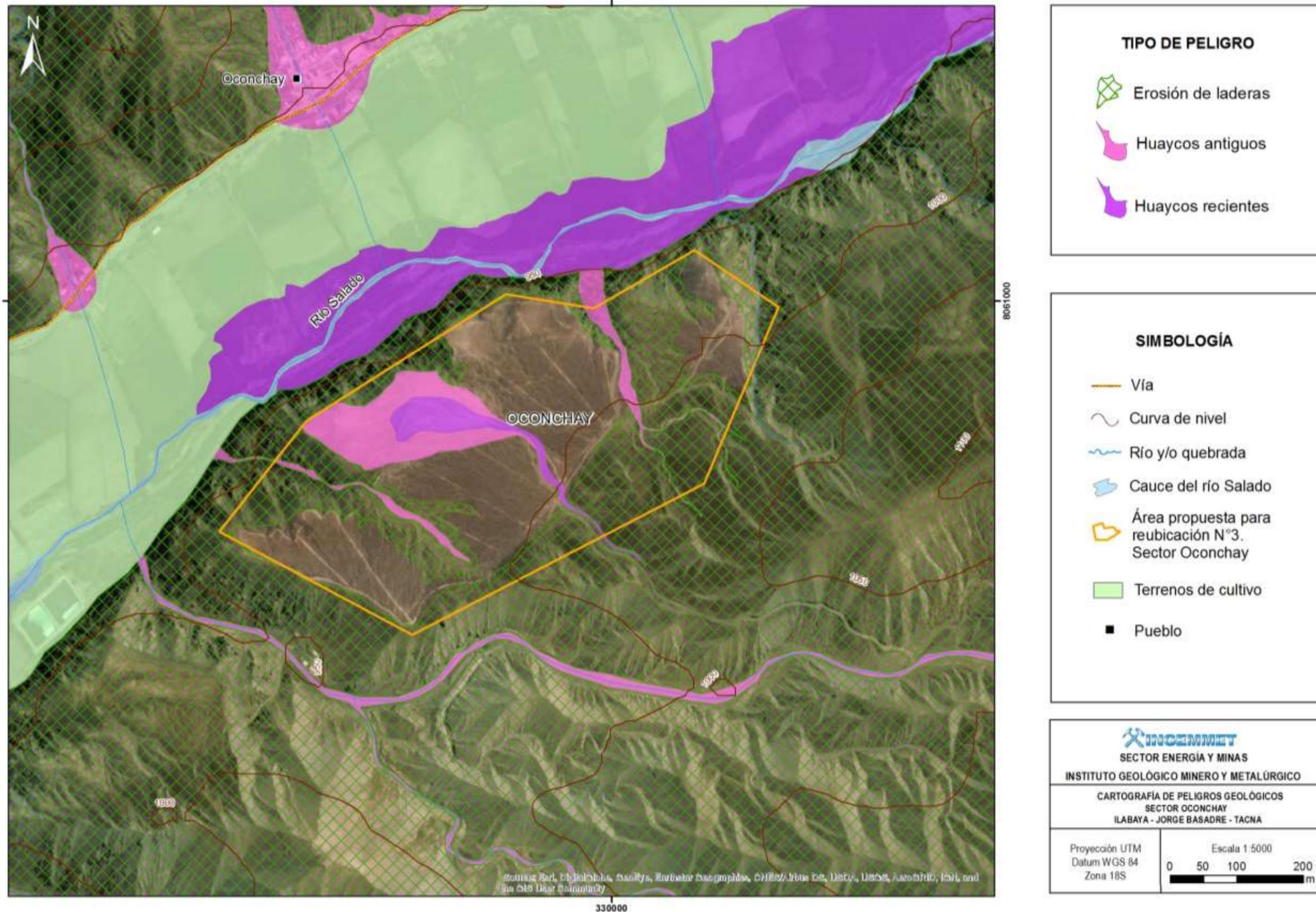


Figura 18. Mapa de peligros del sector de Oconchay



Figura 19. Se muestran los procesos de erosiones de ladera, sector de Ancocollo.

En ambos sectores de Ancocollo y Oconchay, hacia el noroeste se encuentran colindante al río Salado, limitados por un acantilado que tiene una altura que varía de 15 a 30 m. En los acantilados, se apreció procesos de erosión de laderas, que han formado incisiones con aperturas entre 5 m a 30 m y profundidades variables entre 5 m a 20 m. (figuras 20 y 21)



Figura 20. Sector de Oconchay, se aprecia el río Salado y el acantilado.



Figura 21. Sector de Oconchay, se observa parte del acantilado, afectado por procesos de erosión de laderas.

a) Sector de Ancocollo

En la parte central del terreno propuesta para la reubicación (figura 20) se identificó depósitos de flujos de detritos; el último evento tiene desde el ápice hasta su desembocadura un recorrido de 780 m. El depósito del flujo antiguo, en la parte central tiene un ancho máximo de 450 m y el más reciente 100 m. Estos flujos al discurrir por la terraza, han bordeado a las dos lomadas, que se encuentran en el centro del terreno. En la superficie del depósito antiguo, se observó escorrentías recientes, por donde fluyó lodo y agua.

Hacia el lado suroeste, se apreció otra quebrada que cruza la zona de reubicación, cuyo cauce tiene una profundidad hasta en 10 m y ancho de hasta 70 m (figura 23).

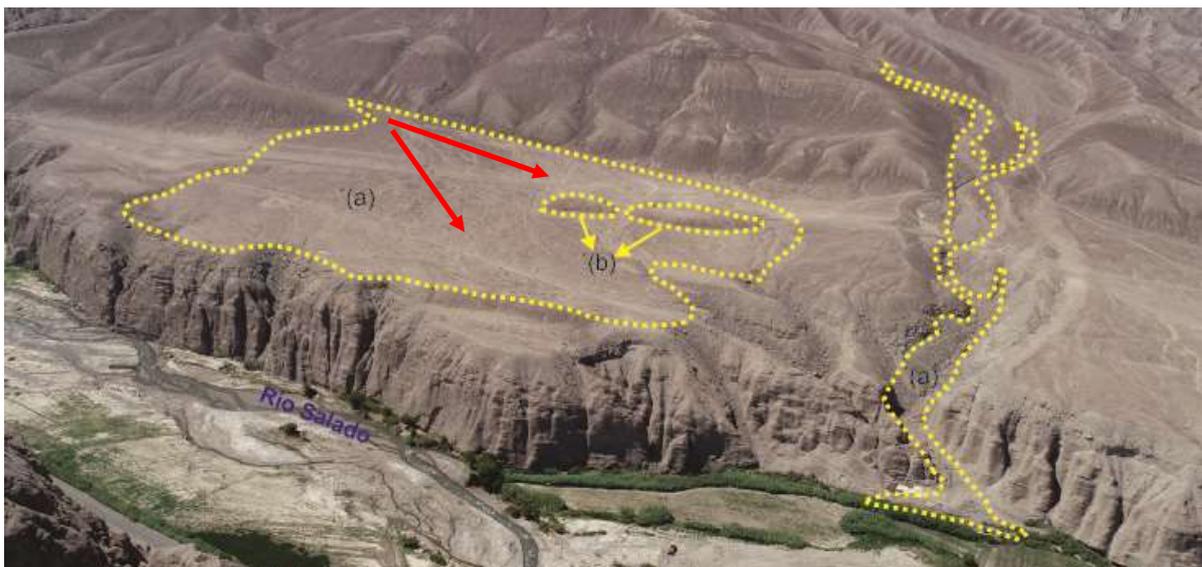


Figura 22. Se aprecian el área de influencia de los flujos de detritos (a) y la zona de lomadas (b).



Figura 23. Se aprecia el cauce de una de las quebradas, con longitudes hasta de 50 m.

b) Sector de Oconchay

Se identificó tres flujos de detritos, en los extremos y uno central, siendo el central el que tiene mayor influencia hacia la zona de reubicación.

El flujo que se presenta en la parte central tiene forma alargada, en dirección aguas abajo se apreció dos secuencias una antigua y una reciente, no se tiene conocimiento la fecha en que se formaron estos depósitos. Ambos depósitos terminan en forma ovalada, el antiguo tiene una longitud de 240 m y el reciente 120 m. El ancho máximo del primer depósito llega hasta 120 m, en el segundo hasta los 65 m. Las longitudes del recorrido de los flujos son de 600 m para el primero y 440 m para el segundo.

La quebrada que se encuentra en el extremo noreste, se originó por procesos de erosión de ladera, tiene anchos de hasta 200 m, con profundidades hasta de 80 m. Estos procesos generan flujos de detritos.

La quebrada que se encuentra hacia el suroeste, presenta en su cuenca alta procesos de erosiones de ladera, con longitudes de hasta 70 m, profundidades que varían entre 10 m a 20 m (figura 24).



Figura 24. Vista de la quebrada que se encuentra en el extremo suroeste, se puede apreciar los procesos de erosión de laderas (líneas amarillas).

Por los peligros geológicos determinados en las zonas de reubicación, es necesario hacer una zonificación del área, donde se propone áreas para ser ocupadas por viviendas.

En el área de Ancocollo, el área es de 44 660 m² y está dividida en tres sectores. El área de Oconchay tiene 04 sectores y tiene un área total de 48 410 m². (figuras 25 y 26)

5.4 SECTOR ALBERGUE TEMPORAL

Este sector se encuentra en la margen derecha de la quebrada Mirave e izquierda de la quebrada Ahorcado (figura 25).

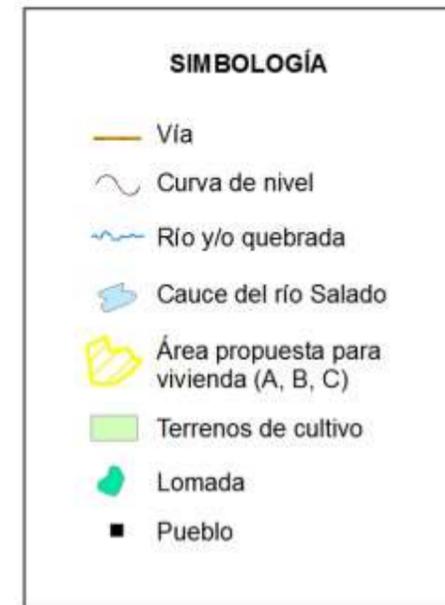
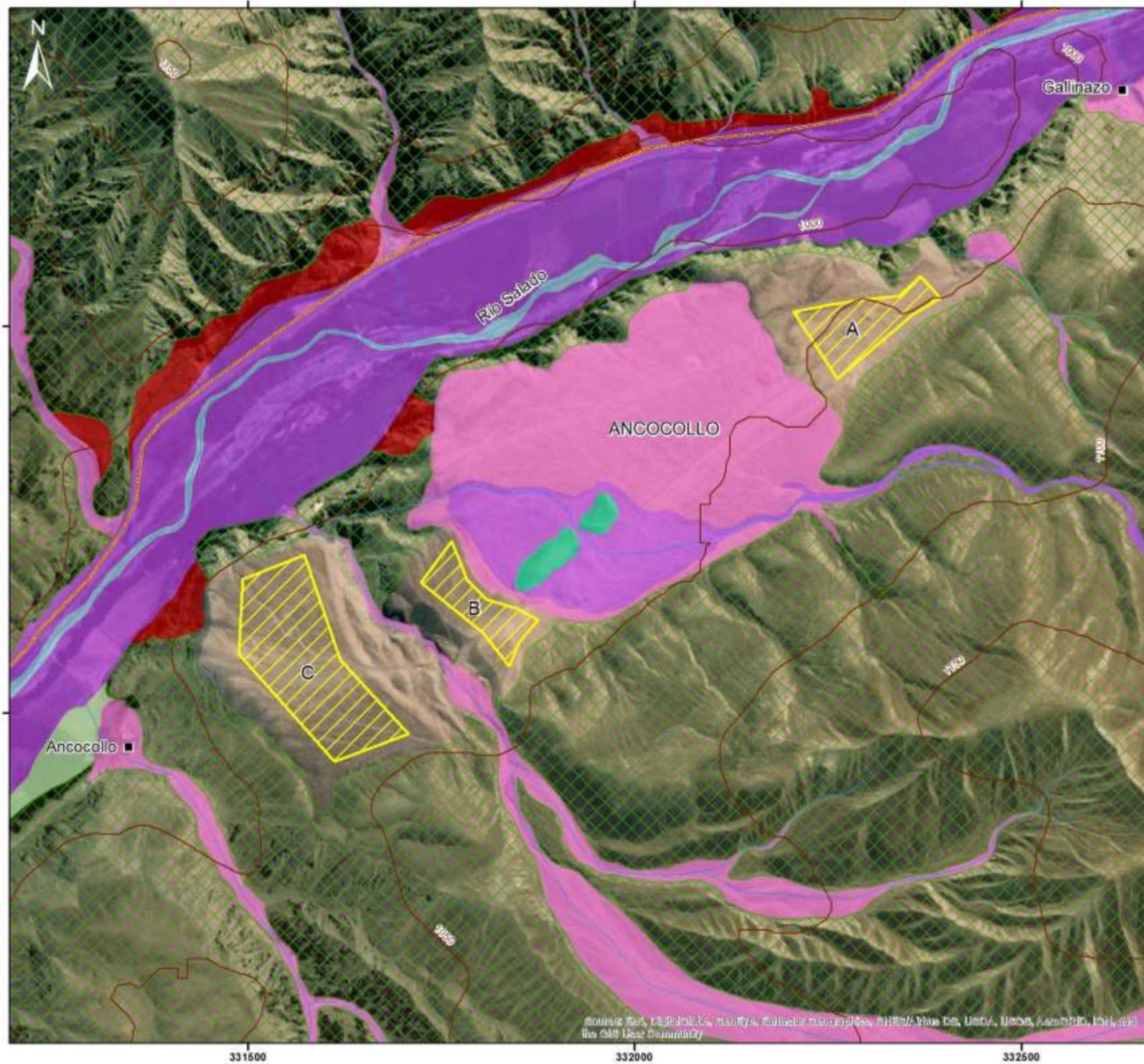
Se encuentra entre las siguientes coordenadas UTM: WGS 84:

- Polígono 1
 - a) 334325 N, 8066439 N.
 - b) 334380 N, 8066485 N
 - c) 334481 N, 8066358 N
 - d) 334445 N, 8066322 N.

- Polígono 2
 - a) 334416 E, 8066547 N
 - b) 334663 E, 8066538N
 - c) 334666 E, 8066539N
 - d) 334697 E, 8066599N
 - e) 334767 E, 8066492 N
 - f) 334687 E, 8066382 N
 - g) 334612 E, 8066426 N
 - h) 334507 E, 8066374N

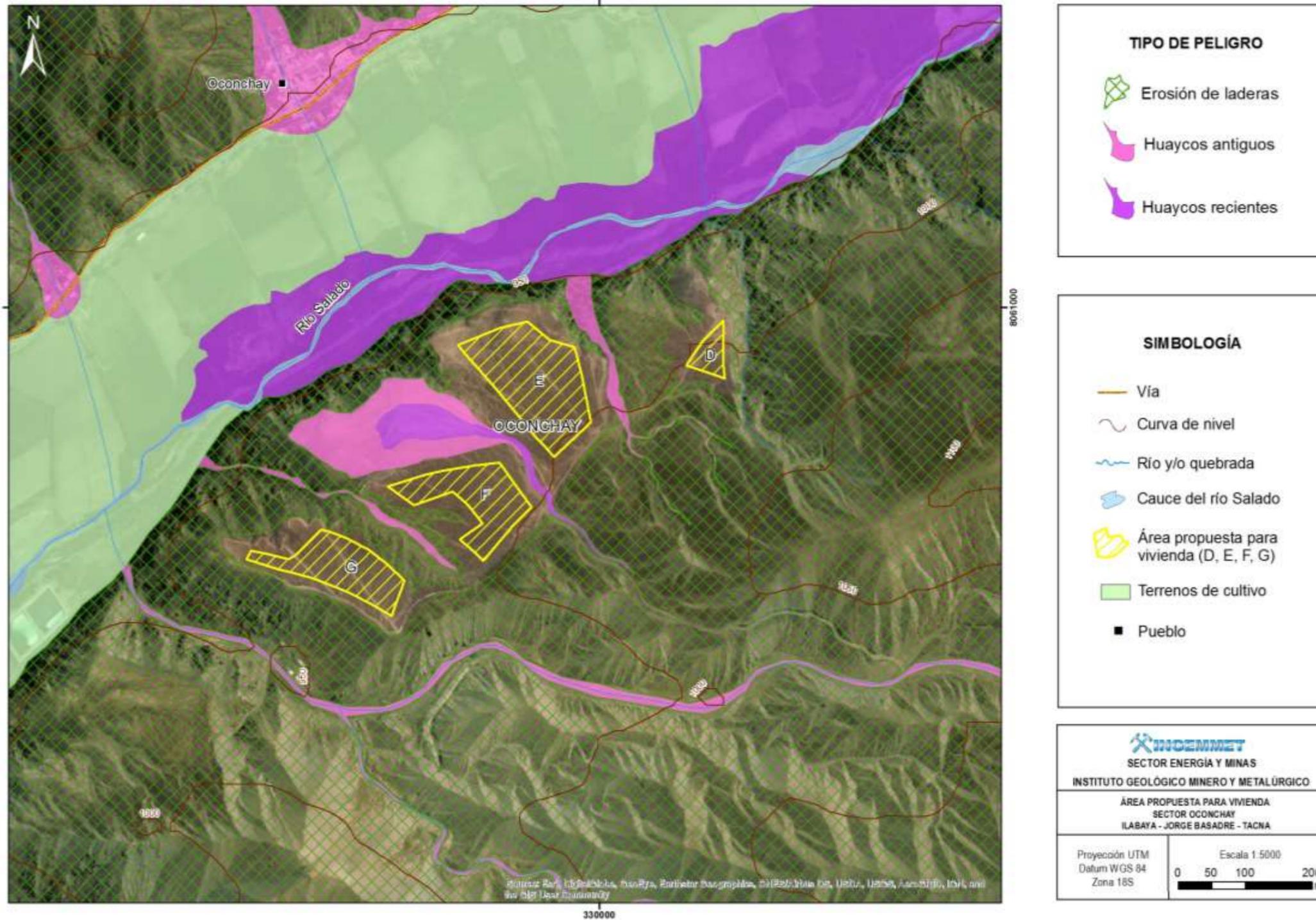
- Polígono 3
 - a) 334842 E, 8066759 N
 - b) 334852 E, 8066896 N
 - c) 334883 E, 8066989 N
 - d) 334934 E, 8067010 N
 - e) 335043 E, 8066790 N
 - f) 335002 E, 8066798 N
 - g) 335008 E, 8066717 N
 - h) 334977 E, 8066706 N
 - i) 334904 E, 8066898 N
 - j) 334895 E, 8066753 N

Se encuentra ubicada en la cima de un cerro, en sectores, para nivelar la zona se han realizado corte y rellenos, en la cima y parte de la ladera.



Polígono A: Área de 9930 m²
 Polígono B: Área de 7500 m²
 Polígono C: Área de 27230 m²

Figura 25. Área propuesta para la reubicación sector Ancocollo.



Área para reubicación
 Polígono D: 2562 m²
 Polígono E: 21204 m²
 Polígono F: 12530 m²
 Polígono G: 12114 m²

Figura 26. Área propuesta para vivienda del sector de Oconchay.



Figura 27. Se aprecia la zona de albergue temporal, asentados en la cima de las colinas, en el sector (2), se parecía el relleno.

Geomorfológicamente esta zona se encuentra sobre una colina sedimentaria, conformada por conglomerados no litificados.

El conglomerado se encuentra compuesto por gravas de formas redondeadas, en matriz areno-limosa, es una roca de muy mala calidad, que se erosiona fácilmente.

5.4.1 PELIGROS GEOLÓGICOS

En las laderas de los cerros se observó procesos de erosiones de ladera, en forma de cárcavas y surcos, predominando la segunda.

Se apreció quebradas secas, que tienen aporte de material suelto, producto de las erosiones de ladera.

La quebrada de cauce de mayor longitud se encuentra discurre entre los sectores 1 y 2 (figura 27); en el cruce de la carretera de acceso presenta ancho de hasta 20 m. En la desembocadura tiene forma de cono que se encuentra completamente erosionado, por la erosión del flujo que discurrió por la quebrada Ahorcado.

6. MEDIDAS CORRECTIVAS PARA LAS ÁREAS DE REUBICACIÓN DE VIVIENDAS

Para las áreas asignadas para ser habilitadas para vivienda se deben establecer lo siguiente.

- a) Realizar un estudio de suelos para determinar su capacidad portante, para fines constructivos de viviendas.
- b) Por ningún motivo se debe ocupar como área urbana, los cauces de las quebradas.
- c) Para el sector de los acantilados, los bordes deben ser forestados con plantas tipo enredaderas para un buen amarre del terreno.
- d) La zona urbana no se debe extender hacia la zona de los acantilados, se debe guardar una distancia de 20 m. como franja, este sector libre deberá ser reforestado.
- e) Para las laderas colindantes, se deben estabilizar, para ello se deben realizar estudios de estabilidad de taludes, se pueden usar enmallados, con vegetación tipo enredaderas.

- f) En las laderas no se deben realizar cortes de talud, porque esto desestabilizaría el talud.
- g) Entre la planicie y la ladera, se deben construir canales de evacuación de aguas pluviales.

6.1 MEDIDAS CORRECTIVAS ESTRUCTURALES PARA LAS QUEBRADAS

- Para las quebradas se debe diseñar un canal hidráulico técnicamente racional a las características de los flujos y dinámica presentadas, con la finalidad de darle un desfogue hacia el río Salado.
- Los cauces de las quebradas se deben canalizar, para ello se debe respetar su sinuosidad que tiene la quebrada.
- En las laderas colindantes a la zona de reubicación se apreció material suelto susceptible a ser removido, para ello se deberá realizar un estudio de estabilidad de taludes, como por ejemplo realizar enmallados, con vegetación.
- Por ningún motivo, en las laderas se deberán realizar cortes de talud, esto último desestabilizaría la ladera del cerro.
- Forestar la zona.

6.2 MEDIDAS CORRECTIVAS NO ESTRUCTURALES

- Es necesario para la gestión local del riesgo establecer un plan de emergencia local o vecinal, con la ubicación de lugares de resguardo y vías de escape. Este plan debe ser socializado en la población y generar conciencia de los procesos que pueden afectarlos y cómo prevenir sus daños. Las capacitaciones pueden ser proporcionados por la subgerencia de Defensa Civil de la Municipalidad de Ilabaya y el INGEMMET.
- El municipio de Ilabaya debe trabajar en la normativa que prohíba la expansión urbana hacia los cauces de las quebradas y acantilados. Debería colocarse letreros de advertencia, con lemas referidos al grado de peligro en el que se encuentra la zona. Es necesario además planificar la reubicación de las viviendas que se ubican actualmente en el cauce de quebradas a sitios seguros.
- Efectuar estudios geotécnicos y de ingeniería de detalle para canalizar adecuadamente los flujos. Para saber las dimensiones de los canales, se deben hacer primero los modelos de avenidas usando caudales extremos de los últimos años. Esto permitirá construir medidas adecuadas para impedir el ingreso de los flujos de detritos (huaicos) hacia las zonas urbanas. Estos modelos requieren datos de lluvias, máximas en 24 horas para 15 años (como mínimo) para poder pronosticar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) El 08 de febrero del 2019, se generó un huaico que destruyó el poblado de Mirave. El factor detonante fue la lluvia extraordinaria que produjo ese día, que se concentró en la cuenca alta de la quebrada Mirave
- b) La localidad de Mirave, se encuentra asentada sobre antiguos depósitos de huaicos, las quebradas que los surcan se activan en época de lluvias extraordinarias. Según las crónicas el año 1927, la localidad de Mirave fue sepultada por un huaico.
- c) En el año 2015, el sector de Mirave fue afectado por un flujo de detritos, que se canalizó por las calles, afectó ligeramente las viviendas.
- d) El sector de Pampa Chapoyas, se identificó procesos de flujos de detritos y de lodo que han cubierto la pampa, estos tienen espesores menores a los 5 cm, los clastos son de formas subredondeadas.
- e) El substrato del sector de Pampa Chapoyas, está conformado por una toba de cenizas, pómez y escasos fragmentos líticos, esta roca no se encuentra litificada, es de mala calidad geotécnica, es de fácil excavación, como terrenos de fundación para la construcción de viviendas son de mala calidad.
- f) El cartografiado de procesos geológicos superficiales, en el sector de Quebrada Ahorcado, nos demuestra que existen procesos de erosión de ladera a lo largo de todas las laderas colindantes al cauce de la quebrada, estos procesos generan material suelto que ante la ocurrencia de lluvias extraordinarias son arrastrados al cauce de la quebrada. Esto generaría flujos que afectaría la propuesta para la reubicación.
- g) Parte de los sectores de Ancocollo y Oconchay, áreas propuestas para reubicación, son afectados por procesos de huaicos y erosión de ladera. Por ello se ha realizado una zonificación de áreas para que sean ocupadas por viviendas. En Ancocollo se tiene tres áreas habilitadas para vivienda hace un área de 44 660 m². Para la segunda se tiene cuatro áreas que hace una superficie de 48 410 m².
- h) El sector del Albergue temporal se encuentra en la cima y parte de la ladera de una colina sedimentaria, donde se identificaron procesos de erosiones de ladera. También se observó procesos de flujos de detritos, que de activarse no afectarían a viviendas, pero si afectarían vías de acceso. Es necesario una forestación de la zona.
- i) Para los sectores de Ancocollo y Oconchay, las zonas colindantes a las colinas sedimentarias, sus laderas deben ser estabilizadas con enmallados y vegetación. Esto debe realizarse antes de ser ocupada por las nuevas viviendas.
- j) En los bordes de los acantilados que limitan las áreas de reubicación, no deben ser ocupados por viviendas, deben destinarse a áreas verdes.

- k) Se recomienda que el SENAMHI evalúe la instalación de pluviómetros en la zona afectada de Mirave, y en la zona propuesta para la reubicación, esto permitirá tener información meteorológica, para tener un mejor conocimiento de los factores detonantes de los flujos y erosión de ladera.

- l) Realizar trabajos de forestación que propicien el crecimiento de áreas verdes en las microcuencas de las quebradas del distrito de Ilabaya, que muestren una recurrencia o indicios de actividad pasada de flujos de detritos o huaicos, principalmente en aquellas donde su desembocadura tenga asentadas poblaciones.

REFERENCIAS

- Cruden, D.M. and Varnes, D.J., Landslides Types and Processes in Turner, A.K and Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.
- Hungr, O. y Evans, S.G. (2004). Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism: Geological Society of America Bulletin, v.
- Luque, G., Rosado, M. (2014). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tacna. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Informe Técnico. Primer Reporte. 114 p.
- Martínez y Zuluaga (2000). Mapa Geológico del Cuadrángulo de Moquegua (Hoja 35-u), escala 1:50 000. INGEMMET. Carta Geológica Nacional. Mapa.
- Medina y Luque (2016). Evaluación de peligros geológicos en el Centro Poblado de Mirave y Sector Alto Mirave. Informe Técnico N° A6705 “. INGEMMET Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 29 p.
- Luque (2016). Zonas críticas por peligro geológico en la región Tacna, Informe Técnico. INGEMMET Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 51 P.
- Núñez y Luque (2019), Propuesta de zona de reasentamiento del sector de Mirave (Informe Preliminar). Opinión Técnica. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 7 p.
- Varnes, J. (1978). Slope movements types and processes. En: SCHUSTER, L. y KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.