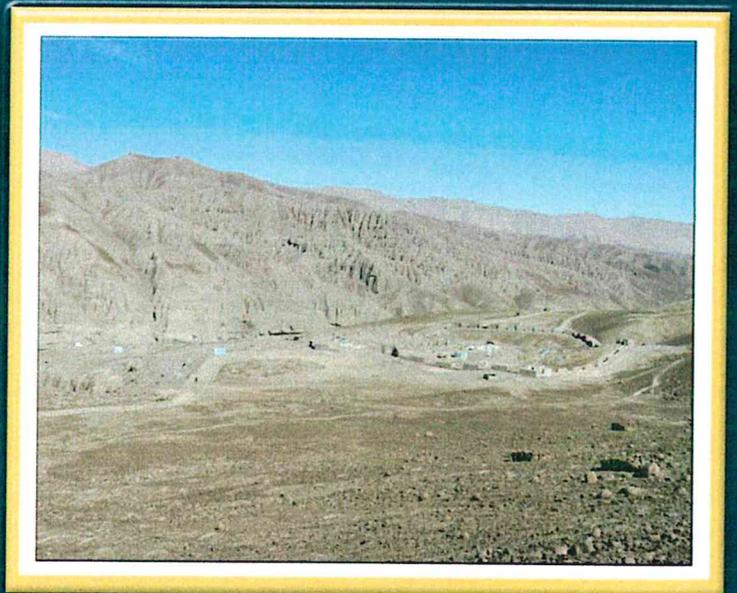
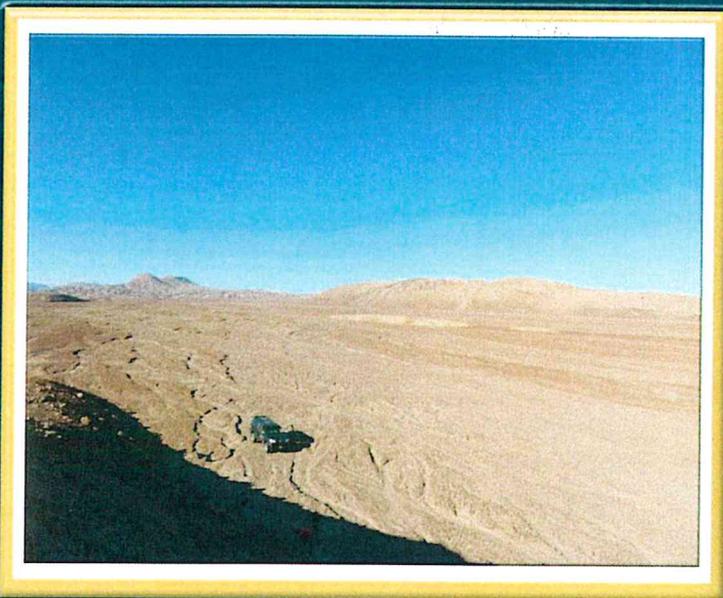


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6896**

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS  
DE LOS SECTORES PROPUESTOS  
PARA LA REUBICACIÓN  
(ALTO EL CAIRO, NUEVO BOROQUEÑA  
Y PAMPA CUCHILLAS) DEL CENTRO POBLADO MIRAVE**

Región Tacna  
Provincia Jorge Basadre  
Distrito Ilabaya



JUNIO  
2019

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENERALIDADES</b> .....	<b>2</b>
2.1 Ubicación y accesibilidad .....	2
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	<b>3</b>
3.1 Unidades Litoestratigráficas.....	3
3.2 Unidades Geomorfológicas.....	9
<b>4. ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN</b> .....	<b>10</b>
4.1 Sector Alto El Cairo .....	10
4.2 Sector Nuevo Borogueña .....	15
4.3 Sector Pampa Cuchillas .....	21
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>25</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>25</b>

## 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.

La Municipalidad Distrital de Ilabaya mediante los oficios N° 113-2019-MDI/A de fecha, 24 de abril 2019; N° 153-2019-MDI/GM y N° 154-2019-MDI/GM; de fecha 02 de mayo del presente, dirigido al Presidente ejecutivo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, solicitan determinar el nivel de peligrosidad en los sectores Alto El Cairo, Pampa Cuchillas y Nuevo Borogueña, en el Distrito de Ilabaya, zonas propuestas para reubicación.

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 evalúen la zona. La brigada estuvo conformada por los ingenieros Jessica Vela y Yhon Soncco. La inspección técnica se realizó del 8 al 10 de abril del 2019, donde se identificaron los peligros geológicos que podrían afectar a las probables zonas de reubicación sugeridas.

Este documento presenta las observaciones geomorfológicas, geológicas y de peligros geológicos, en los tres sectores mencionados anteriormente, ubicados en el distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, región Tacna.

### 1.1 Objetivo del estudio

El presente trabajo tiene como objetivo:

Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que podrían afectar las zonas propuestas para reubicación

Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros.

Es importante mencionar que el INGEMMET a través de esta evaluación de peligro geológico contribuirá a la evaluación de riesgos geológico (EVAR) integral, competencia del CENEPRED, donde incluye los aspectos de vulnerabilidad.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 Ubicación y accesibilidad

Los sectores Alto El Cairo, Pampa Cuchillas y Nuevo Borogueña (áreas propuestas para reubicación) se ubican en el distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, región Tacna. En las siguientes coordenadas geográficas:

ÁREAS PROPUESTAS PARA REUBICACIÓN	COORDENADAS
Alto El Cairo	– 17°28'27.88"S – 70°32'53.43"O
Pampa Cuchillas	– 17°33'28.85"S – 70°31'28.08"O
Nuevo Borogueña	– 17°17'44.28"S – 70°26'56.30"O

El acceso se realiza por vía terrestre, por la carretera Panamericana Sur hasta el desvío Locumba y se continua por la ruta a Ilabaya. (figura 1).

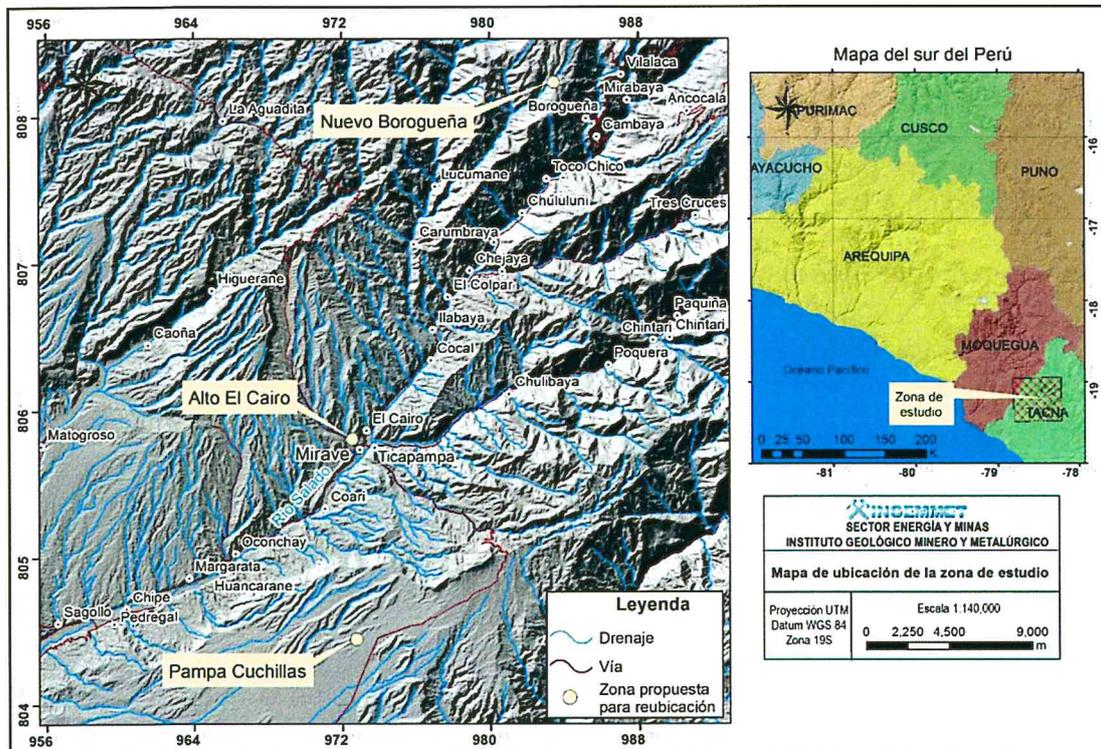


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

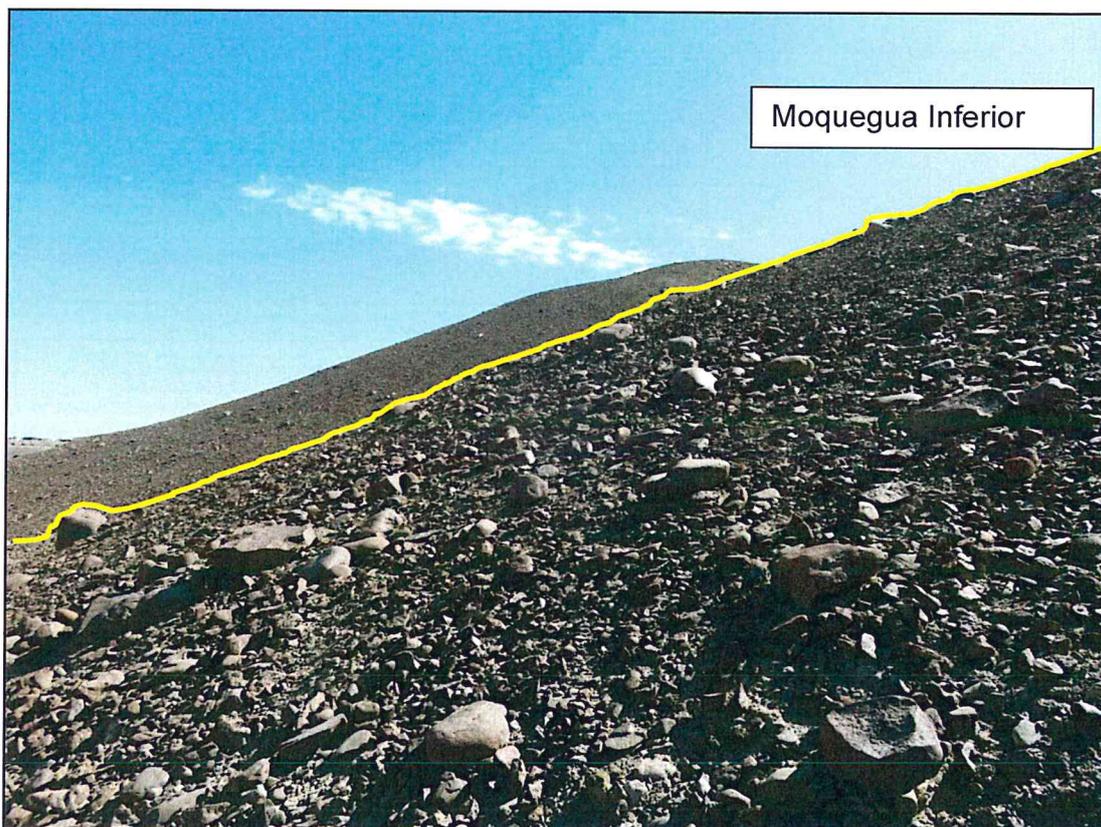
### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1 Unidades Litoestratigráficas

Para el análisis geológico de las zonas propuestas para reubicación se tomaron como referencia los mapas geológicos de los cuadrángulos de Moquegua (35-u), Eleodoro Bellido Bravo (1979); Tarata (35-v), Jaén La Torre (1965), Locumba (36-u) y Sigfrido Narvaez (1964).

**3.1.1 Sector Alto El Cairo:** En inmediaciones del sector Alto El Cairo, afloran las siguientes unidades litoestratigráficas:

- a) Depósitos sedimentarios pertenecientes a la Formación Moquegua - Miembro Interior (PN-m<sub>i</sub>): Conformadas por secuencias conglomerádicas en matriz areno-arcillosa. Las areniscas y arcillas aparecen en bancos lenticulares. Las secuencias de conglomerados tienen cantos rodados de hasta 4 m de diámetro. El conjunto muestra una ligera estratificación (figura 2). Estos depósitos presentan moderada susceptibilidad a ser afectados por caídas de rocas, derrumbes y erosiones de laderas.



*Figura 2. Cantos rodados en la parte alta del sector Alto el Cairo*

- b) Unidades Cuaternarias (Qh-al5): Conformadas por depósitos aluviales. En el sector Alto El Cairo estos depósitos afloran en diferentes zonas del

valle. Los ríos han cortado sobre sus propios depósitos formando terrazas de variado espesor y amplitud, que se hallan desde 5 hasta 30 m. sobre los lechos actuales. El material de estas terrazas se compone de cantos gruesos, gravas, arenas y arcillas, estratificadas en capas lenticulares y con inclinaciones suaves en el sentido de la corriente. El área de las terrazas es generalmente utilizada como terrenos de cultivo (figura 3).

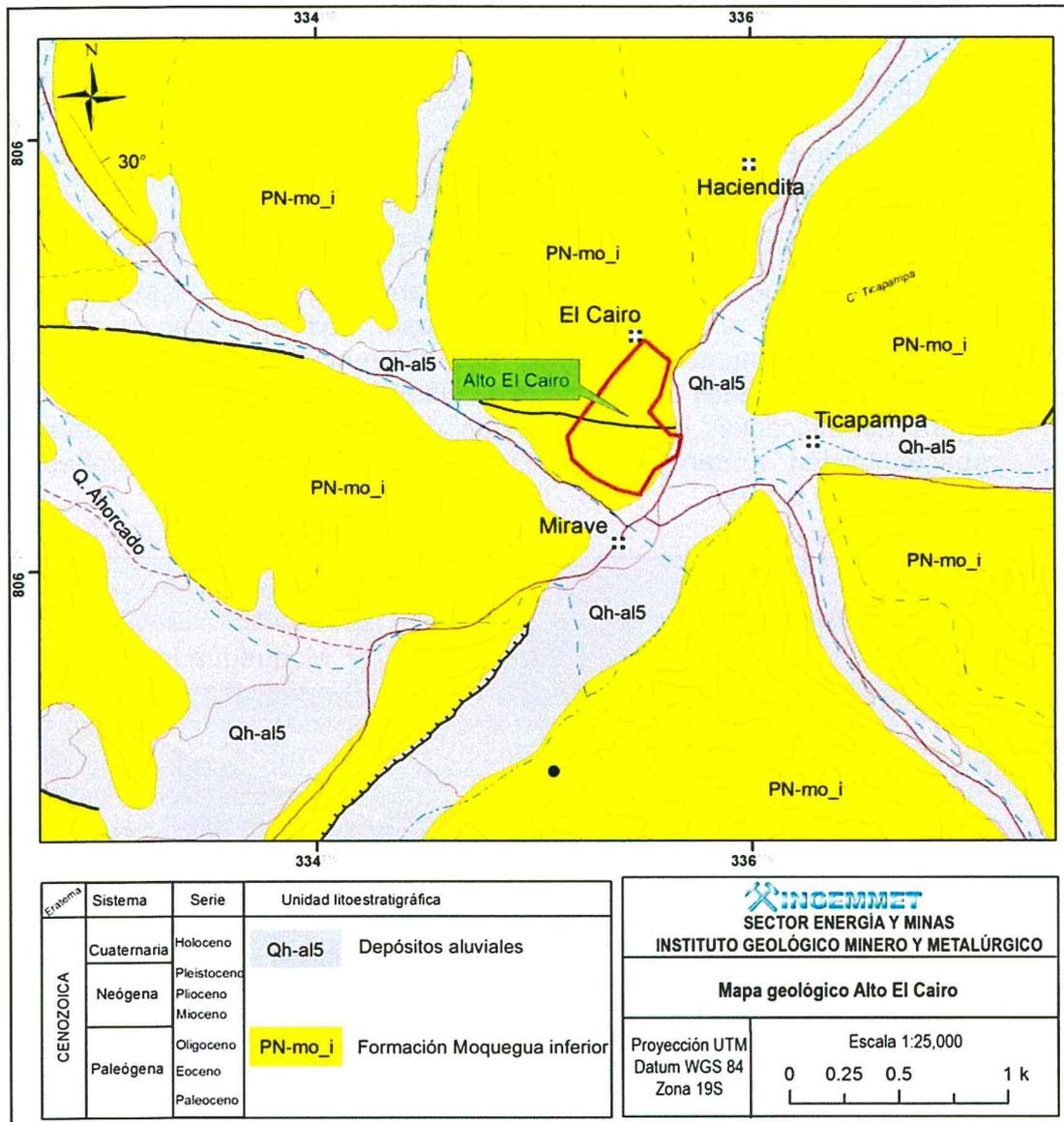


Figura 3. Mapa geológico del sector Alto El Cairo

**3.1.2 Sector Pampa Cuchillas:** En inmediaciones de Pampa Cuchillas, afloran depósitos correspondientes a las siguientes unidades litoestratigráficas:

- a) Formación Sotillo (P-So): Formación compuesta por depósitos de areniscas, limolitas rojas y arcosas según Jenks, W. (1948), de color gris con tonalidades rojizas. Se encuentra disconforme sobre rocas volcánicas del Jurásico e intrusivos Cretácicos, presenta estratificación paralela y

subhorizontal predominando depósitos lacustrinos en los niveles superiores. La transición con la Formación Moquegua está señalada por un banco de 15 a 20 cm de yeso. Estos depósitos afloran al noroeste de Pampa Cuchillas y tienen entre moderada a baja susceptibilidad a ser afectados por caídas de rocas (figura 5).

- b) Formación Moquegua - Miembro Superior (PN-mo\_s): Este miembro posee una litología areno-conglomerádica que sobreyace con débil discordancia a las capas del miembro inferior de la Formación Moquegua. El contraste de color y topografía entre los dos miembros de la Formación Moquegua es claro y visible a distancia y permite definir claramente el contacto. Su parte superior está parcialmente cubierta por un banco de tufo blanco del Volcánico Huaylillas, de 15 a 20 m de grosor. La litología del Moquegua superior es principalmente areno-conglomerádica y secundariamente se intercalan tufos, areniscas tufáceas, arcillas, tufos redepositados. Los depósitos son ligeramente friables y/o deleznable. Su grosor, textura y estructura de los depósitos varían de un sitio a otro. Estos depósitos afloran al este de Pampa Cuchillas y presentan moderada susceptibilidad a ser afectados por erosiones de ladera (figura 5).
- c) Formación Huaylillas (Nm-hu), con este nombre Wilson (1962) describe en el sector, una gruesa serie piroclástica, principalmente de tufos que cubren discordantemente a la Formación Moquegua. En el área Pampa Cuchillas la Formación Huaylillas está representada principalmente por tufos blancos riolíticos, compuestos por granos de cuarzo y laminillas de biotita dentro de una matriz de feldespatos. Afloran a manera de sombreros sobre las cumbres de algunas colinas. Estos depósitos presentan baja susceptibilidad a generar caídas de rocas. (figura 4).
- d) Depósitos cuaternarios: En la zona de estudio están compuestos por gravas, arenas, con clastos subredondeados a subangulares (figura 4). Presentan una matriz areno limosos asociados a flujos de barro y conos aluviales. Los depósitos se encuentran semiconsolidados.

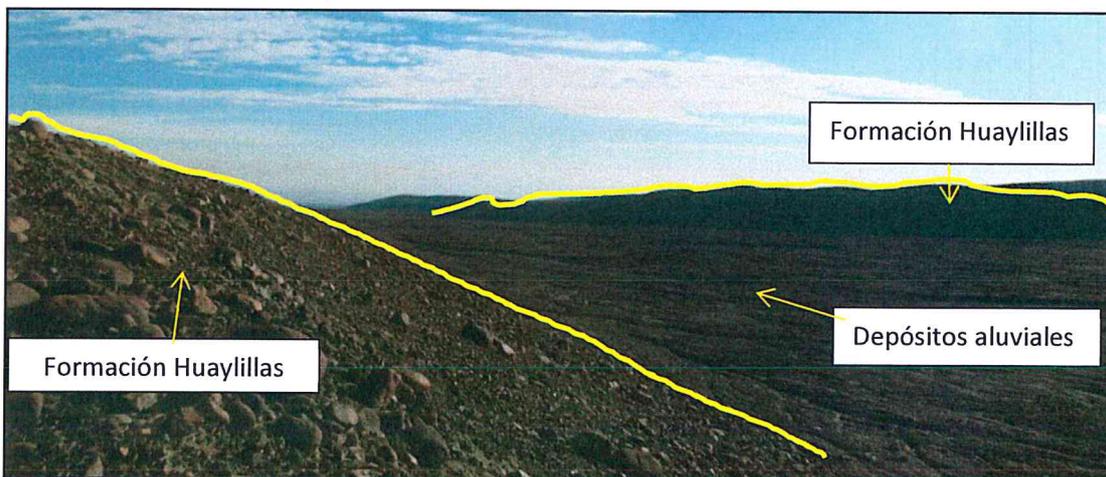


Figura 4. Muestra los depósitos de la Formación Huaylillas, y los depósitos Cuaternarios, en el sector Pampa Cuchillas.

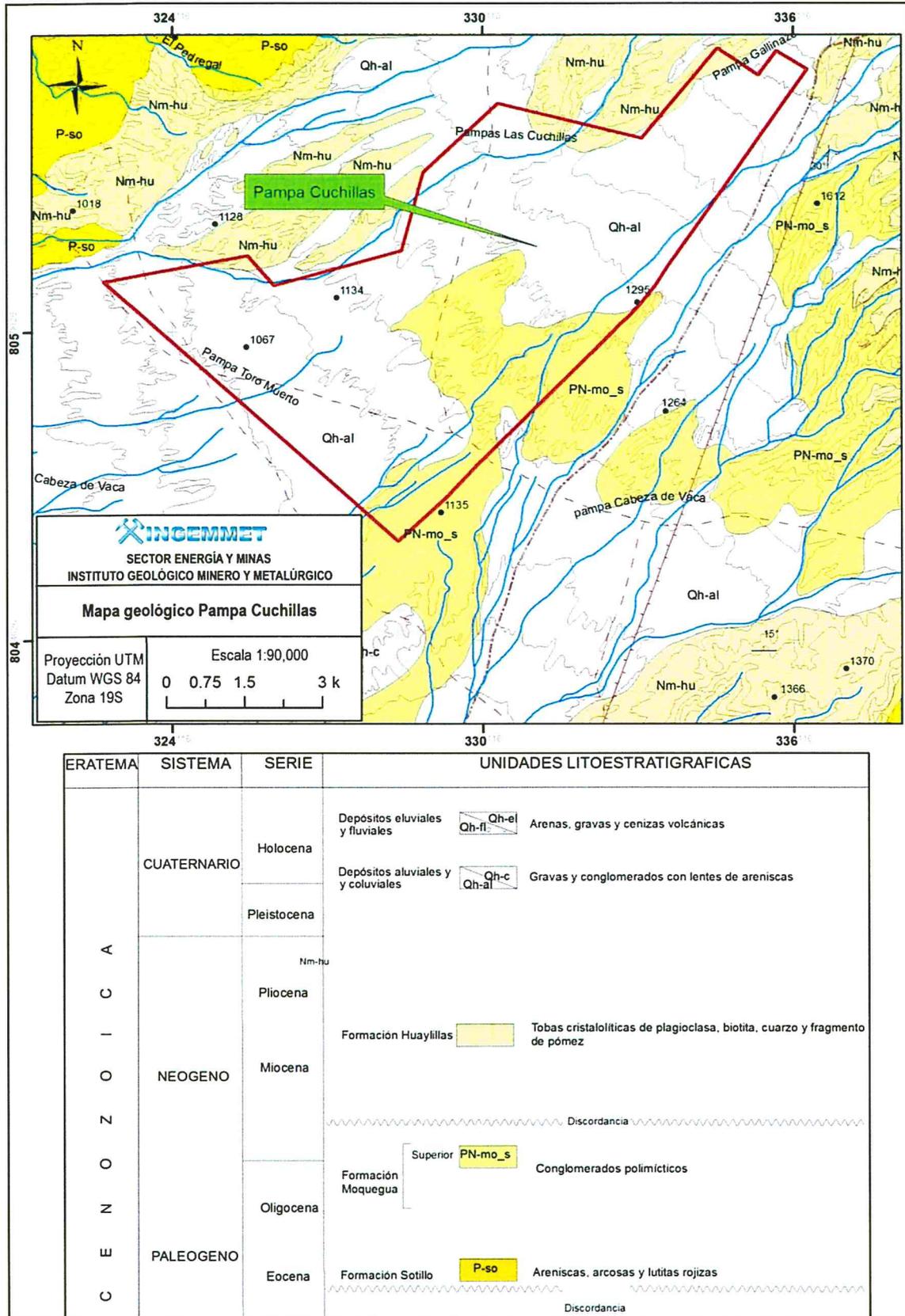


Figura 5. Mapa geológico del sector Pampa Cuchillas.

**3.1.3 Sector Nuevo Borogueña:** En inmediaciones del sector Alto Borogueña, afloran depósitos correspondientes a las siguientes unidades litoestratigráficas:

- a) Formación Toquepala (KsP-sa): Litológicamente está compuesta por derrames y flujos piroclásticos de composición andesíticos, dacíticos y riolíticos, con algunas intercalaciones lenticulares de rocas sedimentarias Wilson (1962). En la zona de estudio, estos depósitos están cubiertos por suelo retrabajado (figuras 6 y 8). Las laderas de las colinas de estos depósitos presentan moderada susceptibilidad a generar caídas de rocas.

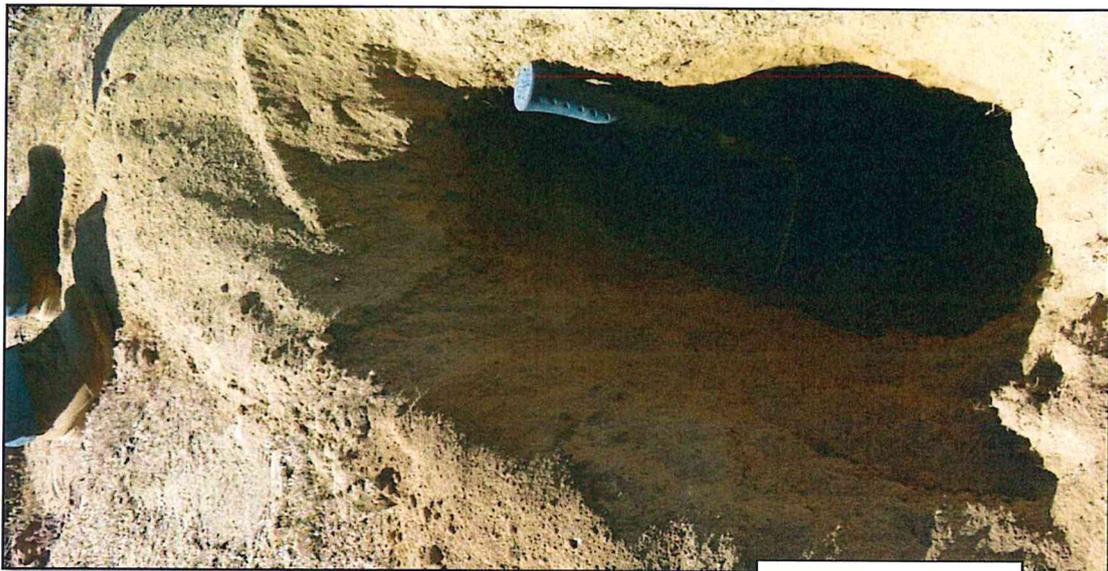


Figura 6. Calicata en el sector Alto Borogueña, se observa un nivel de suelo de 50 cm de espesor.

- b) Formación Huaylillas (Nm-hu): Wilson (1962) describe en el sector de Nuevo Borogueña, una gruesa serie piroclástica, principalmente de tufos. Las exposiciones de estas rocas forman colinas de suave pendiente 20°-30°. Estos depósitos tienen moderada susceptibilidad a generar caídas de rocas. (figuras 7 y 8).

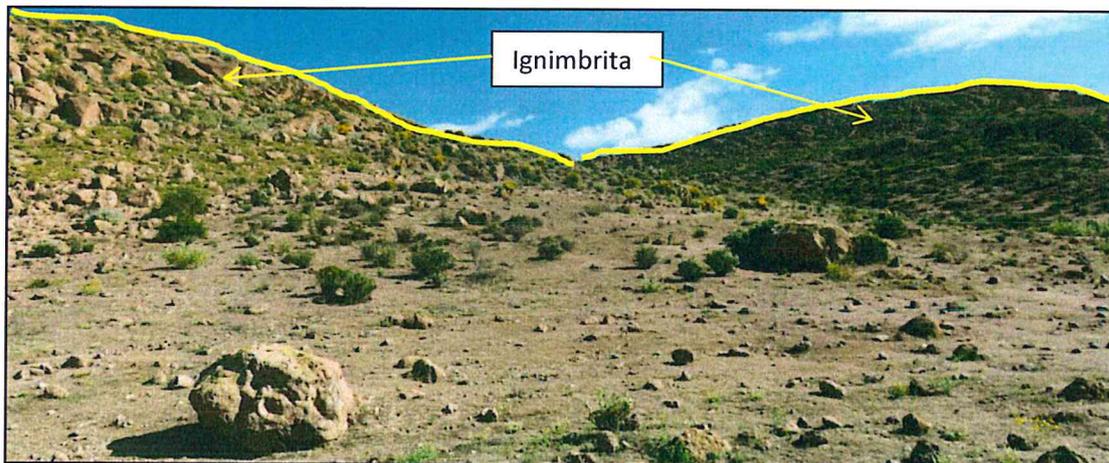
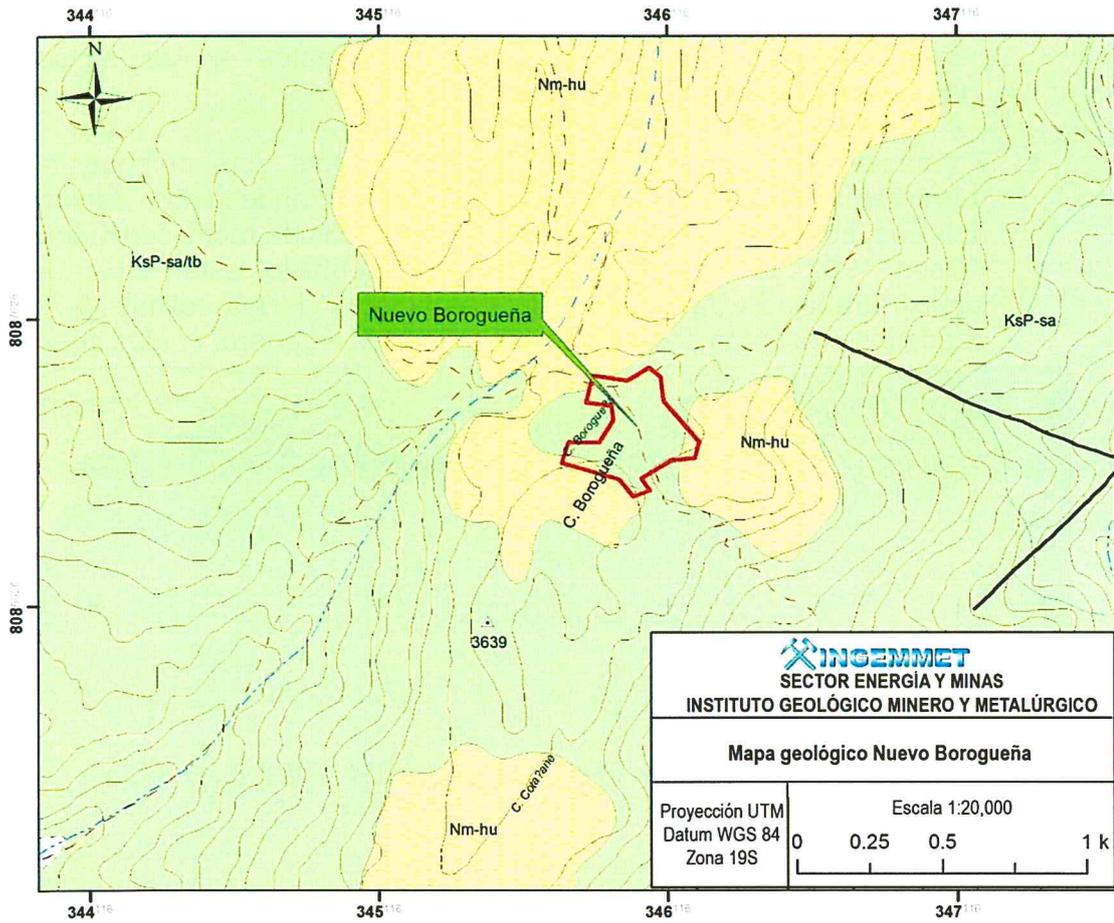


Figura 7. Muestra los depósitos de Ignimbrita en el sector Alto Borogueña



Eratema		Serie	Unidad litoestratigráfica
MESOZOICA	CRETÁCEO SUPERIOR		Gpo. Toquepala
			KsP-qu Fm. Quellaveco
			KsP-sa/tb Toba Samanape cristalolítica, brechada silicificada KsP-sa Andesita Samanapé porfírica, microporfírica y tobas vitrolíticas
	CENOZOICA	EOCENA	
		OLIGOCENA	
		MIOCENA	Nm-hu Fm. Huaylillas Tobas e ignimbritas riolíticas beige rosacea (18.15 ± 0.43 a 22.03 ± 0.51 Ma) PN-mo_i Fm. Moquegua inferior Conglomerado de clastos volcánicos e intrusivos en matriz arenosa arcillosa
NEOGENO	PLIOCENO		

Figura 8. Mapa geológico del sector Nuevo Borogueña

Desde el punto de vista geomorfológico las zonas de estudio están ubicadas dentro de las siguientes unidades geomorfológicas:

### 3.2 Unidades Geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son las siguientes:

- 3.2.1 Unidad de colinas y lomadas en rocas sedimentarias (RCL-rs):** Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente moderada a baja. Estas unidades presentan entre baja a moderada susceptibilidad a generar caídas de rocas en el sector de Nuevo Borogueña, Alto El Cairo y Pampa Cuchillas (figura 9).

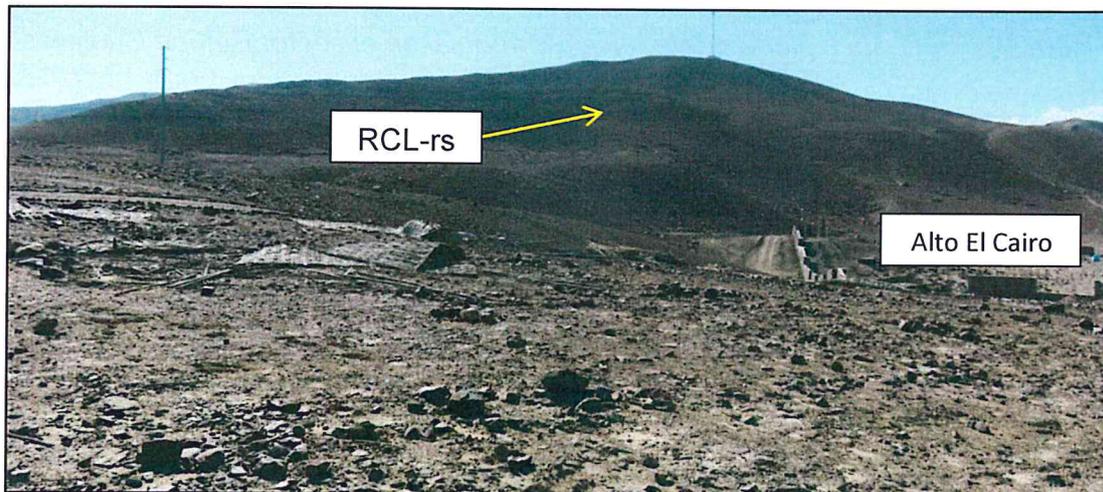


Figura 9. Muestra el sector Alto El Cairo, se puede observar colinas y lomadas en la parte alta.

- 3.2.2 Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Está 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, bolones y grava) en matriz limoarenarcilloso, depositado en forma de canchales en la confluencia entre la quebrada Mirave y río Salado. El sector Pampa Cuchillas se encuentra sobre estos depósitos y presenta alta susceptibilidad a ser afectado por flujos de detritos (figura 10).

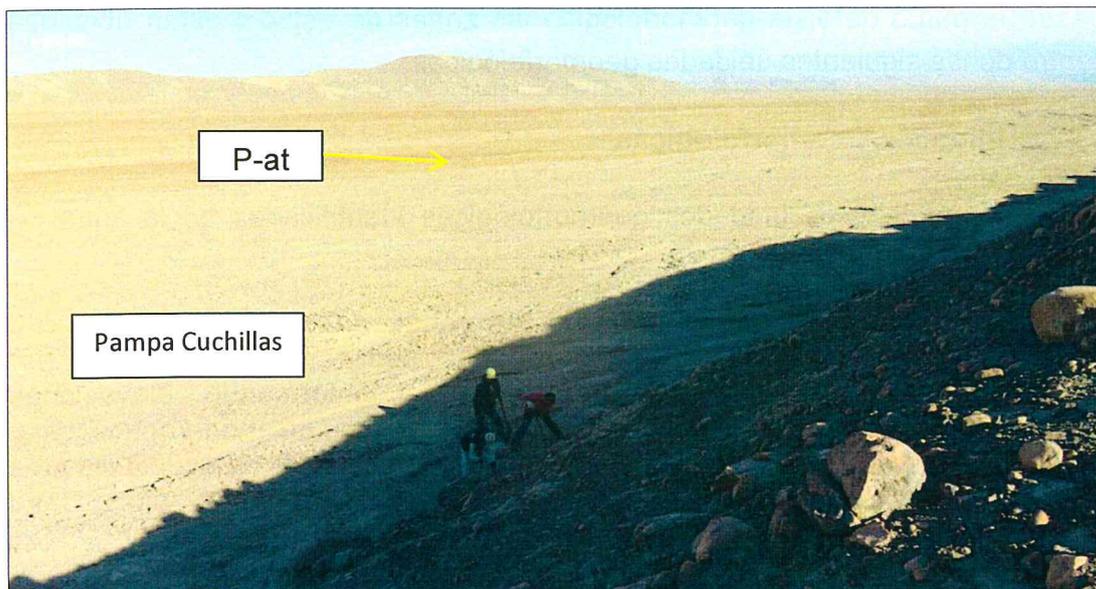


Figura 10. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial en el sector Pampa Cuchillas.

#### 4. ZONAS PROPUESTAS PARA LA REUBICACIÓN

##### 4.1 Sector Alto El Cairo:

Este sector se ubica en la margen izquierda de la quebrada Mirave. El lugar propuesto para la reubicación se encuentra a una altitud de 1323 m s.n.m, cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM, WGS84:

PUNTO	NORTE	ESTE
1	8067693	335623
2	8067542	335481
3	8067252	335269
4	8067142	335291
5	8067058	335385
6	8067000	335503
7	8066976	335599
8	8067092	335668
9	8067153	335697
10	8067160	335776
11	8067248	335794
12	8067255	335743
13	8067361	335643
14	8067433	335694
15	8067543	335727
16	8067599	335743

#### 4.1.1 Condiciones geológicas del sector

El área propuesta para reubicación en el sector alto El Cairo es de 209,324.99 m<sup>2</sup>. Geomorfológicamente esta zona se encuentra sobre una terraza alta (figura 11). Al norte colinda con colinas, compuestas por rocas de la Formación Moquegua, que consisten de depósitos areno-conglomerádicos no litificados. Las laderas de las colinas tienen pendientes entre 25° a 30°. Al sureste se encuentra colindante al río Salado, limitados por un acantilado que tiene una altura que varía de 20 a 40 m.

En la parte central del terreno propuesto para reubicación, se ubica un cementerio que tiene un área de 18,742.93 m<sup>2</sup>.

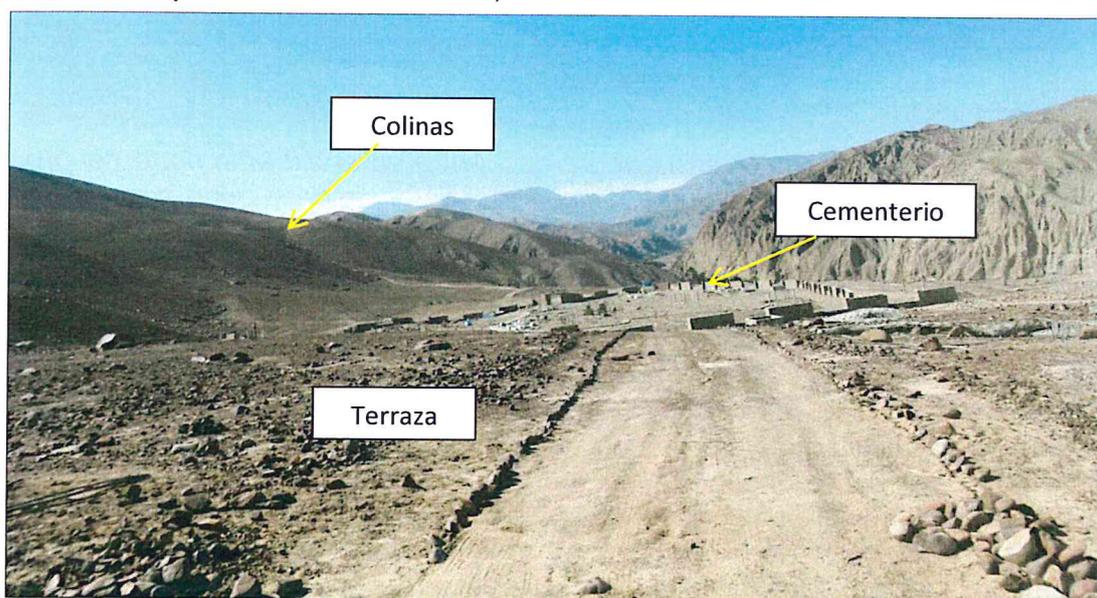


Figura 11: Sector Alto El Cairo, muestra terraza colindando a colinas sedimentarias. Al fondo se aprecia el cementerio de Mirave.

#### 4.1.2 Peligros Geológicos

Se identificaron procesos de flujos de detritos (huaicos) y erosiones de ladera (figura 14).

##### Flujos de detritos

En el extremo norte de la zona evaluada se observa una quebrada que tiene un ancho de hasta 6 m y una longitud de 220 m. Dentro de la quebrada se identificó flujos de detritos conformados por bloques de hasta 30 cm de diámetro y una matriz arena-limosa. En su desembocadura los flujos de detritos forman un abanico con una longitud de 130 m (figura 12). Además, en la superficie del depósito, se observó escorrentías recientes, por donde fluyó lodo y agua.

Las causas para la generación de flujos de lodo son: pendiente de las colinas, que varían de 20° a 30°. Mala calidad de roca conformada por conglomerados de la Formación Moquegua. Aporte de material suelto, producto de las erosiones

de ladera. El factor desencadenante para la formación de flujos de detritos son las precipitaciones pluviales.

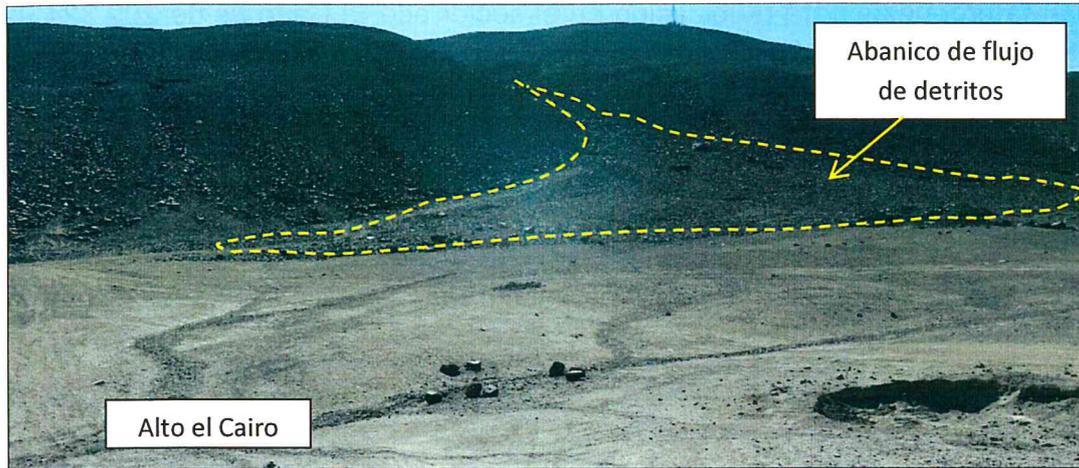


Figura 12: Vista de la quebrada que se encuentra en el extremo norte del área propuesta, se puede apreciar un abanico formado al pie de la quebrada.

### **Erosiones de ladera**

Los procesos de erosión en cárcava ocurren en toda el área de estudio (figura 13). En los cerros se observan procesos de erosiones de ladera, en forma de cárcavas y surcos. El sector Alto El Cairo se encuentra colindante a las terrazas del río Salado, limitados por un acantilado que tiene una altura que varía entre 40 a 70 m, donde se observa procesos de erosión de laderas, con aperturas entre 5 m a 10 m y profundidades variables entre 4 m a 8 m.

Las causas de erosiones de ladera son: roca de mala calidad que se erosiona fácilmente, conformada por bloques y gravas de la Formación Moquegua, en matriz areno-limososa. Pendiente de las colinas que varían entre 20° a 30° y del acantilado varía entre 50 a 60°.

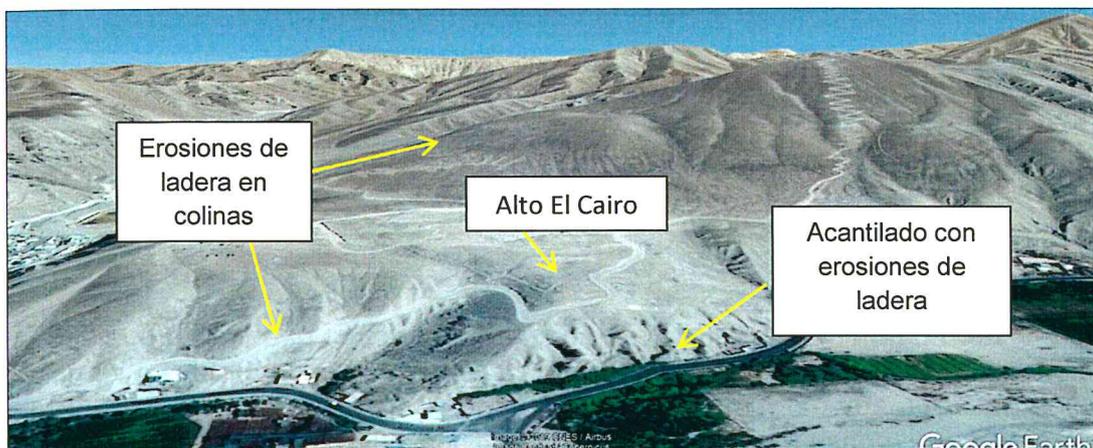


Figura 13. Se observan procesos de erosiones de ladera a manera de surcos y cárcavas, en laderas de colinas colindantes a la zona de reubicación de Alto El Cairo.

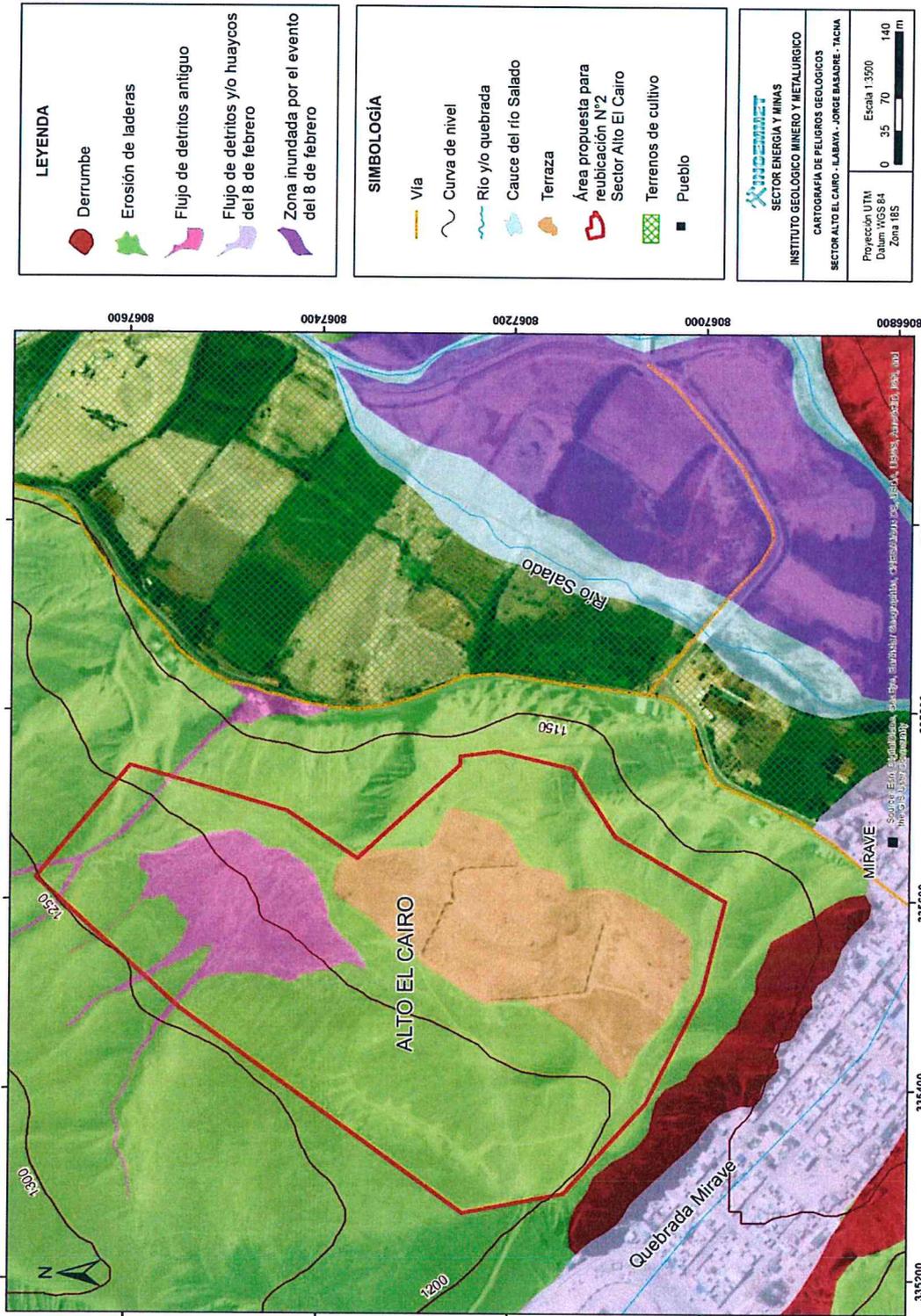
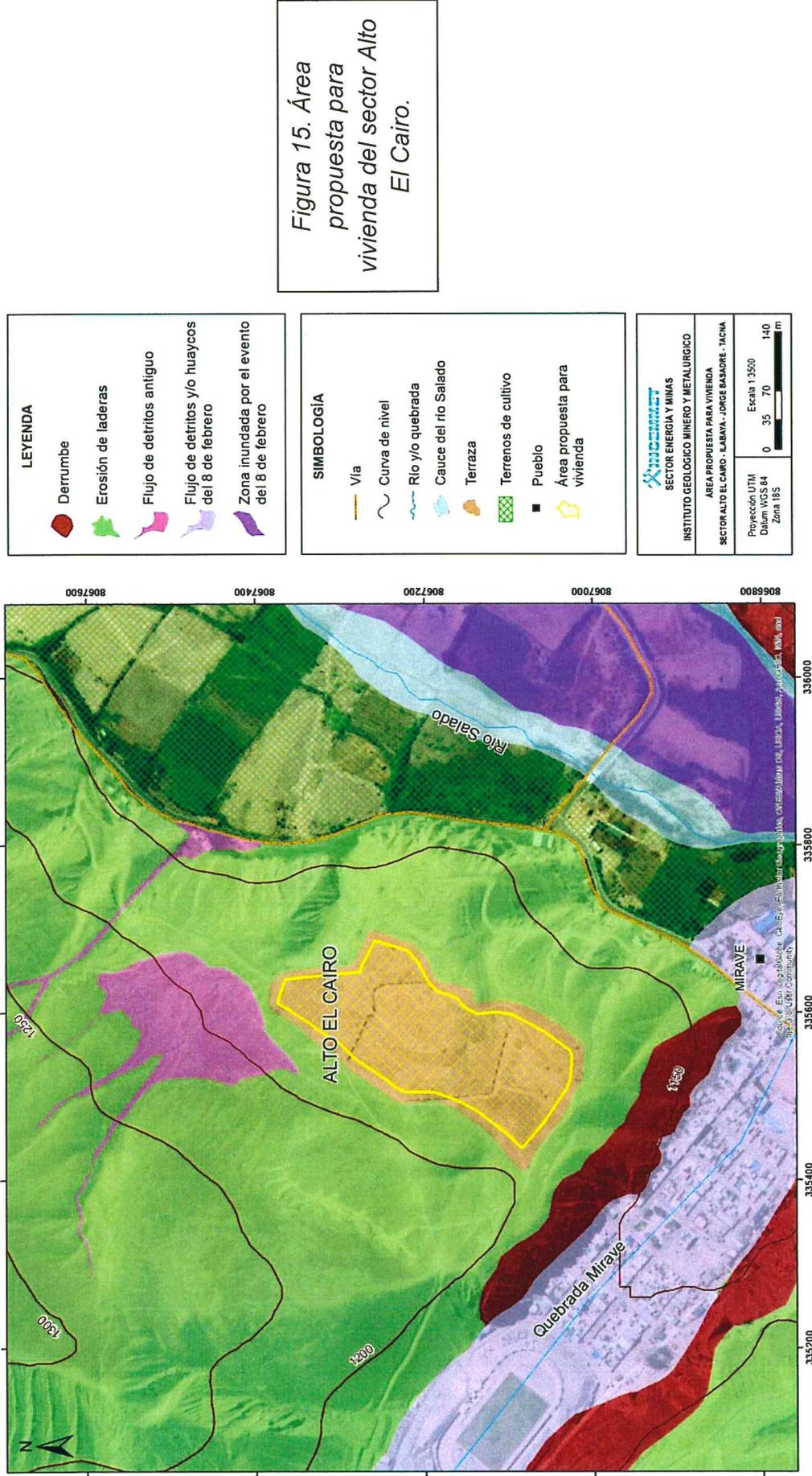


Figura 14. Mapa de peligros geológicos del sector Alto El Cairo.

Por los peligros geológicos identificados en el sector Ato El Cairo, se propone el polígono color amarillo (figura 15), como área para ser ocupadas por viviendas. El polígono tiene un área de 38,812.61 m<sup>2</sup>.



### 4.1.3 Recomendaciones:

- Por ningún motivo las viviendas se deben dirigir hacia el lado de la quebrada ubicada al norte de la zona evaluada.
- La población no debe habitar en los bordes del acantilado. Se debe guardar una distancia entre 20 y 30 m como franja. Esta franja debe ser forestada.
- Estudio de suelo, para determinar las características del suelo, con fines de cimentación.
- Efectuar estudios geotécnicos y de ingeniería de detalle para canalizar adecuadamente los flujos de detritos en la quebrada al extremo norte de la zona evaluada. La canalización de los flujos se debe realizar respetando el cauce natural de la quebrada.
- Para evitar inundaciones y/o filtraciones a causa de lluvias excepcionales, se debe construir sistemas de drenajes respetando el drenaje natural al norte de la zona evaluada.
- Para las laderas colindantes, se debe plantear la construcción de muros de contención, así como el reforzamiento de los taludes inestables por ejemplo mallas. Para ello se necesita el asesoramiento de un geotecnista.

### 4.2 Sector Nuevo Borogueña:

El área propuesta en el sector Borogueña es de 107,315.28 m<sup>2</sup>. Este sector se ubica a 2 km al noreste del pueblo de Borogueña. El lugar propuesto se encuentra a una altitud de 3622 m.s.n.m., cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM, WGS84:

PUNTO	NORTE	ESTE
1	8087456	346055
2	8087411	345979
3	8087429	345860
4	8087334	345837
5	8087324	345924
6	8087273	345931
7	8087196	345881
8	8087196	345774
9	8087124	345751
10	8087067	345951
11	8087007	346000
12	8087027	346058
13	8087069	346028
14	8087133	346132
15	8087141	346214
16	8087196	346229
17	8087340	346106
18	8087423	346095

#### 4.2.1 Condiciones geológicas del sector

Geomorfológicamente la zona de estudio se encuentra sobre una planicie de flujo piroclástico, bordeado por colinas de rocas volcánicas de la Formación Huaylillas (figura 16). La planicie de flujo piroclástico tiene una pendiente menor de 3° y está compuesto por tobas soldadas de la Formación Toquepala, cubierto por suelo retrabajado que tienen 50 cm de espesor. Las pendientes de las laderas de las colinas se encuentran entre 25° a 30°.

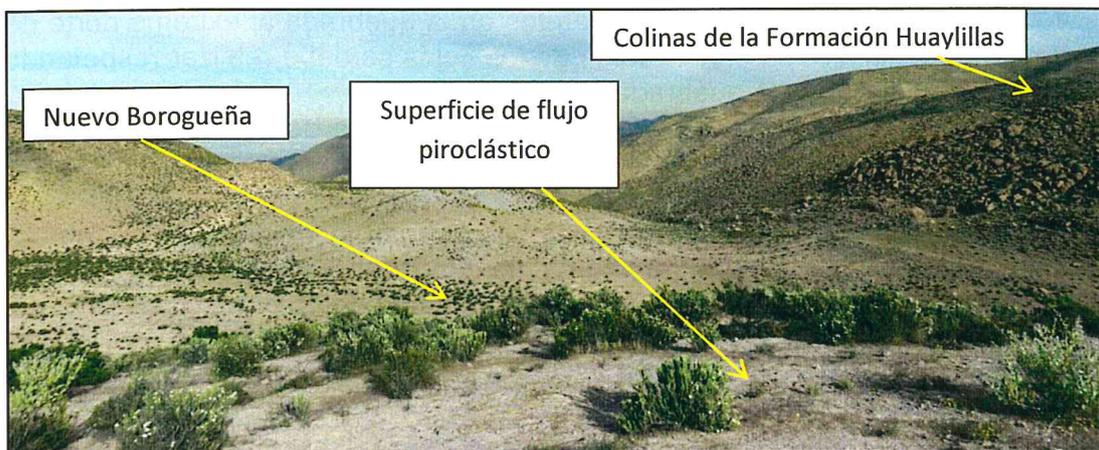


Figura 16. Sector Nuevo Borogueña, se puede observar las colinas de la Formación Huaylillas y la planicie de flujo piroclástico.

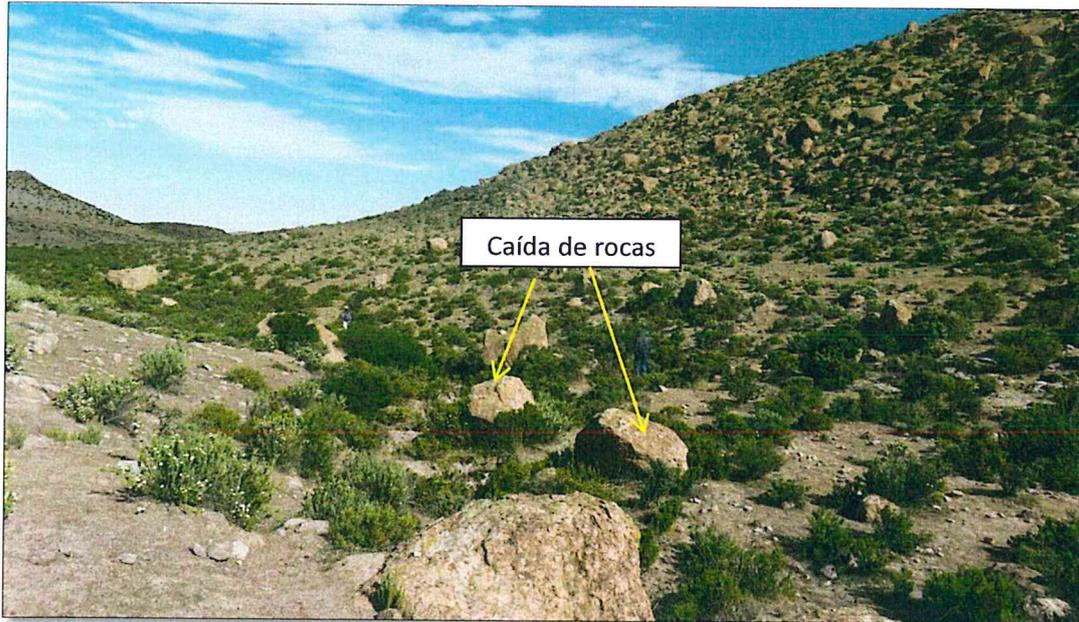
#### 4.2.2 Peligros geológicos

Se identificaron procesos de caídas de rocas (figura 19).

##### Caída de rocas

Las colinas presentan buzamientos entre 25° y 30°, y en sus laderas se observa bloques caídos de hasta 1.5 m de diámetro (figura 17). Los bloques presentan fracturamiento leve a moderado y tienen entre 4 a 7 fracturas por metro, las discontinuidades son rugosas y se encuentran levemente alteradas.

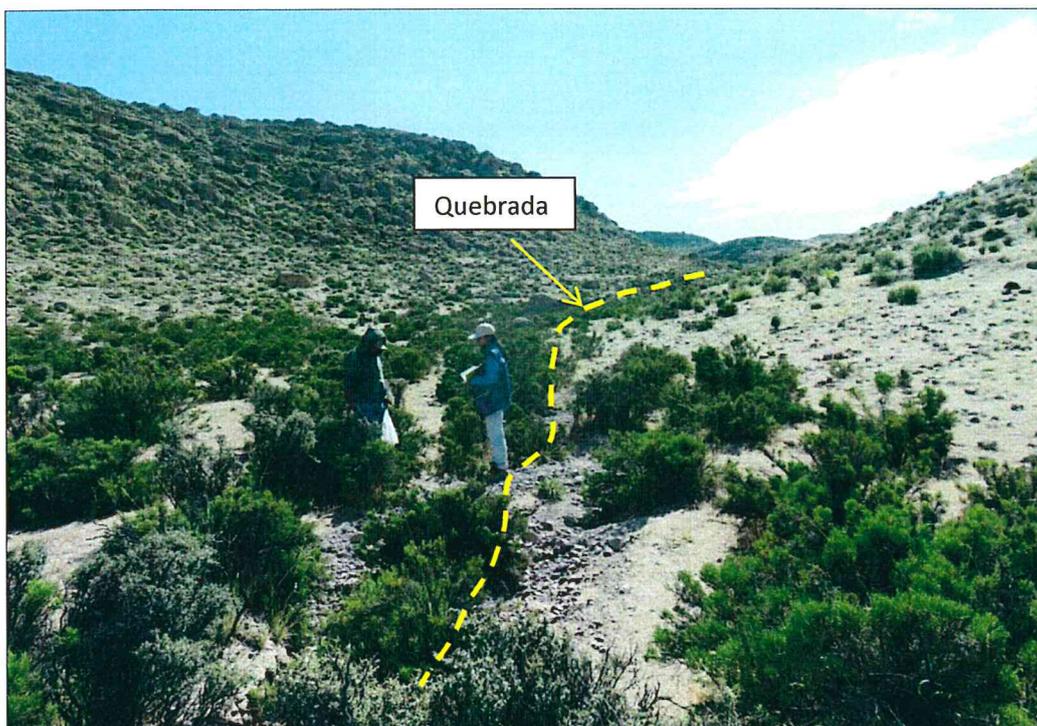
Las causas de las caídas de rocas son: roca moderadamente fracturada. Pendiente de las laderas que varían de 25° a 30°.



*Figura 17: Laderas de las colinas, se observa bloques caídos de ignimbritas de hasta 1.5 m de diámetro.*

Cabe mencionar que, al límite por el lado noreste del terreno, se encuentra una quebrada de 40 m de ancho y 300 m de largo, con una pendiente de menor a 5° (figura 18). Dentro de la quebrada se observa gravas compuestas por rocas volcánicas de hasta 5 cm de diámetro, de formas redondeadas a subredondeadas que son transportadas desde la parte alta de la quebrada en tiempo de lluvias. También se observa bloques de hasta 2 metros de diámetro, que provienen de la parte alta de las colinas.

En caso de intensas lluvias en este sector, los materiales sueltos dentro de la quebrada podrían ser arrastrados por el agua hacia la planicie de flujo piroclástico.



*Figura 18: Quebrada al límite noreste del terreno Borogueña. Se observa gravas de hasta 5 cm y bloques de hasta 2 metros de diámetro.*

#### **4.2.3 Recomendaciones:**

Para habitar el área se deben tener las siguientes recomendaciones:

- Arborizar las áreas en los bordes del sector Nuevo Borogueña (figura 20).
- No ocupar como área para vivienda, los cauces de las quebradas.
- Para la quebrada al límite noreste del terreno Nuevo Borogueña, se debe diseñar un canal hidráulico mediante estudios geotécnicos y de ingeniería de detalle, con el fin de canalizar el agua en tiempo de lluvias.
- La expansión urbana por ningún motivo debe realizarse en los bordes de las laderas. Se debe guardar una distancia entre 20 y 30 m como franja.
- Estudio de suelo, para determinar las características del suelo, con fines de cimentación.
- Se recomienda desquinchar los bloques sueltos e inestables (suspendidos) en los taludes de las colinas.
- Se debe estabilizar los taludes de las laderas colindantes. Se pueden colocar barreras de contención contra la caída de rocas como por ejemplo mallas.

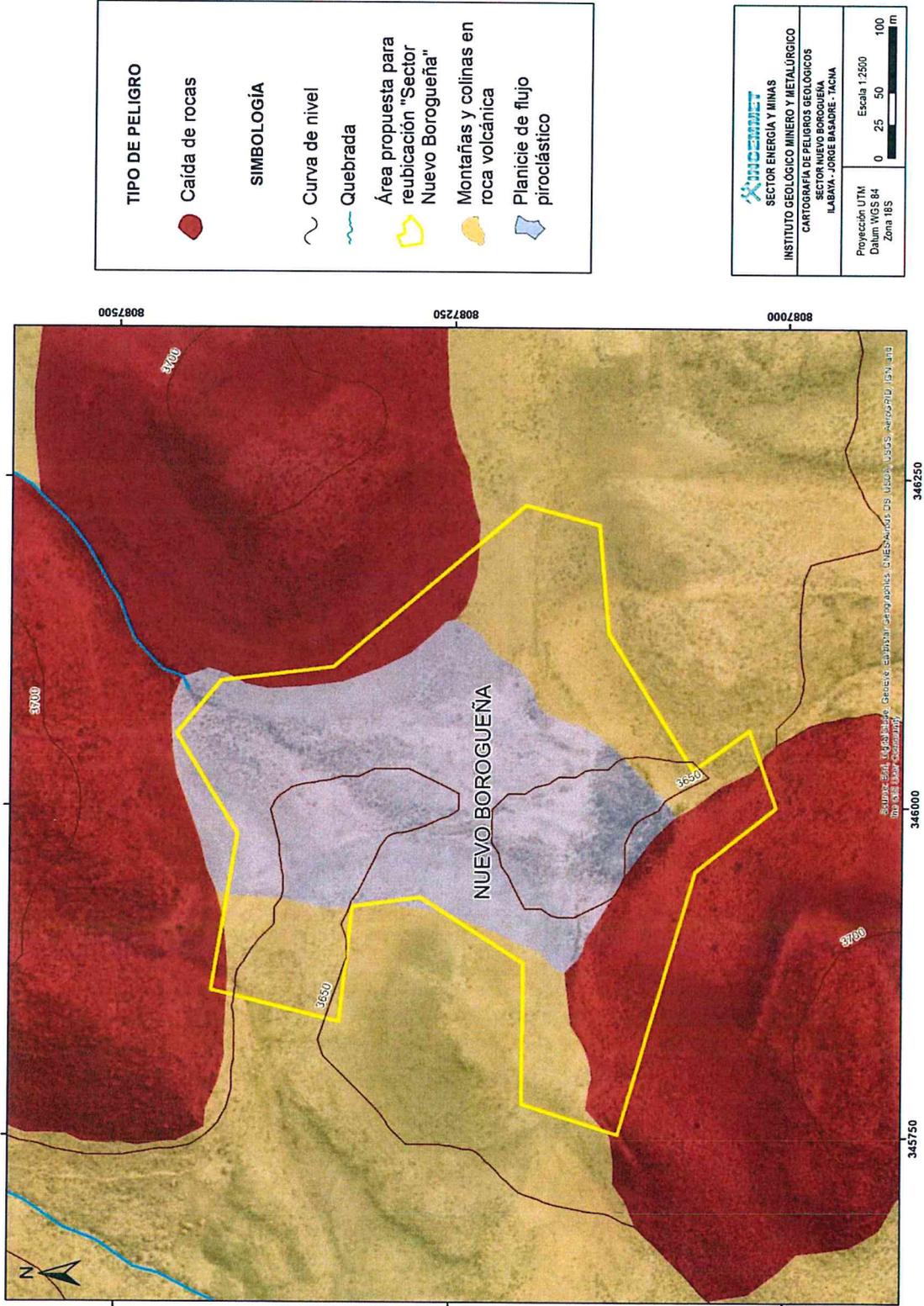


Figura 19. Mapa de peligros geológicos del sector Nuevo Borogueña.

Por los peligros geológicos identificados en el sector Nuevo Borogueña, se propone el polígono color naranja (figura 20), como área para ser ocupadas por viviendas. El polígono tiene un área de 42,252.14 m<sup>2</sup>.

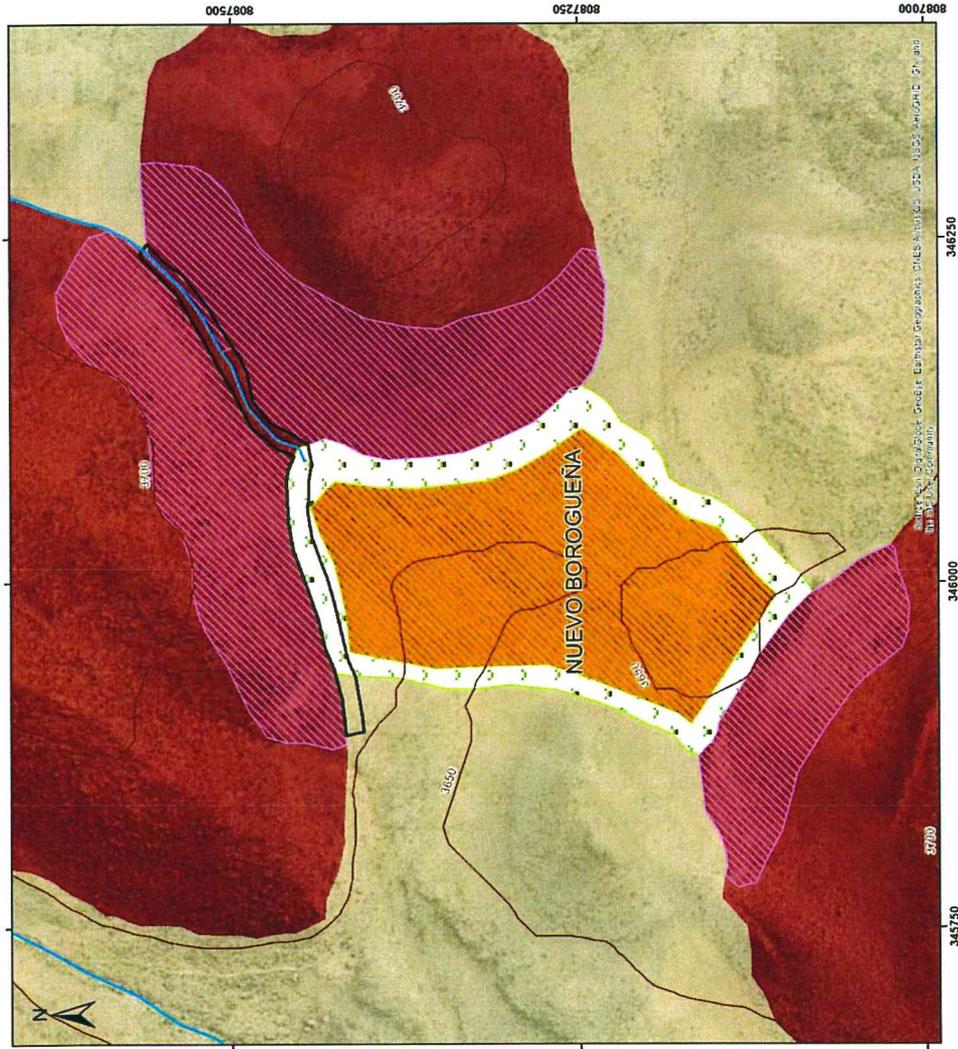


Figura 20. Áreas propuestas para vivienda y medidas correctivas del sector Nuevo Borogueña.

TIPO DE PELIGRO	SIMBOLOGIA	MEDIDAS CORRECTIVAS
Caída de rocas	Curva de nivel	Área propuesta para arborización
	Cauces de quebradas	Área propuesta para construcción de un canal hidráulico
	Colinas en roca volcánica	Área propuesta para realizar desquinche de bloques y colocar barreras de contención
	Área propuesta para vivienda	

Proyección UTM  
 Datum WGS 84  
 Zona 18S

Escala 1:2500

0 25 50 100 m

### 4.3 Sector Pampa Cuchillas:

Este sector se ubica a 13 km al sureste del pueblo de Mirave. El lugar propuesto para reubicación se encuentra a una altitud de 1323 m.s.n.m, cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM, WGS84:

PUNTO	NORTE	ESTE
1	8051595	322803
2	8052104	325572
3	8051528	326088
4	8052204	328554
5	8053730	328974
6	8055069	330414
7	8054391	333201
8	8056148	334652
9	8055625	335448
10	8056091	335800
11	8055733	336394
12	8053907	335105
13	8053178	334595
14	8052399	334046
15	8051933	333715
16	8051521	333452
17	8051183	333180
18	8050902	332921
19	8050774	332768
20	8050617	332630
21	8048027	330000
22	8047412	329426
23	8046845	328803
24	8046558	328486

#### 4.3.1 Condiciones geológicas del sector

En el área propuesta para reubicación en Pampa cuchilla es de 48'919,900.25 m<sup>2</sup>. Geomorfológicamente esta zona se encuentra sobre una vertiente o piedemonte aluvio – torrencial. Tiene pendientes menores a 5° y está compuesto por acumulación de sedimentos clásticos del Terciario Superior y Cuaternario. En la margen derecha e izquierda del terreno, se observan colinas de hasta 10 metros de alto conformadas por tobas de la Formación Huaylillas.

#### 4.3.2 Peligros geológicos

Se identificaron procesos de erosiones de ladera y flujos de detritos (figura 23).

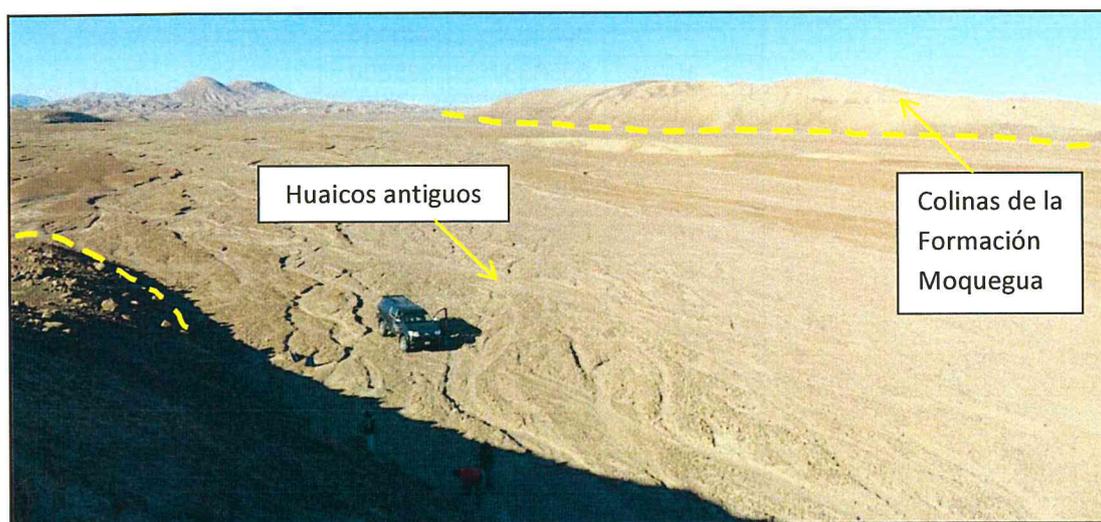
### Erosiones de ladera

En las laderas de las colinas de las Formaciones Huaylillas y Moquegua se apreció procesos de erosiones de ladera, que presentan anchos hasta de 4 m, con profundidades entre 1 a 5 m.

Las causas son: roca de mala calidad de la Formación Moquegua, no litificada, que está conformada por gravas y bloques en matriz limo-arenosa. El factor detonante son las lluvias intensas.

### Flujos de detritos (huaicos)

De acuerdo a la interpretación de imágenes satelitales y a lo observado en la inspección técnica de campo, se identificó varios ramales o brazos en la pampa, producto de la ocurrencia de antiguos huaicos y recientes (figura 21).



*Figura 21. Sector Pampa Cuchillas, se puede observar la extensa planicie, el cual está relleno por depósitos de huaicos antiguos y recientes. También se observa las colinas de la Formación Moquegua*

A través de una calicata de 1.30 m de profundidad encontrada en el sector Pampa Cuchilla, se pudo observar varias capas de depósitos de flujos de lodos y/o Huaicos (figura 22). Las capas más gruesas tienen bloques entre 5 y 10 cm de diámetro, mientras que las capas más finas están compuestas por gravas con diámetros menores a 1 cm. Los bloques y gravas son de origen volcánico y tienen formas subredondeadas a subangulosas; englobados en una matriz limo-arenosa.



*Figura 22: Calicata en Pampa cuchillas, muestra diferentes niveles de flujos de lodos.*

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.

Por los depósitos encontrados en el sector Pampa Cuchillas, es probable que se hayan ocurrido lluvias excepcionales, donde se generaron flujos que llegaron a formar el piedemonte aluvio – torrencial.

Por lo tanto, por las condiciones antes expuestas, no es conveniente la reubicación del poblado de Mirave en el Sector Pampa Cuchillas, porque se puede generar nuevos flujos de forma excepcional que pondrían en riesgo a la población.

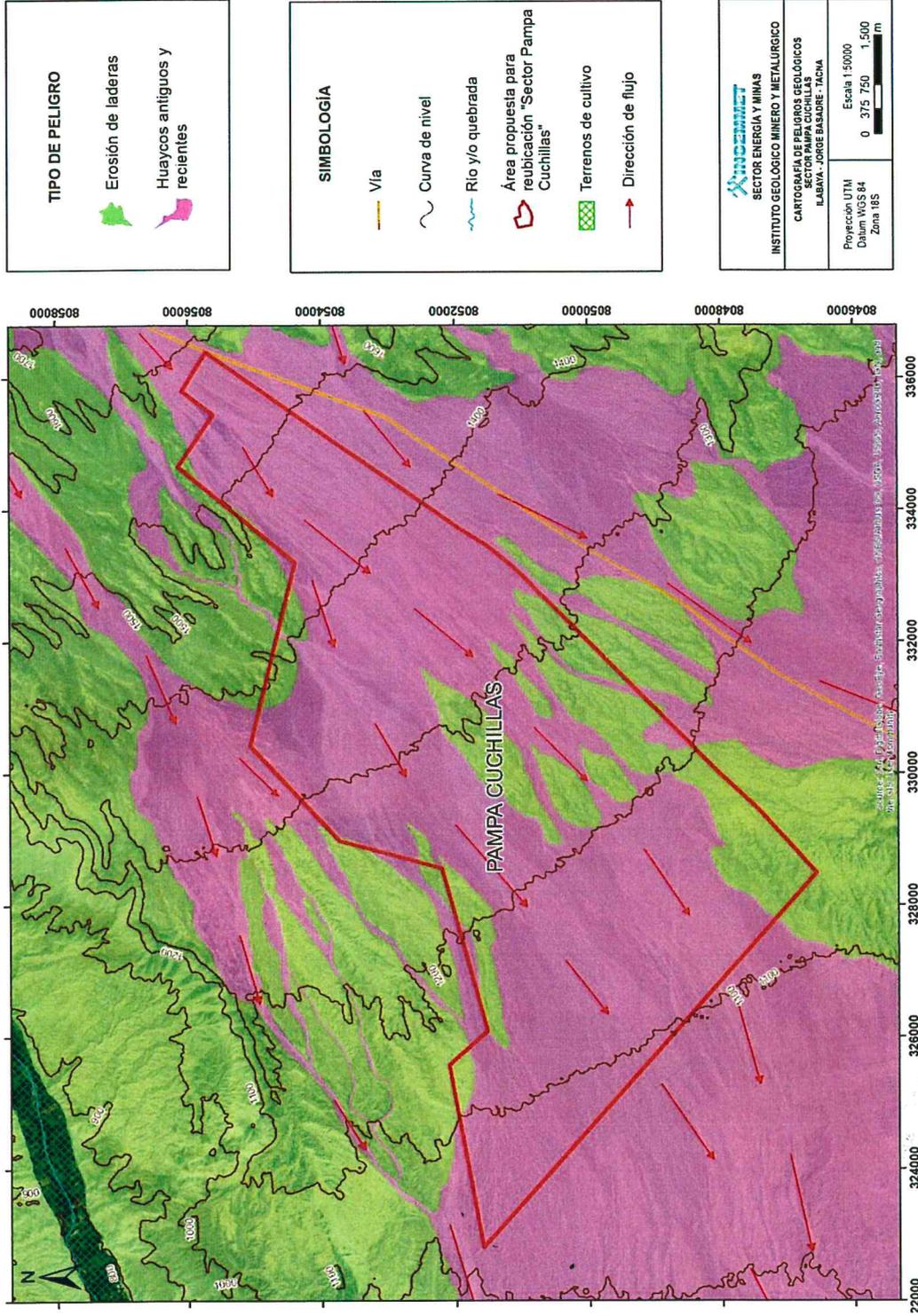


Figura 23. Mapa de peligros geológicos del sector Pampa Cuchillas.

## 5. CONCLUSIONES

1. En las laderas de las colinas del sector Alto el Cairo ocurren procesos de erosiones de ladera en forma de surcos y cárcavas, así como flujos de detritos al norte del área propuesta. Este sector es apto para la reubicación. Sin embargo, se deben considerar las recomendaciones de los ítems 4.1.3.
2. En el sector Nuevo Borogueña se ha identificado procesos de caídas de rocas. Este sector es apto para la reubicación. Sin embargo, se deben considerar las recomendaciones de los ítems 4.2.3.
3. El sector de Pampa Cuchillas no es apto para la reubicación del poblado de Mirave. En este sector se identificó procesos de flujos de detritos y de lodo de ocurrencia excepcional, que han cubierto toda la pampa y que de activarse pondrían en riesgo a la población.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Es necesario que se realice estudios de suelos y una microzonificación sísmica en zonas propuestas Borogueña y Alto El Cairo, con el fin de conocer la capacidad portante y estructura de los suelos de cimentación.
2. Previo a que los terrenos sean ocupadas por viviendas, las laderas de las zonas colindantes a las colinas deben ser estabilizadas con algún tipo de enmallado y vegetación.
3. Estabilizar los taludes afectados por erosión en cárcava. Para reducir la erosión en cárcava construir obras hidráulicas y de control de erosión, mediante diques transversales como trinchos de madera, de enrocado o gaviones. El objetivo de esta medida, es disminuir la energía del agua y retener sedimentos.

  
.....  
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

  
.....  
JESSICA CAROLINA VELA VALDEZ  
INGENIERA GEÓLOGA  
CIP N° 215198

## REFERENCIAS

Eleodoro B. (1979). Geología del cuadrángulo de Moquegua. Boletín N° 7 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hoja 35-u). INGEMMET.

Jaén La Torre (1965). Geología del cuadrángulo de Tarata, Boletín N° 11 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hoja 35-v). INGEMMET.

Jenks, W. (1948). Geología del Cuadrángulo de Arequipa de la Carta Nacional del Perú. Inst. Geol. Del Perú, Bol. N° 9.

Sigfrido Narvaez (1964). Geología de los cuadrángulos Ilo y Locumba, Boletín N° 7 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 36- t y 36- u). INGEMMET.

Wilson, J. (1962). Geología de los Cuadrángulos de Pachía y Palea. Carta Geológica Nacional, Vol. 2, N° 4.

INGEMMET

INGEMMET