

Informe Técnico N° A6693

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL TERRENO DE LA POLICIA NACIONAL DEL PERÚ

Región Arequipa  
Distrito de Chiguata



POR:

MARCO RIVERA PORRAS  
MANUEL VÍLCHEZ MATA

SEPTIEMBRE 2015

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS .....	1
3.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	1
4.	GEOMORFOLOGÍA.....	3
	a. Planicie volcanoclástica disectada.....	3
	b. Colinas y lomadas volcanoclásticas .....	3
5.	GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	4
	a. Depósito de avalancha de escombros (DA-pi).....	6
	b. Depósito de avalancha de escombros (DA-m).....	6
	c. Depósito de flujos piroclásticos de escoria y flujos de pómez (FPP-m2).....	7
	d. Flujo piroclástico de pómez y ceniza y caídas de pómez (FPP-m3) .....	8
	e. Depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas (FPB-m) .....	8
	f. Depósito de caída de lapilli de pómez (CP-m2).....	9
	g. Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza (FPPL-m).....	9
	h. Depósitos de lahar (LH-m) .....	10
	i. Depósitos aluviales (AL) .....	10
6.	PELIGROS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	10
	6.1 Peligros volcánicos.....	10
	6.2 Peligros por movimiento en masa .....	11
7.	CONCLUSIONES.....	12
8.	RECOMENDACIONES .....	12
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	13

## 1. INTRODUCCIÓN

El Director General de Infraestructura del Ministerio del Interior, mediante el oficio N° 1407-2015/IN-DGI, de fecha 14 de agosto, dirigida al Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, solicitó la evaluación de riesgos del área del predio de la Policía Nacional del Perú ubicado en el distrito de Chiguata, provincia y departamento de Arequipa, para determinar si este se encuentra ubicado en una zona de peligro volcánico y los riesgos que se puedan presentar en un futuro. Para la realización de dicha inspección se designó al Dr. Marco Rivera y Ing. Manuel Vilchez, especialistas en evaluación de peligros geológicos del INGEMMET.

En el presente trabajo, se muestra las características geológicas de la zona de estudio. Asimismo, se hace una evaluación sobre el posible impacto en la zona de estudio, ligado a una eventual erupción del volcán Misti y a procesos de remoción en masa.

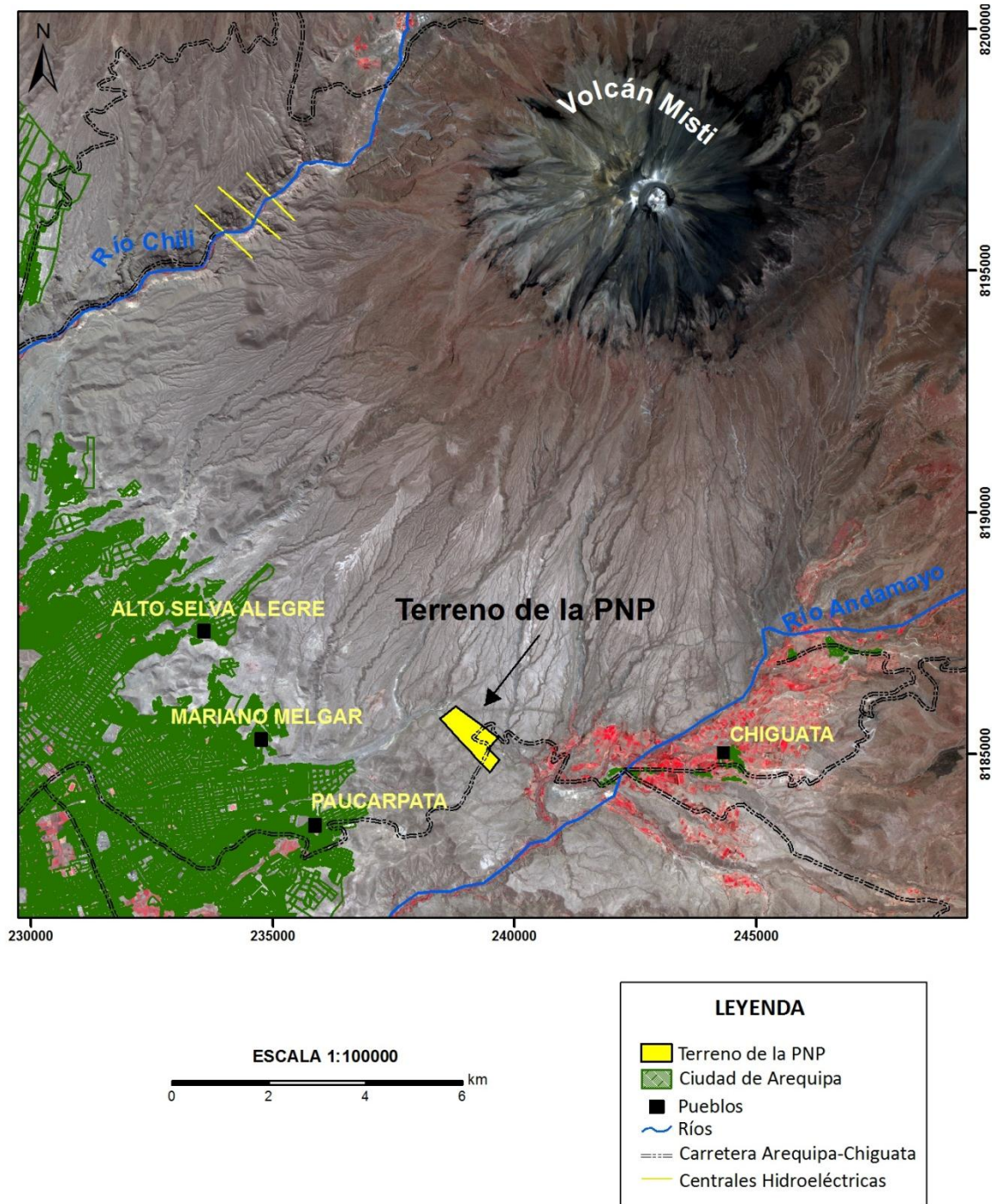
## 2. OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivo:

- Determinar los posibles peligros volcánicos que pudieran afectar a la propiedad de la Policía Nacional del Perú, ubicado en el distrito de Chiguata.

## 3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El predio está ubicado en el distrito de Chiguata, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. Geográficamente se ubica a 11.5 km al suroeste del volcán Misti, en las coordenadas UTM-WGS 8185570 N y 238646 E (*Figura 1 y Foto 1*) a una altitud de 2875 m.s.n.m. Se accede por la carretera Arequipa-Chiguata.



*Figura 1: Imagen satelital Rapideye, donde se muestra el área de estudio.*



*Foto 1: Vista del terreno de la PNP ubicado al pie del flanco suroeste del volcán Misti.*

#### **4. GEOMORFOLOGÍA**

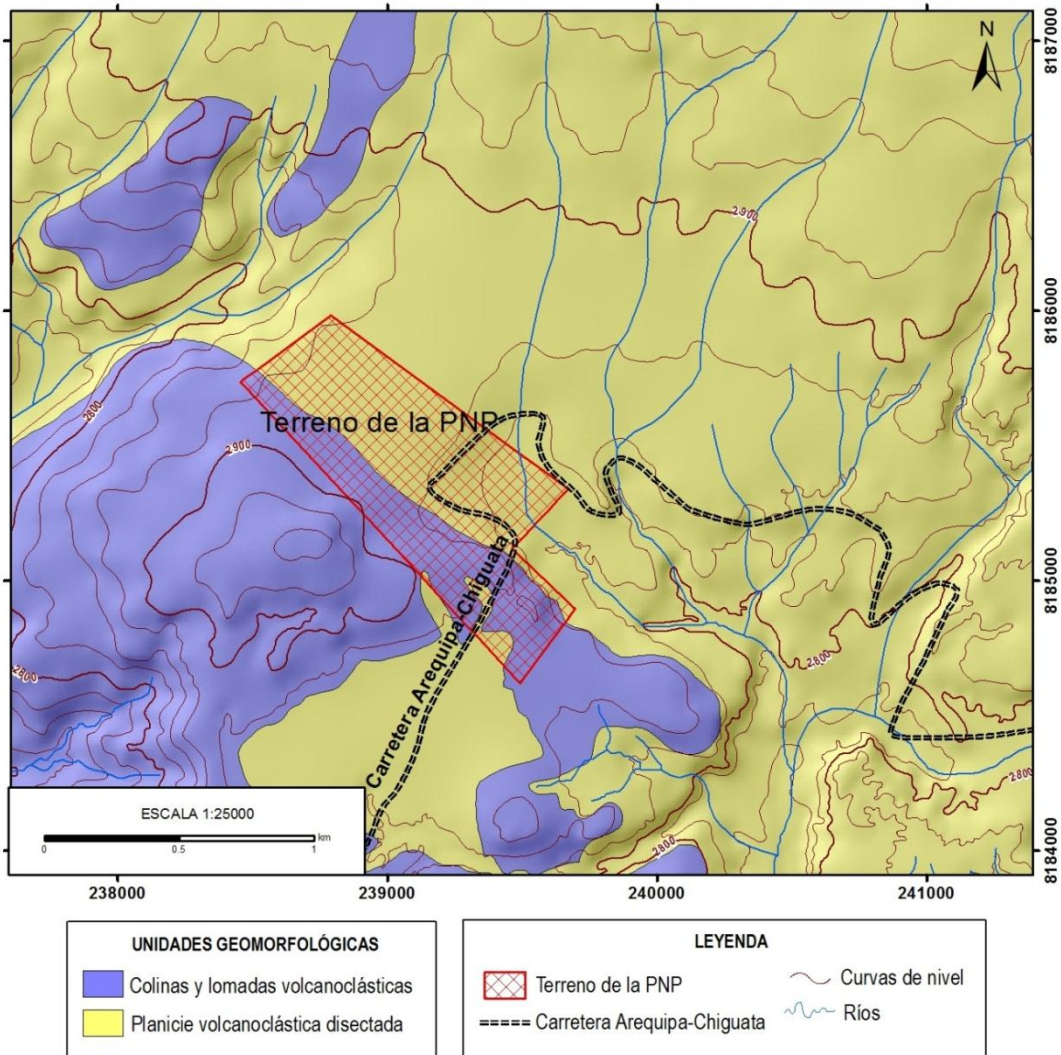
Las unidades geomorfológicas identificadas donde se localiza la zona inspeccionada, así como en la periferia son:

##### **a. Planicie volcanoclástica disectada**

Corresponde a una superficie elevada y de relieve predominantemente llano (*Figura 2*), constituida por una secuencia interestratificada de caídas de lapilli de pómez, secuencias de flujo piroclástico de bloques y ceniza, y niveles de flujos de barro, surcada por quebradas poco profundas y angostas generados debido a la precipitación pluvial.

##### **b. Colinas y lomadas volcanoclásticas**

Unidad geomorfológica resultante del material que colapsó del flanco oeste del volcán Pichu Pichu y del flanco sur del volcán Misti. Esta se movilizó y depositó a cierta distancia, formando un relieve de colinas y lomadas (*Figura 2*).



**Figura 2:** Mapa Geomorfológico de la zona de estudio y sus alrededores.

## 5. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se tienen varios trabajos sobre la geología del volcán Misti, entre ellos: Legros (1998); Suni (1999); Navarro (2000); Thouret et al., (2001) y Mariño et al., (2015). Los resultados muestran que el volcán Misti se construyó durante cuatro etapas: “Misti 1” (833000 a 112000 años), “Misti 2” (120000 a 40000 años), “Misti 3” (40000 a 11000 años) y “Misti 4” (menos de 11000 años), (Figura 3). Durante estas etapas el volcán presentó erupciones explosivas violentas que emplazaron variados tipos de depósitos volcánicos. A continuación se hace una breve descripción de los depósitos encontrados en el área de estudio y en las zonas aledañas a dicha área, descritos desde los más antiguos hasta los más recientes.

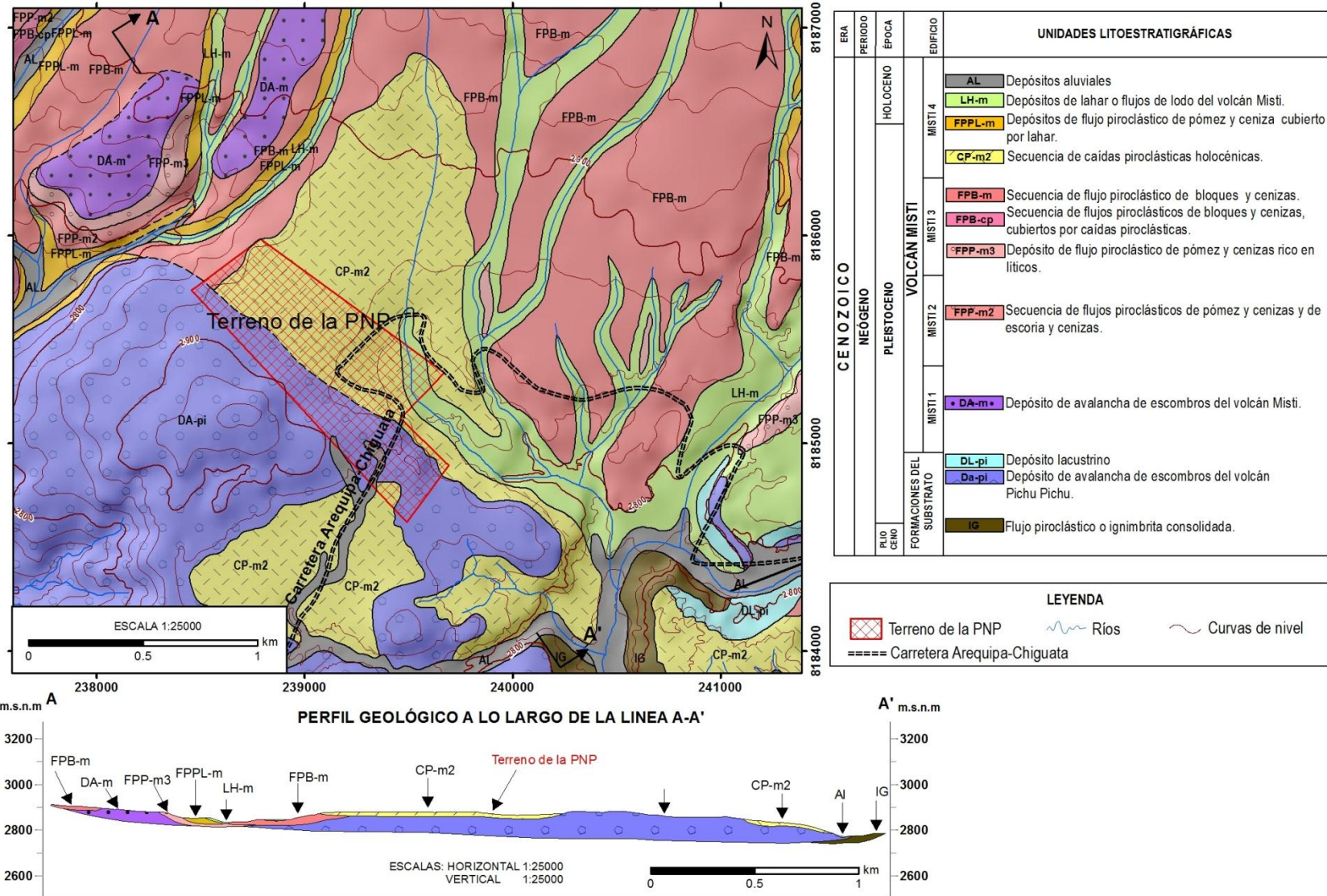


Figura 3: Mapa geológico de la zona de estudio y sus alrededores.

### a. Depósito de avalancha de escombros (DA-pi)

El terreno de la PNP se encuentra sobre el depósito de avalancha de escombros del volcán Pichu Pichu (*Figura 3*). Este depósito forma colinas o *Hummocks* (*Foto 2*), tienen hasta 60 m de espesor y están constituidos por fragmentos de rocas volcánicas de composición heterogénea, englobados dentro de una matriz limo-arenosa. El depósito es suelto de coloración amarillenta, rojiza y gris. Los fragmentos líticos son angulosos a subangulosos, en su mayoría bastante alterados e hidrotermalizados. Los tamaños varían desde bloques centimétricos a más de 3 m diámetro. Estos se originaron debido a un colapso sectorial del volcán Pichu Pichu ocurrido hace aproximadamente 1 Ma (Legros et al., 2000).



*Foto 2: Colinas que corresponden al depósito de avalancha de escombros del volcán Pichu Pichu.*

### b. Depósito de avalancha de escombros (DA-m)

Otro depósito de avalancha de escombros ligado a un colapso del volcán Misti aflora entre 0.5 y 1 km al noroeste del terreno de la PNP (*Figura 3* y *Foto 3*). El depósito está constituido por fragmentos de roca volcánica de composición heterogénea, de tamaño métrico, incluido dentro de una matriz areno-limosa. Los fragmentos se hallan bastante fracturados. Estos depósitos provienen del colapso de una parte del volcán Misti, la cual fue posteriormente cubierta por los flujos de lava más recientes.





*Foto 3: Vista del depósito de avalancha de escombros del volcán Misti, forma lomadas, localizadas al norte del área de estudio.*

### **c. Depósito de flujos piroclásticos de escoria y flujos de pómez (FPP-m2)**

Estos depósitos emitidos por el volcán Misti afloran a 0.5 km al noroeste del terreno de la PNP. La base está constituida por el depósito de flujo de escoria y el tope por un depósito de flujos de pómez y ceniza (*Figura 3*). Ambos depósitos presentan espesores variables. El depósito de flujos de escoria tiene entre 2 a 3 m de espesor, es color beige, masivo y no consolidado. Está constituido de fragmentos de escoria de composición andesítica, llegan a medir hasta 15 cm de diámetro, englobados dentro de una matriz de ceniza. Los depósitos de flujos de escoria son generados durante erupciones explosivas, relativamente moderadas, de tipo vulcanianas. Por su parte el depósito de flujo de pómez y ceniza está conformado por pómez que llegan a medir hasta 22 cm de diámetro, englobados dentro de una matriz de ceniza gruesa. Este depósito es poco consolidado de color gris claro. Probablemente se originaron debido al colapso de una columna eruptiva de pocos kilómetros de altura.

**d. Flujo piroclástico de pómez y ceniza y caídas de pómez (FPP-m3)**

El flujo piroclástico de pómez y ceniza y caídas de pómez del volcán Misti afloran a 0.5 km al noroeste del terreno de la PNP (*Figura 3*). Es una secuencia conformada por caída de lapilli de pómez en la base; flujos piroclásticos de pómez y cenizas rico en líticos en la parte media; caída de pómez y flujo piroclásticos de pómez y ceniza hacia el tope. Los piroclastos poseen composición dacítica.

**e. Depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas (FPB-m)**

El depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas aflora a 120 m al este del terreno de la PNP (*Figura 3*). Este depósito es masivo, poco consolidado y de color café oscuro. Tiene alrededor de 5 m de espesor y los bloques juveniles que contiene en su interior son de composición andesítica (*Foto 4*).



**Foto 4:** Depósito de flujo piroclástico de bloques y cenizas del volcán Misti que cubre una secuencia de depósitos de caída de lapilli de pómez emplazados por el volcán Misti.

#### f. Depósito de caída de lapilli de pómez (CP-m2)

El terreno de la PNP se encuentra sobre el depósito de caída de lapilli de pómez del volcán Misti (CP-m2), (*Figura 3* y *Foto 5*). Este depósito sobreyace a los flujos piroclásticos de bloques y cenizas del Misti (FPB-m) y al depósito de avalancha de escombros del volcán Pichu Pichu (DA-pi). El depósito de caída de pómez posee granulometría fina y se caracteriza por presentar una concentración de líticos en la parte media e inferior del depósito (*Foto 5*). La pómez es de color amarillenta y tiene diámetros de hasta 1 cm.



*Foto 5: Depósito de caída de lapilli de pómez del volcán Misti.*

#### g. Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza (FPPL-m)

Corresponde a un depósito de flujo piroclástico emitido por el volcán Misti. Este depósito está localizado a 250 m al noroeste del terreno de la PNP (*Figura 3*), alcanza a medir hasta 25 m de espesor, de color gris, y poco consolidado. Las pómez miden hasta 20 cm de espesor y son subangulosas de composición dacítica. Está cubierto por depósitos de lahares o flujos de barro que tienen hasta 3 m de espesor.

#### **h. Depósitos de lahar (LH-m)**

Los lahares o flujos de barro se encuentran localizados en ambas márgenes de las quebradas que descienden del volcán Misti (*Figura 3*). Los lahares están constituidos por fragmentos de roca de tamaño y composición heterogénea, alcanzan a medir hasta 1.2 m de diámetro, son de formas subredondeados. Los espesores de los lahares a veces alcanzan hasta 3 m. En los cauces de las quebradas se han identificado depósitos hiperconcentrados provenientes de lahares, emplazados durante los últimos cientos de años, algunos ligados a la actividad del volcán Misti.

#### **i. Depósitos aluviales (AL)**

Los depósitos aluviales se encuentran aflorando en quebradas localizadas en ambas márgenes del terreno de la PNP (*Figura 3*). Son depósitos de algunos decímetros a algunos metros de espesor. Están conformados por bloques subredondeados a redondeados (cantos rodados), de composición heterogénea e incluidos dentro de una matriz de arena y limo, poco o no consolidado.

### **6. PELIGROS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Los peligros geológicos que se encuentran en el área de estudio son los siguientes:

#### **6.1 Peligros volcánicos**

La zona de estudio se encuentra sobre depósitos de caída de lapilli de pómez y flujos piroclásticos ligados a erupciones explosivas del volcán Misti ocurridas hace varios cientos a miles de años atrás (*Figura 3*). En el caso que ocurriese una erupción explosiva del Misti, el terreno de la PNP y alrededores se vería afectado principalmente por los siguientes procesos:

- **Caídas de ceniza o lapilli de pómez**, se generan cuando los fragmentos de roca son expulsados hacia la atmósfera de manera violenta, formando una pluma volcánica y posteriormente caen sobre la superficie terrestre por gravedad. Como se ha podido ver, según los estudios geológicos efectuados sobre el Misti por Thouret et al., (2001), en caso de una reactivación del volcán Misti, el evento más probable a generarse sería una erupción explosiva leve, con caídas de ceniza y eventualmente pómez (fragmentos entre 2 a 64 mm). Las caídas de ceniza o lapilli de pómez afectarían los distritos de Paucarpata y Chiguata, y por ende al terreno de la PNP, aún si la erupción fuese de magnitud baja con Índice de Explosividad Volcánica (IEV) 1-2; como la que viene presentando el volcán Ubinas (Moquegua) entre 2006-2015, por ejemplo. La caída de ceniza contaminaría las fuentes de agua y sería letal para las personas en caso de estar permanentemente expuestos a ella. Desde luego, la ceniza inmediatamente no causaría la muerte de personas, pero es necesario protegerse de ella.

- **Flujos piroclásticos**, son masas secas y muy calientes, constituidos por una mezcla de cenizas, piedra pómez, gases y fragmentos de roca que fluyen rápidamente por los flancos de los volcanes calcinando todo lo que encuentran a su paso. El terreno de la PNP podría ser afectado por este tipo de peligro, solo en caso de erupciones explosivas de moderada a gran magnitud, como una erupción pliniana con un IEV mayor o igual 3. Un ejemplo de ella es la erupción pliniana del volcán Misti ocurrida hace 2000 años antes del presente que tuvo un IEV igual a 4, esto según Harpel et al. (2011) y que alcanzó al norte del área de la PNP. Cabe mencionar que el 70% de los productos emitidos por esta erupción corresponden a flujos piroclásticos que descendieron por el flanco sur del Misti y se canalizaron en las quebradas San Lázaro, Huarangal y Agua Salada. La probabilidad de ocurrencia de fenómenos de este tipo es baja, y se mide en miles de años, aproximadamente un evento cada 2000 a 4000 años.

## 6.2 Peligros por movimiento en masa

- Corresponden a deslizamientos, flujos de detritos, derrumbes, etc. En cuanto a la ocurrencia de estos tipos de peligros en la zona evaluada, se debe mencionar que por lo observado en el terreno y por la geomorfología presentada, es poco probable que se produzcan eventos de este tipo. Sin embargo, no se puede dejar de mencionar que se han distinguido procesos de erosión de laderas de tipo surcos y cárcavas, con anchos máximos de 2 m y profundidades de 1-1,5 m, lo que evidencia que en la zona se producen de manera recurrente precipitaciones pluviales intensas que pueden generar problemas de anegamientos en las estructuras que se construyan en este punto. Por lo cual se debe tomar las previsiones del caso, como la construcción de drenes por ejemplo.

## 7. CONCLUSIONES

- En caso de una probable reactivación del volcán Misti, con una erupción explosiva leve, el terreno de la PNP en referencia, se vería afectado principalmente por caídas de ceniza o lapilli de pómez, que afectaría la salud de las personas. En tal sentido, la población que habita en Chiguata y el predio en mención deberán protegerse de las caídas de ceniza, mediante lentes, mascarillas, etc., así como proteger sus fuentes de agua.
- Si la erupción del volcán Misti fuese de moderada a gran magnitud, el terreno de la PNP podría verse afectado no solamente por la caída de cenizas, o lapilli de pómez en mayor volumen, sino puede verse afectado por flujos piroclástico o flujos incandescentes; sin embargo este escenario es poco probable, según los estudios geológicos realizados sobre dicho volcán.
- La ocurrencia de movimientos en masa es poco probable; sin embargo se identificó procesos de erosión de ladera, a manera de surcos y cárcavas que disectan el terreno de la PNP, para lo cual se deberán tomar en cuenta medidas de mitigación.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se debe tener preparado planes de contingencia en caso de una eventual reactivación del volcán Misti, sobre todo para protegerse de las lluvias o caídas de ceniza.
- Implementar acciones de mitigación preparando a la población que habite la zona sobre los peligros volcánicos y acciones a desarrollar frente a ello.
- Sería importante realizar la limpieza de las quebradas que se encuentran a ambos márgenes del terreno de la PNP, para evitar inundaciones en época de lluvia.
- Mantenerse informado en base a la información proporcionada por el OVI (Observatorio Vulcanológico del INGEMMET), sobre la actividad del volcán Misti, para tomar medidas de prevención y reducir riesgos.
- El diseño y la construcción de edificaciones en la zona evaluada, deben contemplar un buen sistema de drenaje de aguas de precipitación pluvial, para evitar anegamiento.
- Las cárcavas del terreno tienen que ser controlados por medio de la construcción de diques transversales a los cauces, estos pueden ser realizados con troncos, rocas, muros de concreto o gaviones, con los cuales se busca controlar la profundización y ensanchamiento de las mismas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Harpel, C.J., (2012). The 2 ka Eruption of Misti Volcano, Southern Peru-The Most Recent Plinian Eruption of Arequipa's Iconic Volcano, Southern Peru [Ph.D. thesis]: Corvallis, Oregon State University, 207 p.

Legros, F., (2001). Tephra stratigraphy of Misti volcano, Peru. *Journal of South American Earth Science* 14, 15–29.

Navarro, P., (2000). Cartografía Geológica, Histórico Eruptiva y Evaluación de las Amenazas volcánicas del Estrato-volcán Misti. Tesis Ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.

Newhall, C.G., and Hoblitt, R.P., (2002). Constructing event trees for volcanic crises: *Bulletin of Volcanology*, v. 64, p. 3–20, doi:10.1007/s004450100173.

Mariño, J., Rivera, M., Thouret, Jean-Claude Thouret, Macedo L., (2015). Geología y Mapa de Peligros del volcán Misti. INGEMMET.

Suni, J., (1999). Estudio Geológico y Vulcanológico del volcán Misti y sus alrededores. Talleres Cuzzi y Cía S.A. (1990) - Historia General de Arequipa. Perú.

Thouret, J.-C., Finizola, A., Fornari, M., Suni, J., Legeley-Padovani, A., Frechen, M., (2001). Geology of El Misti volcano nearby the city of Arequipa, Peru. *Geological Society of America Bulletin* 113 (12): 1593–1610.