

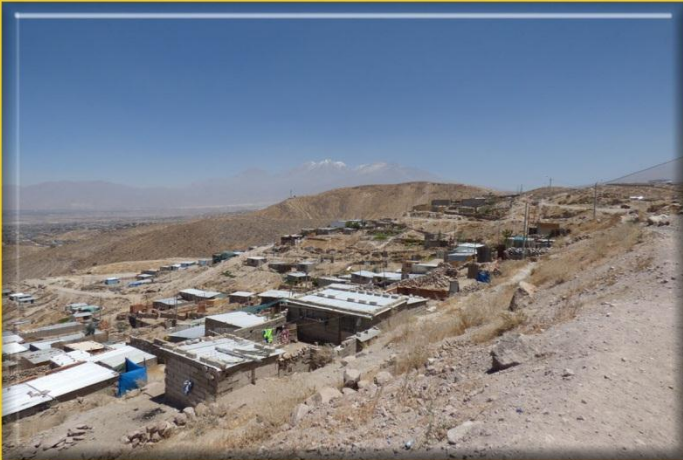
Informe Técnico N° A6701

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SEÑOR DE LOS MILAGROS

Paraje Asentamiento Humano Señor de los Milagros

Distrito de Mariano Melgar

Provincia y Departamento de Arequipa



POR:

MARCO RIVERA PORRAS

ENERO 2016

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	1
3. OBJETIVOS	1
4. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	2
5. GEOMORFOLOGÍA.....	3
a. Planicie de acumulación (Pla_a)	4
b. Zona de colinas (Col)	4
c. Zona de abanico aluvial (Aba)	4
6. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
a. Secuencias de flujos de lavas en bloques (Fl-m2, Fl-m3, Fl-m4)	7
b. Depósito de avalancha de escombros (DA-m).....	7
c. Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza (FPP-m5).....	9
d. Depósito de caída de lapilli de pómez (CP-m2).....	9
e. Depósitos de lahar (LEV-m, LH-m).....	9
f. Depósitos aluviales (AL)	10
7. MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI	10
8. PELIGROS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
8.1 Peligros volcánicos.....	12
8.2 Peligros por movimiento en masa	13
CONCLUSIONES.....	16
RECOMENDACIONES.....	17
BIBLIOGRAFÍA	18

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. También evalúa los peligros volcánicos en base a estudios geológicos y análisis especializados, permitiendo identificar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

En esta oportunidad se ha desarrollado la inspección geológica del Asentamiento Humano del Señor de los Milagros, ubicado en el distrito de Mariano Melgar - Arequipa, a 13 km al suroeste del cráter del volcán Misti.

En este trabajo se muestra las características geológicas de la zona de estudio, asimismo se hace una evaluación sobre el posible impacto de la zona ligado a una eventual erupción del volcán Misti.

2. ANTECEDENTES

El jefe de la Oficina Zonal de Arequipa-COFOPRI, mediante el oficio N° 3029-2015-COFOPRI/OZARE, de fecha 25 de setiembre, dirigida al Director de la Oficina Desconcentrada del INGEMMET, solicitó información sobre la identificación de zonas de riesgo volcánico ubicadas en el Asentamiento Humano del Señor de los Milagros del distrito de Mariano Melgar, provincia y departamento de Arequipa, con la finalidad del proceso de formalización de la propiedad predial. Este documento fue elevado al Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico quién para la realización de dicha inspección, designó al Dr. Marco Rivera, especialista en evaluación de peligros geológicos del INGEMMET.

El presente informe constituye los resultados de la evaluación técnica realizada, en la cual se describe los probables eventos que puedan generarse en caso de una futura erupción del volcán Misti y los posibles procesos de movimiento en masa. El informe se pone a disposición de la Comisión de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI).

3. OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivo:

- Determinar los posibles peligros geológicos que pudieran afectar a la propiedad informal del Asentamiento Humano del Señor de los Milagros, ubicado en el distrito de Mariano Melgar.

4. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El predio está ubicado en el distrito de Mariano Melgar, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. Geográficamente se ubica a 13 km al suroeste del volcán Misti, en las coordenadas UTM-WGS 8186317 N y 233410 E a una altitud de 2613 msnm (Figura 1, foto 1 y 2). Se accede por la vía cercado de Arequipa - Mariano Melgar.

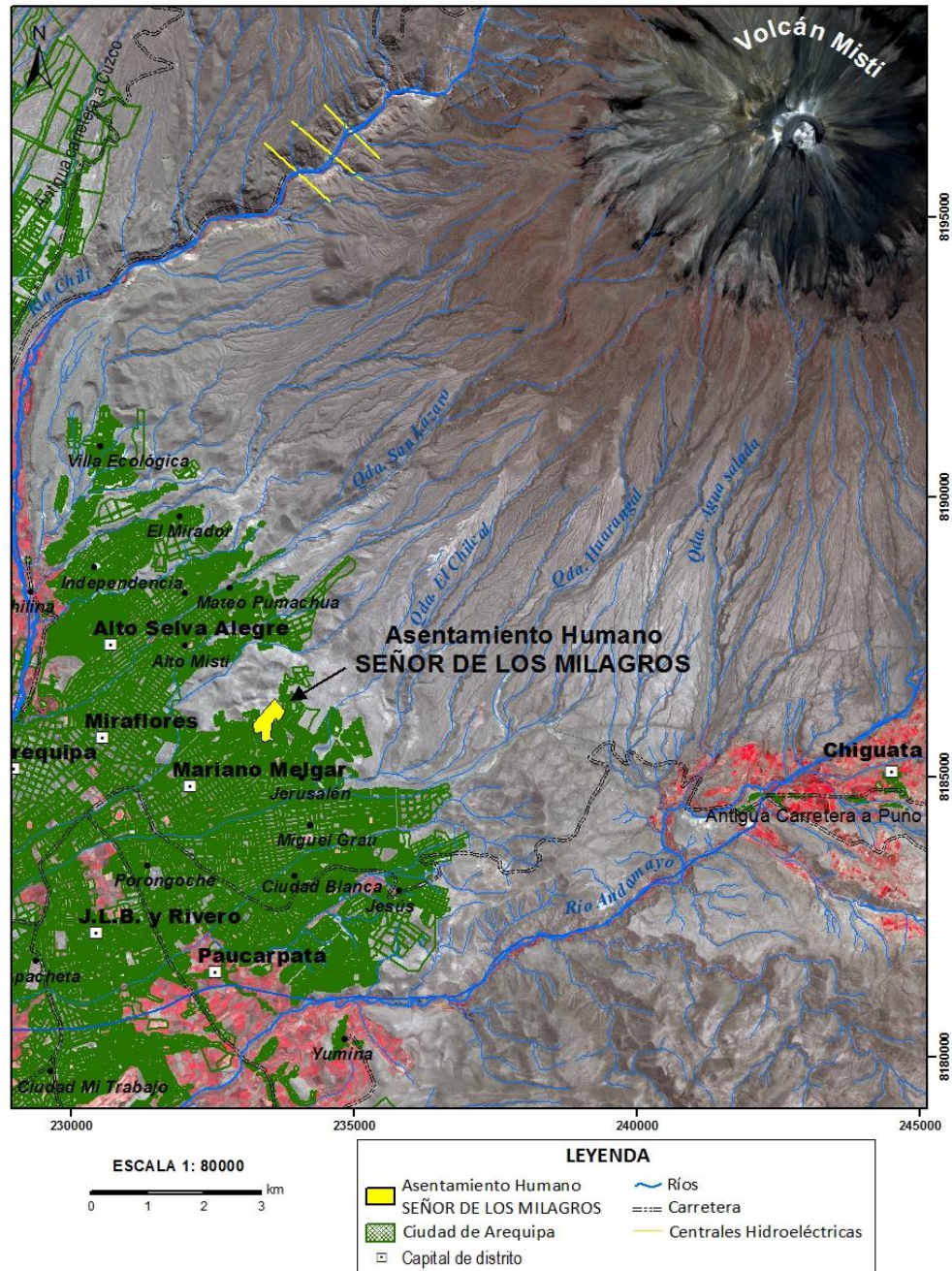


Figura 1: Imagen satelital Rapideye, donde se muestra la localización del área de estudio.



Foto 1: Asentamiento Humano del Señor de los Milagros ubicado al suroeste del volcán Misti.



Foto 2: Asentamiento Humano del Señor de los Milagros, a una altitud de 2613 msnm.

5. GEOMORFOLOGÍA

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

a. Planicie de acumulación (Pla_a)

La planicie de acumulación se extiende al pie del flanco sur del volcán Misti (*Figura 2*). Esta planicie posee poca pendiente, entre 5° y 15° de inclinación y está surcada por quebradas que tienen entre 50 a 100 m de profundidad y de 10 a 100 m de ancho. La planicie de acumulación está conformada por secuencias de depósitos volcanoclásticos, sedimentos epiclásticos y flujos de lava, provenientes del volcán Misti.

b. Zona de colinas (Col)

Se extiende al norte y Este de la ciudad de Arequipa sobre el cual se halla asentada el AA.HH. del Señor de los Milagros (*Figura 2*). Las colinas tienen entre 50 y 200 m de altura, con laderas de pendiente moderada a fuerte (20 a 40°) y están surcadas por quebradas poco profundas. Conformada por depósitos de avalanchas de escombros de los volcanes Misti y Pichu Pichu, así como depósitos de caídas y flujos de lavas. Las colinas cónicas o “Hummocks”, son una morfología típica en depósitos de avalanchas de escombros, las cuales están asociadas a la presencia de megabloques.

c. Zona de abanico aluvial (Aba)

La zona de abanico aluvial se extiende entre los 2200 y 2500 msnm, en los tramos finales de las quebradas que descienden del volcán Misti (*Figura 2*). Es una planicie de poca pendiente (~20°), surcada por quebradas que poseen menos de 10 m de profundidad. Se formó por las sucesivas acumulaciones de lahares y depósitos de caídas y flujos piroclásticos provenientes del volcán Misti. En la actualidad gran parte de la ciudad de Arequipa, se encuentra asentada sobre dicho abanico aluvial.

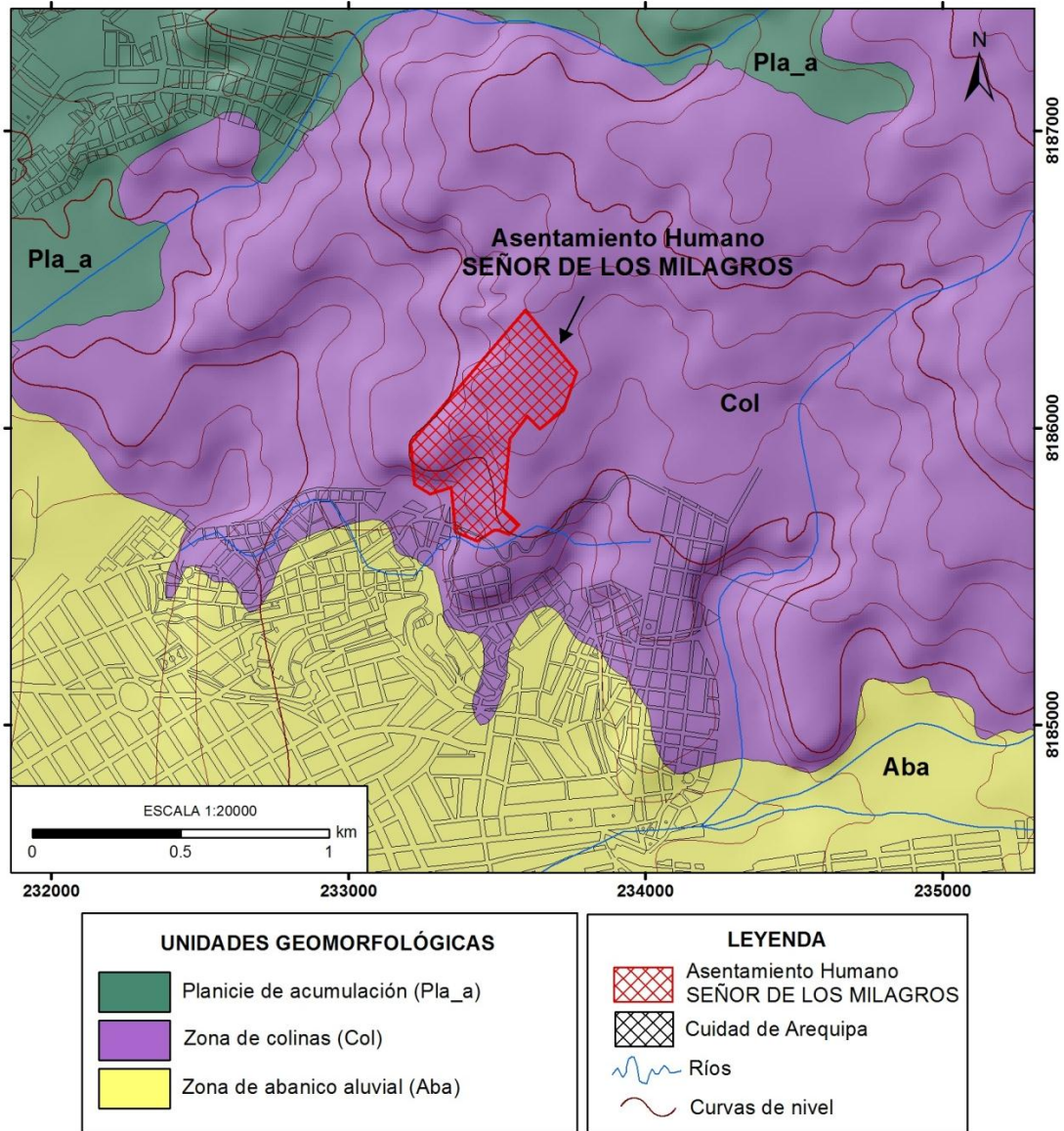


Figura 2: Mapa Geomorfológico de la zona de estudio y sus alrededores.

6. 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 leves y 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 aledañas, descritos desde los más antiguos hasta los más recientes.

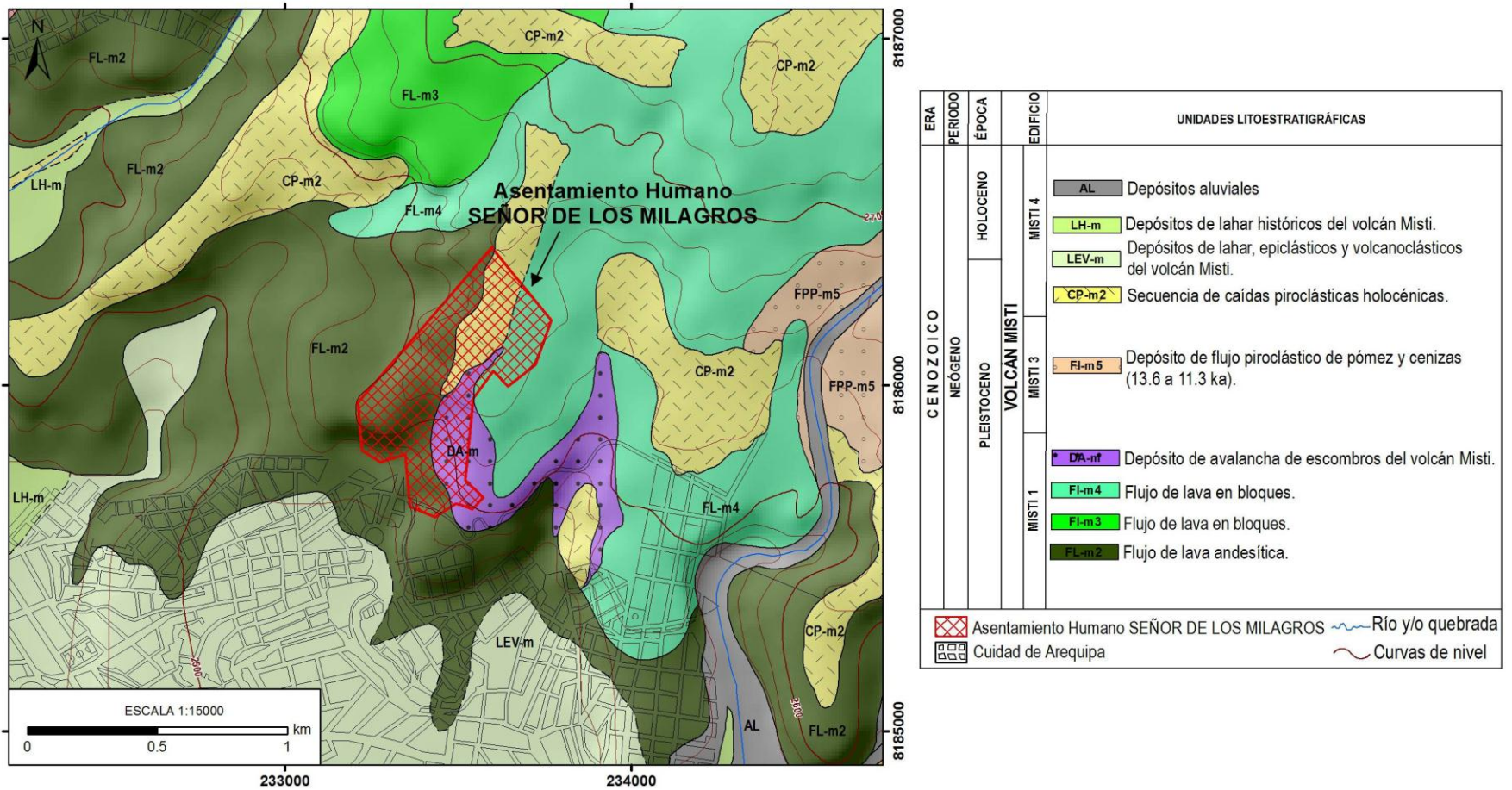


Figura 3: Mapa geológico de la zona de estudio y sus alrededores.

a. Secuencias de flujos de lavas en bloques (F1-m2, F1-m3, F1-m4)

Parte del mencionado asentamiento humano se encuentra asentado sobre una secuencia de flujos de lava en bloques (*Foto 3*) de composición andesítica, que se presentan densos, con textura porfídica y color gris oscura. Contienen abundantes fenocristales de plagioclasa, de hasta 4 mm de tamaño, y en forma restringida anfíbol. Uno de los afloramientos de lava (F1-m2) está situado a 13 km al SO del cráter (*Figura 3*), tiene 3 km de largo por 1 km de ancho y 50 m de espesor en promedio. Las lavas se hallan infrayaciendo a los depósitos antiguos de avalanchas de escombros del volcán Misti.



Foto 3: Flujos de lavas del volcán Misti.

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

A 300 m al sureste del Asentamiento Humano del Señor de los Milagros se encuentra un depósito de avalancha de escombros ligado al colapso del volcán Misti (*Foto 4*), que está constituido por fragmentos de roca volcánica de composición andesítica y dacítica, de tamaño métrico, con matriz fina areno-limosa (*Foto 5*). Los fragmentos se hallan bastante fracturados. Este depósito proviene del colapso del flanco sur del volcán Misti, la cual fue posteriormente cubierta por depósitos de caída de pómez y ceniza emitidos durante los últimos 10000 años.



Foto 4: Depósito de avalancha de escombros del volcán Misti.



Foto 5: Depósito de avalancha de escombros del volcán Misti. Se pueden observar fragmentos de roca volcánica incluidos dentro de una matriz fina areno-limosa.

c. Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza (FPP-m5)

El depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza emitido por el volcán Misti aflora a 1 km al noreste del Asentamiento Humano del Señor de los Milagros (*Figura 3*). El depósito muestra una concentración de pómez de tamaño centimétricos en la base y en algunos sectores poca ceniza. Este depósito es rico en líticos en la parte media y rico en ceniza hacia el tope. Las pómez poseen composición dacítica.

d. Depósito de caída de lapilli de pómez (CP-m2)

Parte del Asentamiento Humano Señor de los Milagros se encuentra sobre el depósito de caída de lapilli de pómez del volcán Misti (CP-m2), (*Foto 6*). Este depósito sobreyace a los flujos de lavas en bloques del volcán Misti (Fl-m2 y Fl-m4) y al depósito de avalancha de escombros del volcán Misti (DA-m). 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. La pómez es de color amarillenta y tiene diámetros de hasta 1 cm.



Foto 6: En la base un depósito de avalancha de escombros del volcán Misti, cubierto por un depósito de caída de lapilli de pómez.

e. Depósitos de lahar (LEV-m, 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, y son de formas subredondeados. Los espesores de los lahares alcanzan hasta 3 m. En los cauces de las quebradas se han identificado depósitos hiperconcentrados, emplazados durante los últimos cientos de años, algunos ligados a la actividad del volcán Misti.

f. Depósitos aluviales (AL)

Los depósitos aluviales se encuentran aflorando en quebradas localizadas en ambos márgenes del mencionado Asentamiento Humano (*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.

7. MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI

En base a estudios geológicos, el INGEMMET elaboró el mapa de peligros del volcán Misti (*Figura 4*), el cual tiene como propósito guiar a las autoridades, dirigentes y población en general en políticas de ordenamiento territorial, expansión urbana y planificación del desarrollo. En este mapa se muestra tres zonas de peligrosidad: alto (color rojo), moderado (color naranja) y bajo (color amarillo).

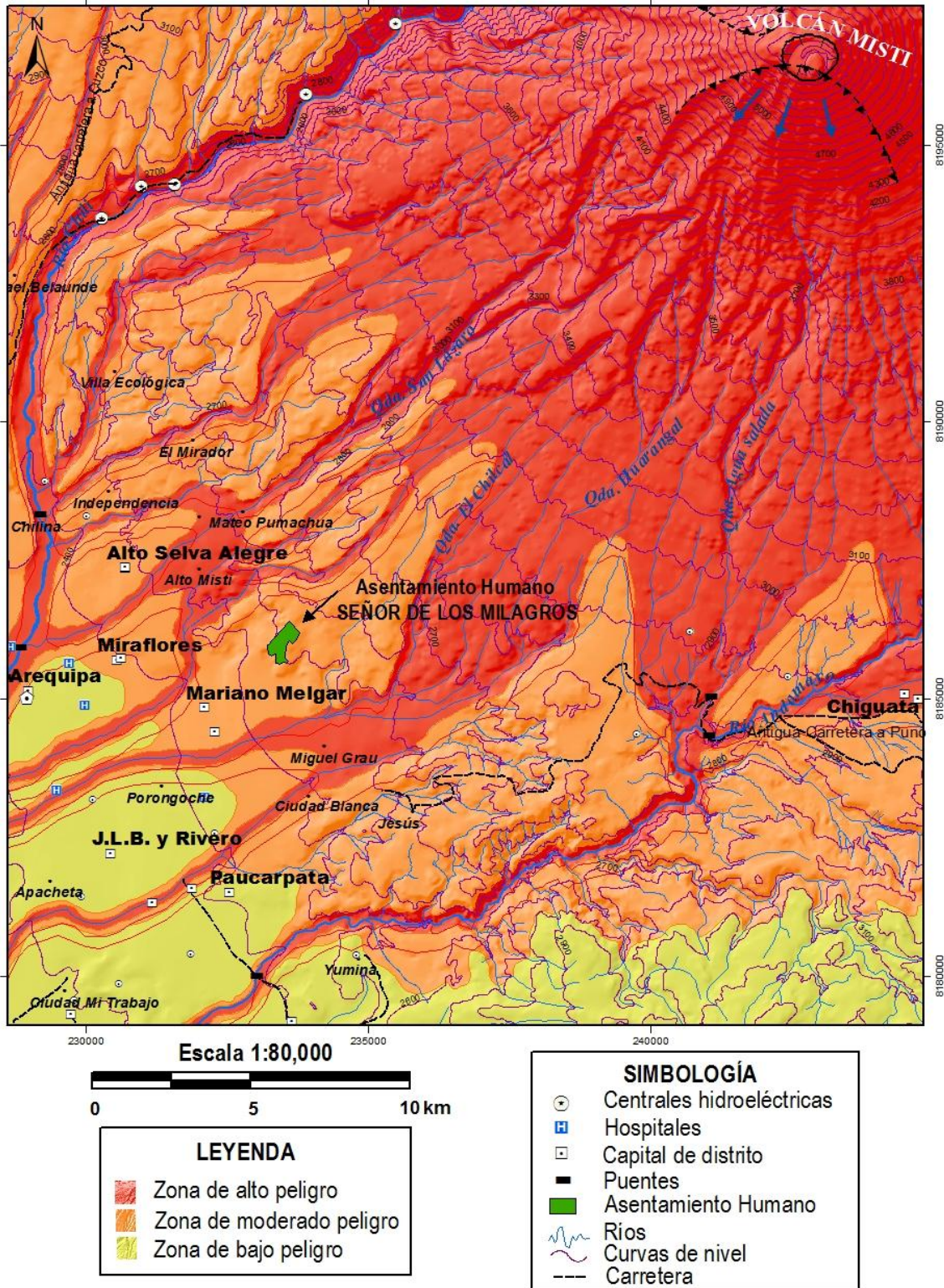


Figura 4: Mapa de peligros del volcán Misti, donde se muestra el área de estudio.

El Asentamiento Humano Señor de los Milagros se encuentra en la zona de moderado peligro (*Figura 4*), el cual puede ser afectado por caída de ceniza y pómez y en menor medida por flujos y oleadas piroclásticas, y avalanchas de escombros en caso de una erupción del volcán Misti.

En caso que el Misti presente erupciones explosivas violentas de gran magnitud ($IEV \geq 4$) se pueden generar flujos piroclásticos y/o avalanchas de escombros que pueden alcanzar la zona del Asentamiento Humano Señor de los Milagros

Durante los últimos 50 años la ciudad de Arequipa ha venido creciendo de manera desordenada, sin ninguna planificación. El mapa de peligros muestra que varios sectores de la ciudad de Arequipa se emplazan en zonas de alto y moderado peligro, generando mayor vulnerabilidad en los distritos de Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar y Paucarpata.

8. PELIGROS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los peligros geológicos distinguidos en el área son los siguientes:

8.1 Peligros volcánicos

La zona de estudio se localiza a 13 km al suroeste del volcán Misti, asentada sobre depósitos de caída de lapilli de pómez y flujos de lava, ligados a erupciones del volcán Misti ocurridas hace varios cientos a miles de años atrás (*Figura 3*). Asimismo, se evidencian depósitos de avalanchas de escombros generados por el derrumbe o colapso de una parte del edificio volcánico. En el caso que ocurriese una erupción explosiva del Misti, el Asentamiento Humano Señor de los Milagros 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) y otros, 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 el distrito de Mariano Melgar, y por ende el Asentamiento Humano Señor de los Milagros, 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 Asentamiento Humano Señor de los Milagros 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 la quebrada San Lazaro y Huarangal, ubicados al norte y sureste del área de estudio, respectivamente. 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 Lazaro, 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.

8.2 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 han distinguido lo siguiente:

- **Caída de rocas**, en algunos sectores, localizados al extremo oeste del Asentamiento Humanos Señor de los Milagros se distinguen fragmentos de rocas dispersos en las laderas de las colinas, productos de caída de rocas. Los fragmentos de rocas caídos tienen tamaño variable y llegan a medir hasta 2 m de diámetro. Se produce debido al alto grado de fracturamiento de las rocas y por la alta pendiente de la zona. Desde luego este proceso es gradual, y se asume que durante sismos fuertes este evento puede acelerarse.



Foto 7: Zonas de derrumbe localizadas en laderas de fuerte pendiente

- **Erosión de laderas**, son de tipo surcos y cárcavas, con anchos máximos de 3 m y profundidades de 0.5-1,0 m, lo que evidencia que en la zona se producen de manera recurrente precipitaciones pluviales intensas que pueden generar problemas de anegamientos en las viviendas localizadas en la parte baja. Por lo cual se debe tomar las previsiones del caso, como la construcción de drenes, forestación, etc.



Foto 8: Zonas de erosión de laderas en el AA.HH. Señor de los Milagros.

- **Otros peligros**

Se observa algunas viviendas del Asentamiento Humano Señor de los Milagros localizadas en zonas de pendiente (10-25°), están construidas con muros de piedras o pircas que tienen hasta 2.0 m de altura, son construcciones artesanales.

Asimismo, en las zonas de corte de talud de dicho asentamiento humano, se han construido viviendas, colocando un muro de contención a manera de pirca o terraplén (Foto 9).

Cabe mencionar que los muros de rocas y/o rellenos bajo ninguna condición prestan seguridad, siendo inestables, pueden ceder muy fácilmente con fuertes sismos o con la ocurrencia de lluvias. En efecto, cuando el suelo se satura de agua pierde su capacidad portante, entonces las pircas construidas sobre éste y por el mismo peso, el suelo cede que puede generar “asentamientos o derrumbes”.

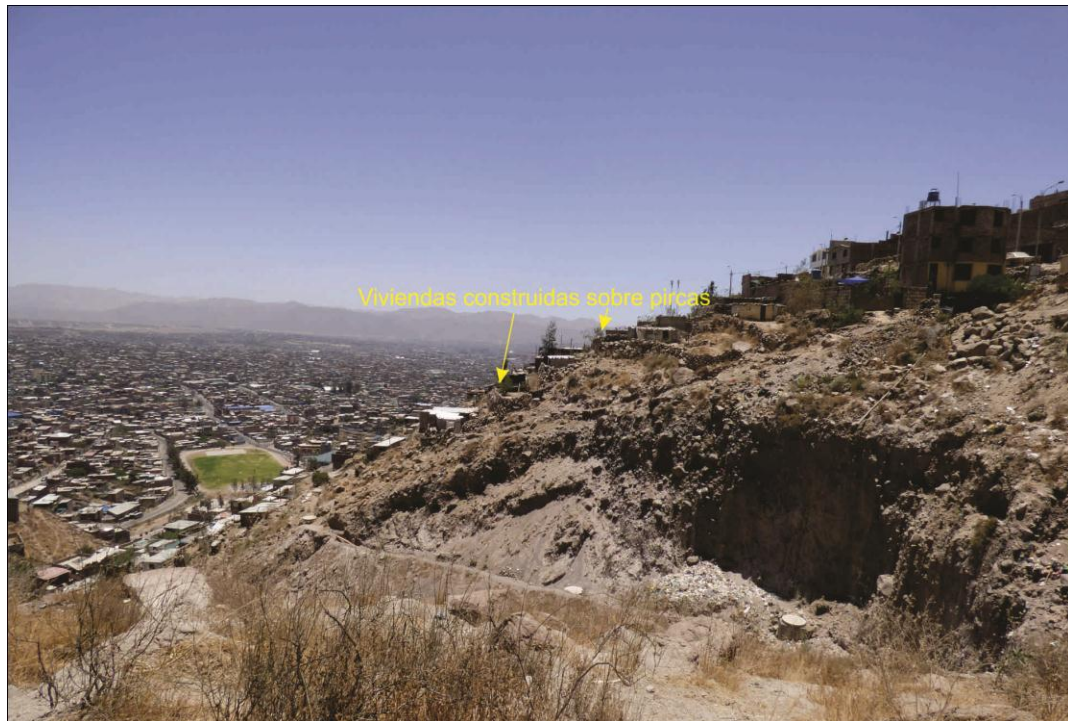


Foto 9: Viviendas asentadas en laderas de fuerte pendiente.

En caso del colapso de una pirca, se puede generar el llamado “efecto dominio” ya que el derrumbe de una pirca no solo afectaría a la vivienda sobre él, sino que también el material caería sobre la vivienda ubicada cuesta abajo.

CONCLUSIONES

- El Asentamiento Humano del Señor de los Milagros se encuentra a 13 km al suroeste del volcán Misti, localizado en la zona de moderado peligro, según el mapa de Peligro elaborado por el INGEMMET. En caso de una probable reactivación del volcán Misti, con una erupción explosiva leve, este asentamiento 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 Mariano Melgar y el predio en mención deberán protegerse de las caídas de ceniza, mediante lentes, mascarillas, etc., así como proteger sus fuentes de agua y sus alimentos.
- Si la erupción del volcán Misti fuese violenta, de moderada a gran magnitud, el asentamiento humano podría verse afectado no solamente por la caída de cenizas, o lapilli de pómez en mayor volumen, sino puede verse afectado por flujos piroclástico que corresponden a flujos incandescentes; sin embargo este escenario es poco probable, según los estudios geológicos realizados sobre dicho volcán. Pero es necesario prever planes de contingencia.
- En cuanto a la ocurrencia de otros tipos de peligros geológicos en la zona evaluada, se han distinguido caída de rocas que corresponden a acumulaciones de fragmentos de rocas dispersos en las laderas. Los fragmentos de rocas son de tamaño variable y llegan a medir hasta 2 m de diámetro. Se produce debido al fracturamiento abierto de las rocas y por alta pendiente de la zona. Asimismo se ha distinguido erosión de laderas tipo surcos y cárcavas, con anchos máximos de 3 m y profundidades de 0.5 -1,0 m, lo que evidencia que en la zona se producen de manera recurrente precipitaciones pluviales intensas que pueden generar problemas de anegamientos en las viviendas localizadas en la parte baja. Por lo cual se debe tomar las previsiones del caso, como la construcción de drenes, forestación, etc.
- Se observa que algunas viviendas del Asentamiento Humano Señor de los Milagros ubicadas en zonas de moderada a alta pendiente (10-25°), se encuentran construidas sobre pircas que son muros de piedras. Gran parte de estas viviendas pueden verse seriamente afectadas durante la ocurrencia de sismos de gran intensidad, que son comunes en la región Arequipa.

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.
- Las autoridades con ayuda de la población deben implementar acciones de mitigación y preparación a la población que habita las zonas de moderado y alto riesgo volcánico, para que sepan que hacer en caso de una reactivación volcánica.
- La población debe mantenerse informado en base a la información proporcionada por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), sobre la actividad del volcán Misti, para tomar medidas de prevención y reducir los riesgos.
- En la zona evaluada, también debe contemplarse un buen sistema de drenaje de aguas de precipitación pluvial, para evitar anegamiento.
- Las autoridades deben implementar un plan de ordenamiento territorial, para mejorar la calidad de vida de los moradores de dicho AA.HH., y no permitir la expansión urbana hacia las laderas inclinadas de los cerros o en dirección al volcán Misti.
- Las viviendas deben cimentarse sobre el basamento rocoso, se debe evitar la construir muros de pircas, porque estos pueden colapsar en caso de sismos fuertes.

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., (1998). Tephra stratigraphy of Misti volcano, Peru. *Journal of South American Earth Science* 14, 15–29.

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

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.

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.