

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

**Opinión Técnica N° 05-2022**

# CREACIÓN DEL PARQUE TEMÁTICO DEL SILLAR Y CIRCUITO TURÍSTICO DE LAS CANTERAS DE AÑASHUAYCO DEL DISTRITO DE CERRO COLORADO

Departamento Arequipa  
Provincia Arequipa  
Distrito Cerro Colorado



Marzo  
2022

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>2. UBICACIÓN</b> .....	2
<b>3. ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO</b> .....	4
<b>4. ANÁLISIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	5
<i>4.1 Lahares (huaycos volcánicos)</i> .....	5
<i>4.2 Caída de tefra (ceniza, escoria y pómez)</i> .....	7
<i>4.3 Caída de rocas</i> .....	10
<b>5. OPINION AL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA “CREACIÓN DEL PARQUE TEMÁTICO DEL SILLAR Y CIRCUITO TURÍSTICO DE LAS CANTERAS DE SILLAR DE AÑASHUAYCO DEL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”</b> 11	
<i>5.1. Nivel de peligrosidad por lahares en las zonas propuestas para la construcción de proyecto</i> .....	12
<b>6. ALTERNATIVAS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	13
<i>6.1. Mitigación ante peligros por lahares</i> .....	14
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	16
<b>ANEXOS 1: FIGURAS</b> .....	18



## OPINIÓN TÉCNICA

### CREACIÓN DEL PARQUE TEMÁTICO DEL SILLAR Y CIRCUITO TURÍSTICO DE LAS CANTERAS DE AÑASHUAYCO DEL DISTRITO DE CERRO COLORADO

(Distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa)

#### 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), ente técnico-científico, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), es el órgano de línea del INGEMMET, que realiza investigaciones, programas y proyectos ambientales, geotécnicos y de evaluación y monitoreo de peligros geológicos del territorio peruano. Es por ello que la DGAR, mediante el proyecto GA17F: Estudiar y evaluar los peligros asociados a los volcanes Chachani y Casiri, realiza el estudio geológico y evaluación de peligros del Complejo Volcánico Chachani, así como de las quebradas que descienden por zonas aledañas.

El 04 de marzo de 2022, se recibió el oficio N° 01-2022-ATCARSCA de la “Asociación turística de cortadores y artesanos Ruta del Sillar, Canteras Arequipa”, en el cual solicitan la opinión técnica del proyecto “Creación del parque temático del sillar y circuito turístico de las canteras del sillar de Añashuayco del Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Región Arequipa” propuesto por la sub gerencia de Formulación de Proyectos de Inversión del Gobierno Regional de Arequipa. Este oficio fue derivado al Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, y asignado a la Ing. Nélide Manrique Llerena y al Ing. Rigoberto Aguilar Contreras.

#### 2. UBICACIÓN

El proyecto “Creación del parque temático del sillar y circuito turístico de las canteras del sillar de Añashuayco del Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa” se encuentra ubicado en las quebradas “Añashuayco y La Paccha”. Políticamente, pertenecen al distrito de Cerro Colorado, Provincia y departamento de Arequipa (*Cuadro 1 y figura 1*), con un área de 10.430, 12 km<sup>2</sup>.

Puntos	Norte	Este
1	8189852.892	221028.297
2	8189802.404	220990.891
3	8189698.441	220993.582
4	8189667.197	220972.491
5	8189645.335	220967.854
6	8189583.705	221047.996
7	8189527.952	221129.306
8	8189561.50	221278.982
9	8189576.068	221325.93
10	8189608.869	221355.849
11	8189608.594	221384.784
12	8189502.689	221527.297
13	8189702.171	221678.307
14	8189911.306	220936.798
15	8189544.951	221836.14
16	8189505.465	221768.302
17	8189492.293	221741.712
18	8189461.791	221651.532

19	8189440.137	221616.566
20	8189426.08	221588.31
21	8189417.39	221553.75
22	8189411.813	221504.135
23	8189412.683	221440.72
24	8189406.362	221411.912
25	8189395.178	221364.948
26	8189394.181	221324.793
27	8189397.459	221282.153
28	8189389.829	221239.494
29	8189373.013	221197.209
30	8189352.31	221176.179
31	8189290.91	221137.811
32	8189236.637	221113.64
33	8189180.883	221071.299
34	8189146.994	221035.005
35	8189060.536	220943.997
36	8188933.56	220803.635
37	8189702.171	221678.307
38	8188933.56	220803.635
39	8189099.378	220597.593
40	8189144.55	220607.416
41	8189206.144	220609.903
42	8189225.834	220577.503
43	8189283.06	220593.396
44	8189243.083	220751.912
45	8189288.768	220765.157
46	8189342.22	220782.391
47	8189438.691	220808.533
48	8189564.04	220848.735
49	8189607.247	220860.176
50	8189637.313	220860.887
51	8189659.149	220857.925
52	8189666.853	220843.34
53	8189784.284	220888.498
54	8189806.37	220897.597
55	8189911.306	220936.798

*Cuadro 1. Coordenadas UTM WGS84, zona 19 L.*



Figura 1. Ubicación del área de evaluación.

### 3. ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

La unidad litoestratigráfica que aflora en el área evaluada corresponde a la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa, la cual aflora en toda la depresión tectónica de Arequipa, abarcando más de 600 km<sup>2</sup> (INGEMMET, 2016). La ignimbrita Aeropuerto de Arequipa, fue datada en 1.63 ±0.07 Ma, posee espesores que varían de 5 a más de 100 m, con alto contenido de plagioclasas, biotita, óxidos de Fe-Ti, cuarzo, sanidina y anfíbol, y su composición es dacítica a riolítica (Paquereau – Lebti et al., 2006). Además, está conformada por dos tipos de facies, una inferior de color blanco grisáceo, bien consolidada y una superior de color rosado no consolidado, encima se encuentra cubierto por

una delgada capa de depósitos volcanoclásticos y sedimentos epiclásticos provenientes de los volcanes Misti y Chachani (INGEMMET, 2016).

Geomorfológicamente, el área de estudio pertenece a una “planicie ignimbrítica” con pendientes menores a 15°, y cortada por quebradas, entre ellas, la quebrada Añashuayco que tiene un ancho de 120 m como máximo y 30 m como mínimo, y una profundidad que varía entre 20 y 30 m. La quebrada la Paccha tiene un ancho de 50 m máximo y 20 m mínimo, y una profundidad de 29 m máximo y 26 m mínimo. En ambas quebradas se observan pequeñas terrazas y socavamientos producto del paso de los lahares.

## 4. ANÁLISIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS

### 4.1 Lahares (huaycos volcánicos)

En las quebradas Añashuayco y La Paccha donde se encuentra el proyecto, se han identificado depósitos de lahares antiguos (Pleistoceno – Holoceno) de espesores variables que oscilan entre 30 cm hasta 2.5 m, se caracterizan por ser masivos y compactos, en su mayoría son matriz soportados con bloques lávicos subangulosos de tamaños centimétricos a decimétricos y de composición andesítica a dacítica.

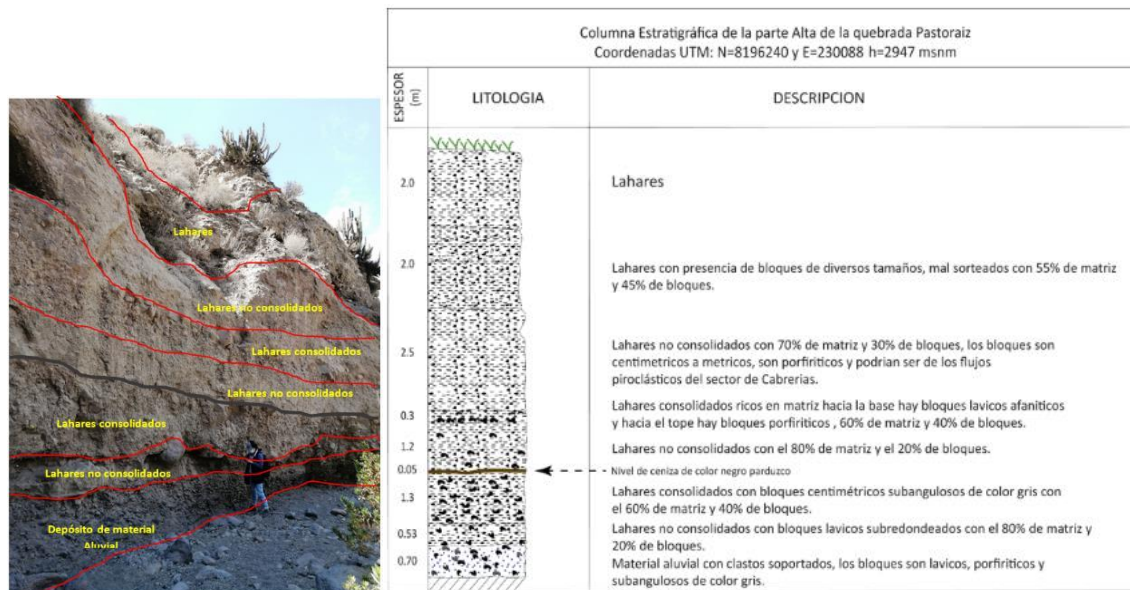


Figura 2. Hacia la derecha fotografía de la columna y a la izquierda la descripción de cada una de las unidades.

También, se han identificado lahares recientes de espesores decimétricos a métricos, que se caracterizan por ser poco compactos, matriz soportados, con bloques lávicos angulosos a subangulosos de tamaños centimétricos a decimétricos y excepcionalmente métricos, cuya composición es andesítica a dacítica (figura 2). En estos depósitos también es posible identificar material antrópico (material de desmonte y basura). Estos depósitos afloran en el cauce principal de las quebradas (Pastoraíz, Quesquemania, Gamarra, Chullo, Estanquillo, Añashuayco, Municipal, Virgen de Socorro, Apacheta, Honda y Los Andenes), las cuales se encuentran en el flanco sur del CV Chachani, formando terrazas.

Se han diferenciado dos zonas características: (1) la zona de transporte, donde los depósitos son masivos y friables, con espesores que varían entre 15 a 45 cm, compuesta por una matriz arena-



limosa, y con fragmentos lávicos de forma sub angulosa a sub redondeada; y (2) la zona de depositación, en la cual, los depósitos suelen tener un espesor promedio de 45 cm a 2 m. Estos depósitos generalmente son masivos y poco compactos, con matriz limosa, y con fragmentos lávicos y residuos sólidos generados por la actividad humana (figura 3).



Figura 3. Foto de los daños causados en el sector de Cerro Colorado, 2020 (Fuente: El Comercio)

Para determinar las zonas de alto, moderado y bajo peligro por ocurrencias de lahares, se elaboró el mapa de peligros geológicos por lahares a partir de la reconstrucción de la historia eruptiva del Complejo Volcánico Chachani, eventos similares pasados, estudios geológicos, simulaciones computacionales usando algoritmos como el LaharZ y el VolcFlow. Finalmente, los resultados se corroboraron con un control geológico en campo.

Para estas simulaciones, se ha utilizado el 60 % volumen de agua y 40 % de volumen de escombros, el cual representa el 100 % del volumen total de lahar producido.

$$V_t (\text{lahar}) = V_{\text{Agua}} + V_{\text{sedimentos}}$$

$$100 \% = 60 \% + 40 \%$$

Qda/Río	Área de generación de lahares	Precipitación			Volumen		
		BAJA	MODERADA	ALTA	Alto peligro	Moderado peligro	Bajo peligro
Qda Añashuayco	320191125	0.025	0.05	0.125	1334130.2	2668260.4	6670651
Qda La Paccha	977239	0.025	0.05	0.125	32574.6	81436.6	203591.3

Cuadro 2. Volúmenes empleados en la simulación de flujos de detritos (lahares)

De los estudios geológicos y de las simulaciones se observa que el área del proyecto en la quebrada Añashuayco se encuentra en una zona de alto, moderado y bajo peligro (figura 4), afectando la “ruta turística del Sillar”, las carreteras afirmadas y las actividades de extracción del sillar como material de construcción.

En el caso de la quebrada la Paccha se ha determinado que se encuentra en una zona de bajo peligro (figura 4) que podría verse afectado por precipitaciones pluviales excepcionales que superen los 125 mm, afectando principalmente las actividades que se desarrollan en las canteras.

MAPA DE PELIGROS POR LAHARES EN EL ÁREA EVALUADA

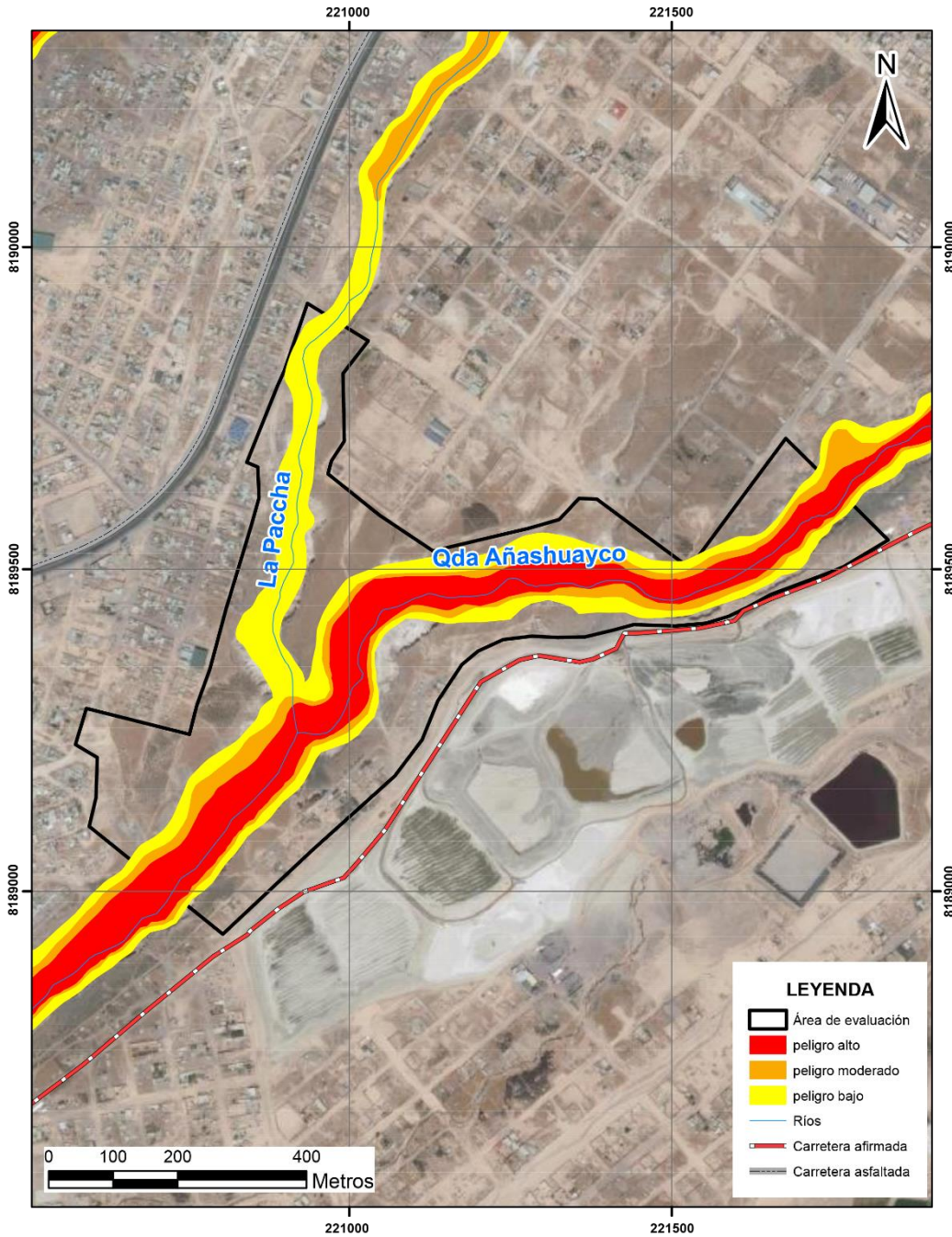


Figura 4. Mapa de peligro por lahares en el El proyecto “Creación del parque temático del sillar y circuito turístico de las canteras del sillar de Añashuayco del Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa”

#### 4.2 Caída de tefra (ceniza, escoria y pómez)

Sobre la ignimbrita Aeropuerto de Arequipa (Sillar de Arequipa) se han identificado depósitos de caída de tefra (ceniza, lapilli y bloques) intercalados con unidades de lahares antiguos del Pleistoceno y Holoceno y corrientes de densidad piroclástica. Los depósitos de tefra están



asociados a los volcanes Misti y Chachani y según su distancia a ambos volcanes el espesor puede variar desde centímetros a decímetros (*figura 5*).



*Figura 5. Intercalación de caídas de tefras del Chachani con lahares compactos y material reabajado que sobreyace a Ignimbrita Aeropuerto de Arequipa.*

El volcán Misti es considerado como un volcán activo, y por lo tanto existe la probabilidad de que pueda reactivarse generando una serie de peligros geológicos que afectarían a toda la ciudad de Arequipa, incluyendo las quebradas Añashuayco y la Paccha, las cuales se encuentran a 22 km del volcán. Según el mapa de peligros por caída de tefras la zona de estudio se encuentra en una zona de moderado peligro y principalmente sería afectado por ceniza volcánica, la cual puede generar daños en la infraestructura y población.

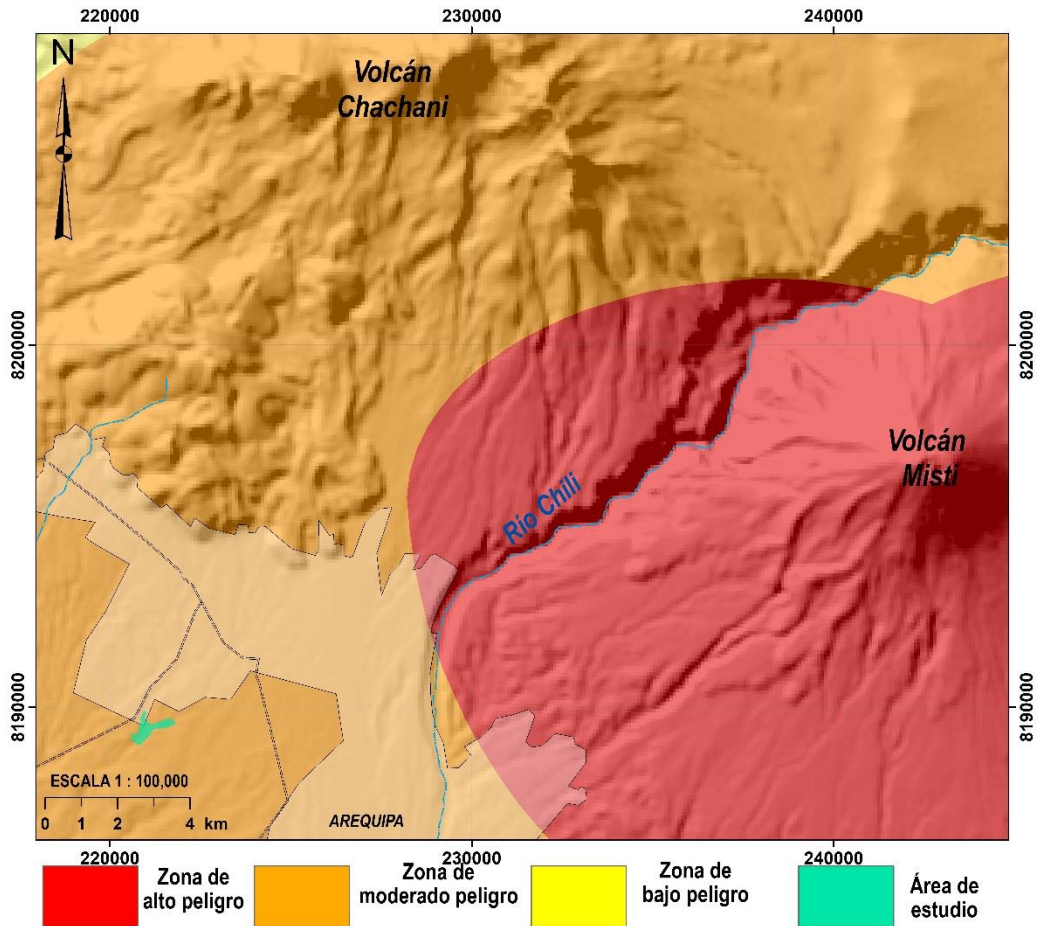
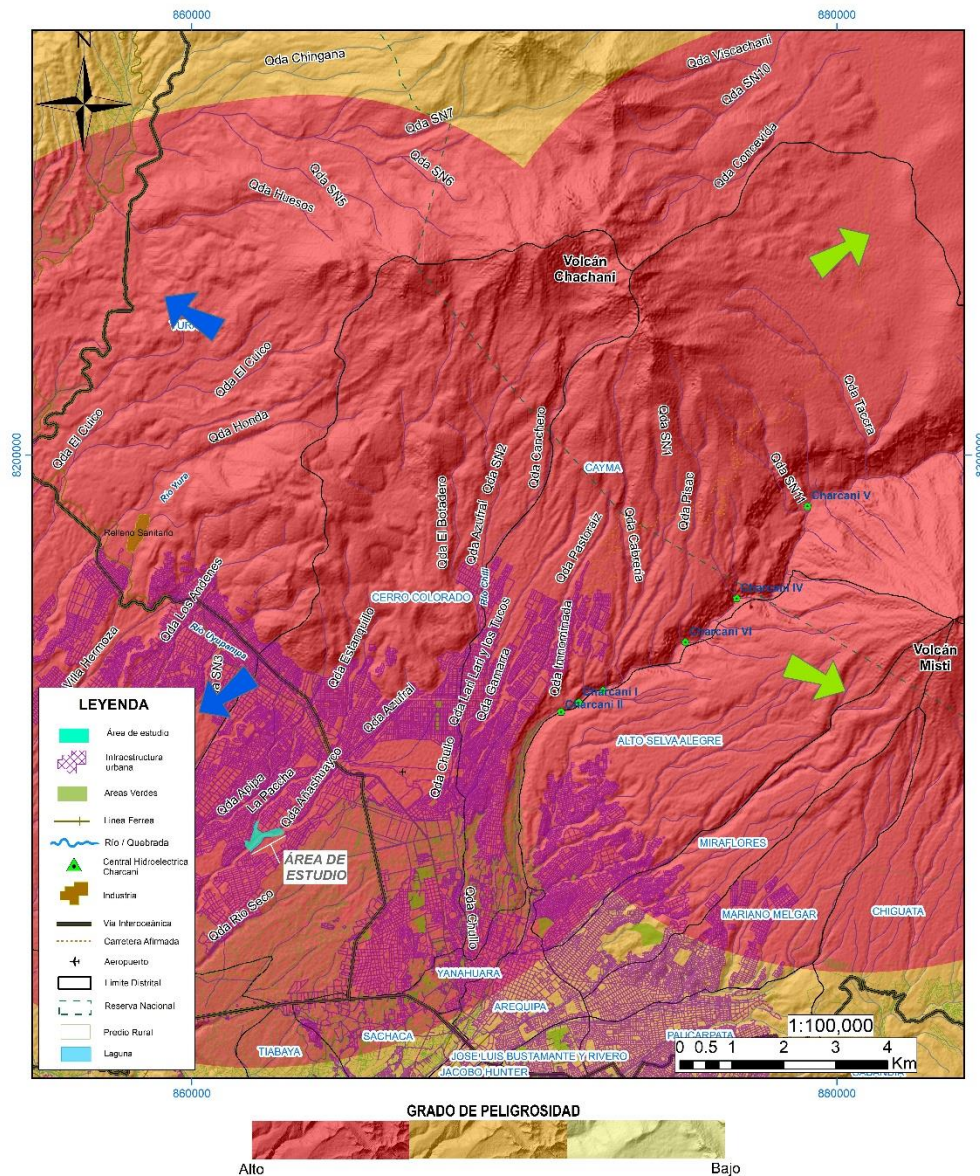


Figura 6. El proyecto “Creación del parque temático del sillar y circuito turístico de las canteras del sillar de Añashuayco del Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa” se encuentra en una zona de moderado peligro frente a la caída de ceniza volcánica por erupción del volcán Misti.

A diferencia del Misti, el CV Chachani es considerado como un volcán potencialmente activo, por lo cual, la probabilidad de una erupción es muy baja; sin embargo, no se debe descartar una reactivación. Por ello, también se ha elaborado un mapa de peligros por caída de tefras. Ambas quebradas se encuentran a 19 km hacia el suroeste del Chachani y ante una probable erupción la zona de estudio se encontraría en una zona de alto peligro.



**MAPA DE PELIGROS POR CAIDA DE CENIZAS**



La zona de alto peligro (rojo) puede ser afectada por la caída de cenizas y llegar a tener unos 10cm de espesor, la zona de moderado peligro (naranja) se vería afectada por caída de cenizas y podría llegar a depositar unos 0.024cm de espesor y la zona de bajo peligro (amarilla) se vería afectada por caída de cenizas y podría llegar a depositar 1mm de espesor.

➡ Nos indica la dirección de los vientos predominantes de Noviembre a Marzo. NW-SW

➡ Nos indica la dirección de los vientos predominantes de Abril a Octubre. NE-SE

*Figura 7. El proyecto “Creación del parque temático del sillar y circuito turístico de las canteras del sillar de Añashuayco del Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa” se encuentra en una zona de alto peligro frente a la caída de ceniza volcánica por erupción del Chachani.*

**4.3 Caída de rocas**

En las quebradas Añashuayco y la Paccha se puede observar que hay un fracturamiento importante y zonas con alta pendiente, lo cual puede contribuir a la caída de rocas y más aún si se produce un evento sísmico.



## 5. OPINION AL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA “CREACIÓN DEL PARQUE TEMÁTICO DEL SILLAR Y CIRCUITO TURÍSTICO DE LAS CANTERAS DE SILLAR DE AÑASHUAYCO DEL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”

En base a la revisión que se realizó al proyecto: “Creación del parque temático del sillar y circuito turístico de las canteras de sillar de Añashuayco del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa”, presentamos las siguientes opiniones:

- En la página N° 57 dice: “El sillar de estas canteras contra lo que se piensa más comúnmente no fue formado únicamente por las erupciones del volcán Misti; sino que principalmente es producto de erupciones de otro de sus volcanes: el Chachani, por ello que la mayor parte de estas canteras de sillar quedan en zonas más cercanas a él, como en este caso en Cerro Colorado”. **Según estudios recientes (Paquereau – Lebti et al., 2006, 2008), el sillar se formó hace 1.65 Ma, debido a erupciones explosivas muy violentas generadas por un volcán que estuvo antes de que existieran los volcanes Chachani y Misti. Así, el sillar de Arequipa (Ignimbrita Aeropuerto de Arequipa), no fue generado por erupciones del volcán Misti, ni de Chachani.**
- En la página 75 dice: ¿Existen antecedentes de interrupciones en el acceso al recurso relacionadas con peligros naturales, socio naturales y/o antrópicos?, **No menciona los peligros naturales a la que está expuesta la zona de estudio o las quebradas Añashuayco y La Paccha, donde se pretende construir las infraestructuras del proyecto.**
- En la página N° 93 dice: “por estudios geofísicos, por debajo de las ignimbritas blancas cuyo espesor promedio es de 80 metros existe otro acuífero confinado no explotado, para llegar al nivel freático del mismo es necesario perforar 180 metros de profundidad aproximadamente. Cualquiera que sea el discurrir de estos acuíferos como las quebradas en superficie, sigue la dirección y la gradiente del glacis o sea hacia el SW al sector de Pachacutec y Uchumayo”. **Sin embargo, no menciona la fuente bibliográfica, esta información es muy importante puesto que el proyecto se contempla la construcción de un “Ojo de agua”.**
- En la página 105 – en el Diagnóstico de los factores de riesgo contempla básicamente la posibilidad del riesgo por Fenómenos Sísmicos. En la tabla 35 “ASPECTOS GENERALES SOBRE LA OCURRENCIA DE PELIGROS EN LA ZONA” se reporta que no se han generado inundaciones ni huaycos sin embargo, **durante las fuertes precipitaciones en los meses de diciembre a marzo en los últimos años la quebrada Añashuayco como otras quebradas que descienden del Complejo Volcánico Chachani se han visto afectadas por los lahares (huaycos volcánicos) causando daño a la infraestructura, pérdidas económicas y vidas humanas, como lo ocurrido el 16 de febrero del 2018 en la quebrada Añashuayco. Durante el 2020, la ruta turística del sillar, en el sector de la quebrada Añashuayco el lahar ingresó inundando parte de la ruta (ver anexo 2). Además, en base a los estudios recientes se han identificado depósitos de lahares antiguos (Pleistoceno – Holoceno) y lahares recientes (época histórica). Los mapas de peligros por**

**lahares demuestran que la quebrada Añashuayco se encuentra en una zona de alto, moderado y bajo peligro, mientras que la quebrada la Paccha se encuentra en una zona de bajo peligro.**

- En la página 105 -Tabla 35 “ASPECTOS GENERALES SOBRE LA OCURRENCIA DE PELIGROS EN LA ZONA”. 3ra pregunta: ¿Existe la probabilidad de ocurrencia de algunos de los peligros señalados en las preguntas anteriores durante la vida útil del proyecto?, **indican que “Sí”, pero según la tabla solo se estaría considerando a los peligros por lluvias intensas, sismos y sequías, y no se consideran los otros peligros geológicos como inundaciones, huaycos, caída de tefras y caídas de roca.**

### ***5.1. Nivel de peligrosidad por lahares en las zonas propuestas para la construcción de proyecto***

Según el mapa de nivel de peligrosidad (*figura 8*), las infraestructuras afectadas, para un escenario de precipitación de 25 mm son el acceso Este, contemplación y ojo de agua, anfiteatro, explanada de escultura cinemática y laberinto, centro de interpretación y bosque Pétreo, paseo internacional de escultura, centro de interpretación, plaza mayor y escultura a gran escala. Las cuales se encontrarían en zona de peligro alto ante la ocurrencia de un flujo de detritos (lahares), en caso sean construidas en el lugar establecido en el proyecto. Ante un escenario de precipitaciones de 50 mm se verían afectadas todas las estructuras descritas anteriormente adicionándose la infraestructura de Galerías que se ubica en la confluencia de las quebradas Añashuayco y la Paccha. Finalmente, ante un escenario de precipitaciones de 125 mm se verán afectadas las 10 infraestructuras exceptuando el mirador y acceso oeste.

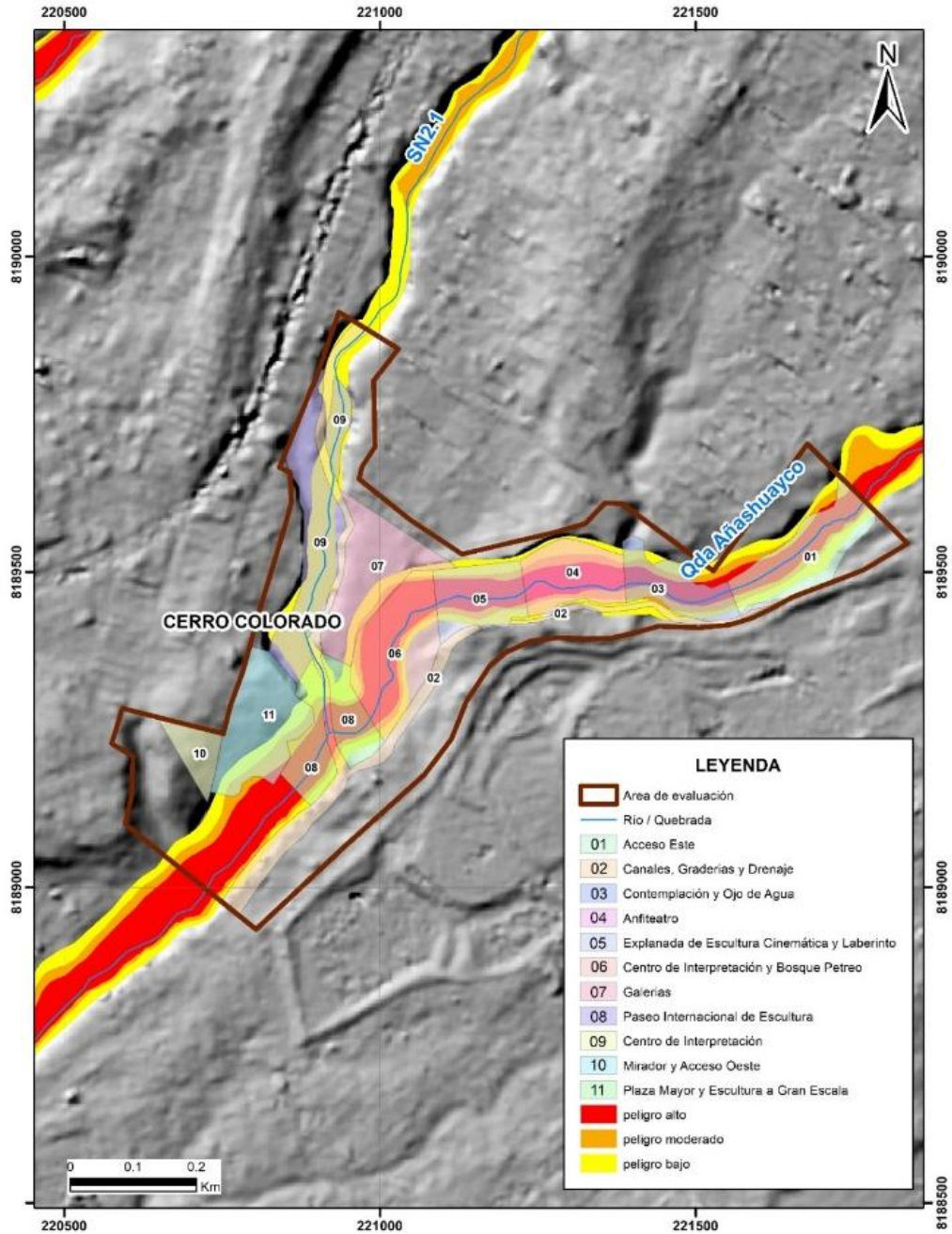


Figura 8. Mapa del nivel de peligrosidad en la posible infraestructura del del parque temático del Sillar y circuito turístico de las canteras de Sillar de Añashuayco del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

## 6. ALTERNATIVAS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

De los resultados obtenidos se observa que las quebradas Añashuayco y la Paccha se encuentran en zonas de alto, moderado y bajo peligro, por lo cual se debe desarrollar medidas de prevención y mitigación apropiadas basadas en el reconocimiento de los cambios tanto en la vulnerabilidad y en la resistencia.



### **6.1. Mitigación ante peligros por lahares**

Durante la temporada de lluvias, las quebradas Añashuayco y la Paccha se reactivan, debido al material volcánico presente en las laderas, la pendiente de las mismas, produciendo lahares de grandes volúmenes de material grueso y fino que pueden alcanzar grandes extensiones. Con el propósito de propiciar la fijación de estos materiales en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzar el lecho principal de las quebradas Añashuayco y la Paccha, retirando los bloques rocosos y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales siempre y cuando estos materiales sean de buenas características geotécnicas.
- Construcción de presas transversales de sedimentación escalonada (*figura 9*) para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas Añashuayco y la Paccha que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos, tales como presas tipo SABO,; ya sea presas de control, de rendijas, con pantalla de infiltración de fondo, tipo rejillas y las barras flexibles que debido a la permeabilidad de la red, los flujos se drenan como resultado de la retención del material sólido, fosas de decantación, etc.



*Figura 9. Presas tipo SABO de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los lahares.*

- De la misma forma en estas quebradas se podrían construir badenes de concreto o mampostería de piedra, alcantarillas, pontones o puentes, entre otros (*figura 10*), en función de las características geodinámicas y topográficas de la quebrada. Cabe mencionar que estas obras de infraestructuras que atraviesen estos cauces deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, evitándose obstrucciones y represamientos violentos.



*Figura 10. Obras de drenaje para redes viales (alcantarillas y pontones).*

- Además, estas obras deben ser acompañadas de obras de encauzamiento y limpieza del cauce de la quebrada arriba (*figura 11*), y obras de defensa contra erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto) ya mencionados.



*Figura 112. Limpieza de cauce de la quebrada.*

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la zona del proyecto “Creación del parque temático del sillar y circuito turístico de las canteras de sillar de Añashuayco del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa”, se consideran las quebradas Añashuayco y Paccha, en las cuales se han identificado depósitos asociados a lahares (huayco volcánico) recientes, material aluvial y material de desmonte.
2. Por ocurrencia de lahares en épocas de lluvia la quebrada Añashuayco se encuentra en una zona de alto, moderado y bajo peligro, mientras que la quebrada Paccha se encuentra en una zona de bajo peligro por lo cual gran parte de las obras de infraestructura contempladas en el proyecto podrían ser afectadas.
3. Por caída de ceniza volcánica para una erupción de magnitud baja del volcán Misti el área destinada para el proyecto se encuentra en una zona de moderado peligro, y el espesor de la ceniza sería inferior a 1 mm.
4. La probabilidad de erupción del Chachani es muy baja, sin embargo, si esto ocurriera la zona de estudio se encontraría en un nivel de peligro alto.
5. Se recomienda tomar en cuenta las obras de infraestructura propuestas en esta opinión técnica, a fin de reducir el riesgo de desastre.
6. Realizar una evaluación de los peligros geológicos de la zona en detalle, que pueda ser utilizada como información base para la elaboración de proyectos de desarrollo en la zona, con el fin de evitar un riesgo para estas obras y la vida humana.

  
ING. NÉLIDA MANRIQUE LLERENA

  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET



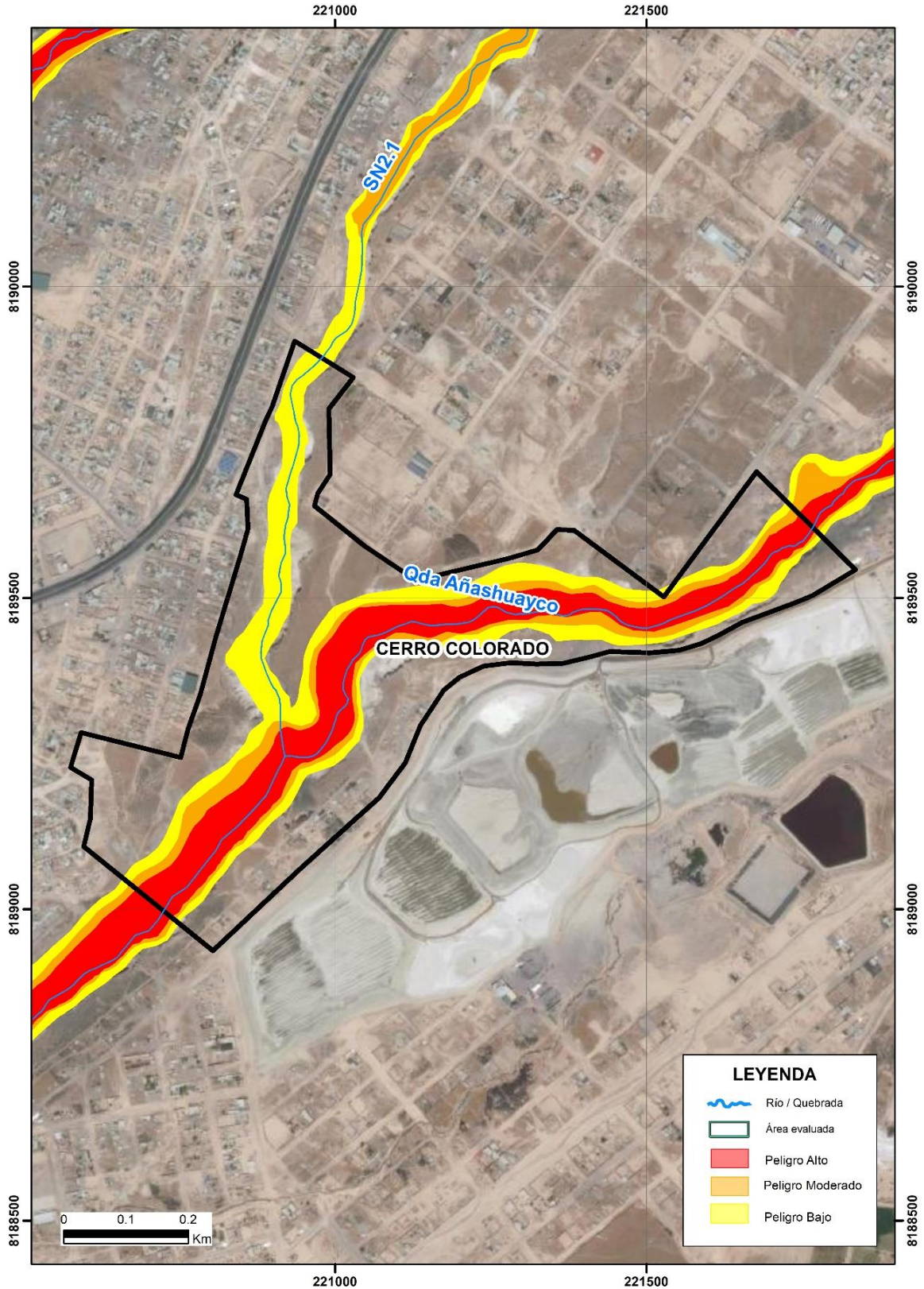
## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2016) – Geología y mapa de peligros del volcán Misti, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N°60.

- Paquereau, P.; Thouret, J.-C.; Wörner, G. & Fornari, M. (2006) - Neogene and Quaternary ignimbrites in the area of Arequipa, southern Peru: stratigraphical and petrological correlations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 154(3-4): 251-275.

## ANEXOS 1: FIGURAS

### MAPA DE PELIGROS DEL ÁREA EVALUADA



## Anexo 2

Tabla de ocurrencias por lahares en quebradas que descienden del Chachani.

Fecha	Tipo de peligro	Zona	Descripción
09/03/2013	Lahar	Cerro colorado	
02/02/2015	Lahar	Cerro colorado	* En el pueblo joven Santa Isabel se inundaron 38 viviendas. * Parte de la variante Uchumayo fue afectada Fuente: Enlace Nacional y América Noticias
13/01/2017	Lahar	Cerro Colorado	* En el pueblo joven Cono norte se produjo el colapso y daño de 150 viviendas, afectaron canales de riego, carreteras y puentes. * Dejo 225 personas afectadas y 3 heridos Fuente: INDECI
16/01 al 27/01 del 2017	Lahar	Cayma y Yanahuara	* Los lahares canalizaron la quebrada Chullo. Fuente: INDECI
16/01 al 27/01 del 2017	Lahar	Uchumayo	* Dejo 3 personas fallecidas a la altura del km 11, 12 y 13; y afectando más de 300 viviendas, puentes y vías de comunicación. Fuente: INDECI
02/02/2017	Lahar	Cerro Colorado	* Daños en la base de un puente de concreto Fuente: INDECI
27/02/2017	Lahar	Cerro Colorado	* Colapso de alcantarillas Fuente: INDECI
16/03/2017	Lahar	Planta Tomilla II	* En el camino conocido como Matagente o de los Muertos, se produjo los huaycos que alcanzaron una altura de 4m. Fuente: Diario La República
21/03/2017	Lahar	Cayma / Charcani Chico	* Se produjo el desborde de la represa de aguada blanca, afecto viviendas, áreas de cultivo, canales de riego y carreteras. Fuente: INDECI
15/02/2018	Lahar	Cerro Colorado y quebrada Añashuayco	* Dejo 1 persona fallecida y 1 herida, a lo largo de la quebrada afecto viviendas y vías de comunicación. Fuente: RPP Noticias
01/02/2019	Lahar	Cerro Colorado	* Se vio afectado el puente Añashuayco y algunas viviendas de las asoc. Amazonas, Pedro P. Diaz y Los Ángeles.
26/02/2020 y 13/03/2020	Lahar	Cerro Colorado y Yura	* Produjo el colapso y daño de 70 viviendas, además de afectar colegios y carreteras dejo un saldo de 32 familias damnificadas, también se afectó las canteras del Sillar de Añashuayco. Fuente: El Comercio
23/02/2020 al 25/02/2020	Lahar	Yanahuara – quebrada Chullo	* Los lahares afectaron la base de las viviendas en esta zona. Fuente: INGEMMET