



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

EVALUACIÓN GEODINÁMICA DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR EL DESCENSO DE LAHARES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA DURANTE FEBRERO DE 2026

(Región Arequipa)

Informe Técnico n.º 006-2026/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima-Perú
Marzo, 2026

CRÉDITOS

Nelly Paredes del Castillo
Ministra del Ambiente

Hernando Tavera
Jefe institucional del IGP

Juan Carlos Gómez
Director de la Dirección de Ciencias de la Tierra Sólida del IGP

Evaluación geodinámica de los daños ocasionados por el descenso de lahares en la ciudad de Arequipa durante febrero de 2026 (Región Arequipa)

Informe técnico

Marco Rivera
David Valdivia
Juan Cuno
Carla Arias
John Cruz
Barbara Cuadros
Marquinho Cabrera

Autores

Hernando Tavera
Jorge Concha
Edición de contenido

Jorge Concha
Diseño y diagramación

Este informe ha sido elaborado por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169, Mayorazgo, Ate, Lima
Teléfono: +5113172300

Accede libremente al Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) para descargar este informe:
<https://repositorio.igp.gob.pe/>



REGEN

Lima, marzo de 2026

Programa Presupuestal 068
REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
POR DESASTRES

ESTUDIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Actividad
Generación de información y monitoreo de peligro volcánico

EVALUACIÓN GEODINÁMICA DE LOS DAÑOS OCASIONADOS
POR EL DESCENSO DE LAHARES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
DURANTE FEBRERO DE 2026
(Región Arequipa)



Lima, Perú
Marzo de 2026

RESUMEN

Las intensas lluvias ocurridas en la ciudad de Arequipa en el mes de febrero de 2026 activaron varias quebradas que nacen en los volcanes Misti y Chachani, con el descenso de lahares o flujos de lodo y rocas que impactaron zonas urbanas de la ciudad de Arequipa. Los distritos más afectados fueron Cayma, Yanahuara, Cerro Colorado, Sachaca, Alto Selva Alegre, José Luis Bustamante y Rivero, Miraflores, Paucarpata, Cercado de Arequipa y Mariano Melgar. Estos flujos provocaron inundaciones, colapso de viviendas, daños en infraestructura vial y afectación a la población. Los escenarios observados son el resultado de la reducción del cauce natural de las quebradas producto de la ocupación urbana que ha experimentado la ciudad de Arequipa en los últimos 60 años.

A fin de cuantificar los escenarios presentes, se ha realizado modelados numéricos de ocurrencia de lahares para tres volúmenes de flujos: 150 000 m³, 350 000 m³ y 500 000 m³. Los resultados muestran que las áreas de alto y moderado peligro corresponden a las mismas áreas que fueron afectadas en febrero de 2026. Asimismo, los resultados indican que lahares con volúmenes iguales o mayores a 150 000 m³, podrían generar afectaciones aún más significativas en diversos sectores urbanos consolidados. Estos resultados aportan una base técnico-científica para la gestión del riesgo de desastres en Arequipa.

CONTENIDO

5	Resumen
9	Introducción
10	Eventos ocurridos en el pasado reciente
15	Quebradas en laderas del volcán Misti
18	Quebradas en laderas del volcán Chachani
21	Aspectos socioeconómicos
21	Población
21	Salud
21	Viviendas
26	Condiciones climatológicas
26	Condiciones meteorológicas en 2010–2026
27	Precipitaciones ocurridas del 1 al 22 de febrero de 2026
29	Activación de quebradas por lluvias
31	Zonas y obras de infraestructuras afectadas
31	Distrito de Cerro Colorado
32	Distrito de Yanahuara
35	Distrito de Cayma
38	Distrito de José Luis Bustamante y Rivero
39	Distrito de Paucarpata
40	Distrito de Alto Selva Alegre
41	Distrito de Sachaca
43	Distrito de Mariano Melgar
44	Distrito de Jacobo Hunter
45	Distrito de Cercado de Arequipa

47	Modelamiento numérico de lahares
47	Modelo digital
48	Simulación numérica
48	Escenarios de peligros por descenso de lahares
49	Escenario para descenso de lahares
50	Quebradas en el volcán Misti
52	Quebradas en el volcán Chachani
55	Discusión
55	Factores que influyen en la activación de quebradas
56	Distritos y sectores afectados
58	Conclusiones
59	Referencias



Afectación a lo largo de la avenida Metropolitana (Yanahuara) tras el desborde del lahar en la quebrada Chullo.



1. Introducción

Arequipa, la segunda ciudad más poblada del Perú con más de 1 100 000 habitantes (INEI, 2018), está ubicada a 2300 m s. n. m., al pie de los volcanes Misti y Chachani. Ante la ocurrencia de lluvias intensas entre los meses de diciembre a marzo, ambas estructuras volcánicas pueden dar origen a los lahares o flujos de lodo volcánico, que corresponden a mezclas de partículas volcánicas de diversos tamaños (ceniza, lapilli, bloques, etc.) que son movilizadas por el agua y que fluyen a velocidades de 3 m/s a 30 m/s por valles y quebradas que drenan de los volcanes (Figura 1).

Basados en su origen, los lahares pueden ser:

a) Lahares primarios. Se generan como consecuencia directa de una erupción volcánica, es decir, los materiales incandescentes emitidos por el volcán producen la fusión de grandes volúmenes de hielo y nieve que yacen en la

cumbre o las laderas del volcán, dando origen a los lahares. También pueden generarse en caso de que una erupción coincida con lluvias intensas (Thouret et al., 2019).

b) Lahares secundarios. Se producen después de haber ocurrido una erupción volcánica. Esta categoría incluye principalmente lahares generados por precipitaciones pluviales. Estos lahares pueden crecer en magnitud y ser recurrentes, lo que hace que su nivel de riesgo sea difícil de anticipar (Vallance & Iverson, 2015). Su volumen y descarga están limitados por la intensidad y duración de la precipitación pluvial, así como de la cantidad del material suelto disponible a ser incorporado. Su volumen está en el rango de 104–106 m³ (Mothes & Vallance, 2015).

En Arequipa, la precipitación pluvial media anual no supera los 150 mm y se presenta principalmente en los meses de diciembre a marzo de cada año. A menudo, estos eventos desencadenan lahares o huaicos que nacen en las faldas de los volcanes

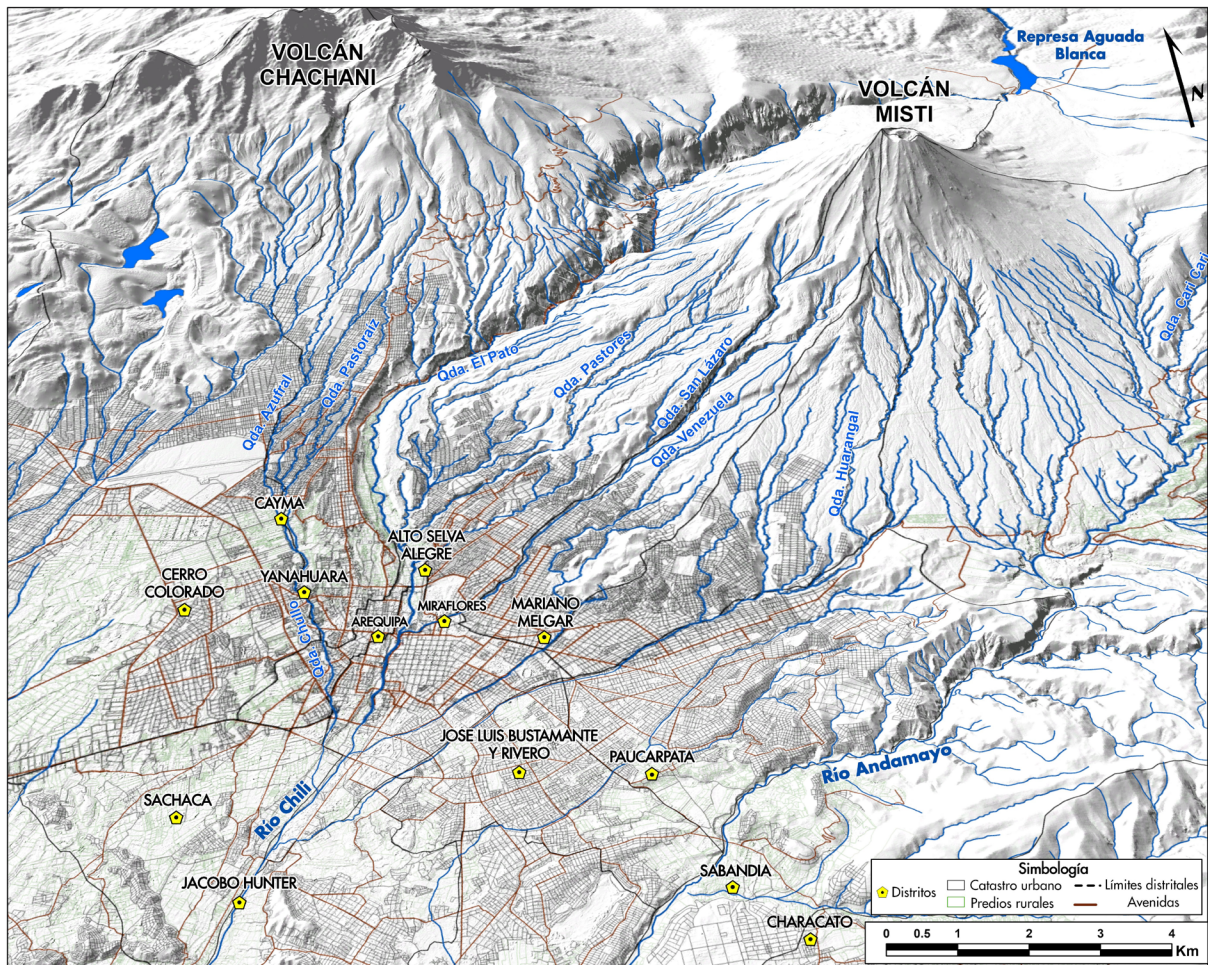


Figura 1. Mapa de ubicación de las quebradas que se prolongan de los volcanes Misti y Chachani.

Misti y Chachani y que luego discurren por las quebradas que cruzan la ciudad de Arequipa. Eventualmente, los flujos se desbordan, lo que genera inundaciones en áreas urbanas. Por ejemplo, entre el 19 y el 22 de febrero de 2026, las lluvias intensas en Arequipa desencadenaron lahares que arrastraron grandes volúmenes de sedimentos y bloques de piedras de hasta más de 2 m de diámetro. Los flujos descendieron por las quebradas El Pato, Pastores, Venezuela y Huarangal-Los Incas, afectando los distritos de Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, y Cercado de Arequipa. Asimismo, ese mismo día, se activó la quebrada Chullo, afectando a los distritos de Cayma, Cerro Colorado, Yanahuara y Sachaca, con viviendas inundadas, muros colapsados y vehículos arrastrados, principalmente en las urbanizaciones Los Ángeles de Cayma, Villa Continental, urbanización Los Frutales, urbanizaciones Buena Vista y Tahuaycani.

En general, en la ciudad de Arequipa, los desbordes e inundaciones que se producen a lo largo de las quebradas son el resultado de la reducción del cauce natural debido a la ocupación urbana que ha experimentado la ciudad en los últimos 60 años. En las partes altas, en sus nacientes, las quebradas tienen anchos de entre 80 m a 30 m; por el contrario, al ingresar a la zona urbana, el cauce se reduce hasta 3 m de ancho. En los últimos 100 años, el descenso de flujos de detritos afectó a alrededor de 33 000 habitantes, además de provocar daños en más de 7600 viviendas (INDECI, 2019; Thouret et al.,

2022). Por ejemplo, el 8 de febrero de 2013, debido a las lluvias intensas (124.5 mm durante tres horas), un flujo hiperconcentrado recorrió la quebrada Venezuela, afectando 280 viviendas y 23 puentes (peatonales, vehiculares y ferroviario), además de algunos centros comerciales (Ettinger et al., 2015).

En el presente informe se describen las causas del desborde de las quebradas que atraviesan la ciudad de Arequipa entre los días 19 y 22 de febrero de 2026, así como los efectos y daños ocasionados. Asimismo, se muestran las zonas que podrían ser potencialmente afectadas por futuros lahares de gran volumen, identificándose áreas urbanas, servicios públicos, infraestructura y otros elementos expuestos al descenso de lahares. La información contenida en este informe técnico-científico es relevante para la gestión del riesgo de desastres y la implementación de medidas de protección para la población y sus medios de vida.

1.1 Eventos ocurridos en el pasado reciente

En el pasado, se han producido en Arequipa lluvias intensas, las cuales han originado lahares o flujos de lodo de gran volumen. Desde 1911 hasta el presente, se han producido 44 eventos mayores de huaicos, desbordes e inundaciones que han provocado víctimas y diversos daños en los distritos adyacentes a los volcanes Misti y Chachani, tal como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Mapa de ubicación de las quebradas que se prolongan de los volcanes Misti y Chachani. Resumen cronológico del descenso de flujos de barro y daños ocasionados en Arequipa (Fuente: diarios de la ciudad de Arequipa).

n.º	Año	Fecha	Tipo de evento	Efectos y daños	Referencia
1	1911	14 de febrero	Inundación	Casas inundadas en la ciudad de Arequipa.	Vílchez y Sosa (2021)
2	1915	20 de febrero	Inundación	Las inundaciones afectaron a personas y casas.	Thouret et al. (2022)
3	1920	7-10 febrero	Huaico (flujo de escombros)	El flujo de escombros afectó a personas, además de causar muertes y casas dañadas.	Thouret et al. (2022)
4	1925	31 de enero	Huaico (flujo de escombros)	Los flujos de escombros generaron inundaciones a lo largo de las quebradas Chullo, San Lázaro y Venezuela. Arequipa fue declarada en emergencia.	Vílchez y Sosa (2021); Thouret et al. (2022)
5	1932	21 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	Los flujos de escombros generaron inundaciones en la ciudad de Arequipa.	Vílchez y Sosa (2021)
6	1935	28 de febrero	Inundación	Inundación en Huasacache, por ingreso de flujo sedimento-agua.	Vílchez y Sosa (2021)

7	1939	18 de enero	Inundación	Las lluvias intensas generaron flujos de sedimentos y agua.	Vílchez y Sosa (2021); Thouret et al. (2022)
8	1942	4 de enero	Inundación	Inundaciones en la zona baja de la ciudad de Arequipa. El flujo de sedimentos en la quebrada San Lázaro destruyó el puente ubicado cerca del parque Selva Alegre. Los flujos ingresaron por la quebrada Chullo y la quebrada San Lázaro. Se registró afectación a personas.	Vílchez y Sosa (2021); Thouret et al. (2022)
9	1943	16 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	Un flujo de escombros en la quebrada San Lázaro generó un desbordamiento cerca del puente Arnao, Goyeneche. La ciudad de Arequipa fue declarada en emergencia.	Vílchez y Sosa (2021)
10	1944	10 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	Las lluvias intensas activaron las quebradas, desbordándose en varios sectores de la ciudad. Se inundó una escuela y la urbanización María Isabel.	Vílchez y Sosa (2021)
11	1946	18 de febrero	Inundación	La inundación afectó a personas. Se produjeron víctimas mortales y daños en viviendas.	Thouret et al. (2022)
12	1949	23 de marzo	Huaico (flujo de escombros)	Fuertes lluvias generaron flujos de escombros al noreste de la ciudad de Arequipa.	Vílchez y Sosa (2021)
13	1954	5 de marzo	Huaico (flujo de escombros)	Las fuertes lluvias generaron inundaciones en la quebrada San Lázaro y la quebrada Venezuela, causando daños materiales considerables.	Vílchez y Sosa (2021); Thouret et al. (2022)
14	1955	13 de enero	Huaico (flujo de escombros)	Un flujo de escombros en la quebrada Huarangal causó destrucción. Se cortaron canales de riego y se interrumpió el suministro eléctrico.	Vílchez y Sosa (2021)
15	1961	25 de enero	Huaico (flujo de escombros)	Las fuertes lluvias generaron flujos de escombros y la ciudad de Arequipa se quedó sin electricidad. Dos hombres murieron. Más de 200 casas quedaron destruidas o dañadas. Numerosas carreteras quedaron destruidas y el tranvía quedó afectado. El puente de Izcuchaca se derrumbó y los canales de riego resultaron dañados.	Fernández y Benites (2003); Martelli (2011)
16	1961	11 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	Fuertes lluvias en Arequipa, acompañadas de tormentas eléctricas, generaron flujo de escombros y el aumento del caudal del río Chili. Cientos de casas cerca del río se inundaron. Los canales de riego de Characato quedaron destruidos; las casas rurales se inundaron y los campos de cultivo se vieron afectados. Flujos de escombros descendieron por la quebrada San Lázaro.	Fernández y Benites (2003); Futuri y Medina (2018)
17	1967	2 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	Flujos descendieron por las quebradas destruyendo 20 barrios e inundando viviendas en las zonas bajas de la ciudad de Arequipa. El nivel del agua alcanzó 1 m de altura. El 9 de febrero se produjo un deslizamiento de tierra en el río Chili que afectó la central eléctrica Charcani IV y dejó a la ciudad de Arequipa sin electricidad.	Fernández y Benites (2003); Futuri y Medina (2018)

18	1972	5 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	El desbordamiento de las quebradas causó daños a diversas urbanizaciones. En la quebrada San Lázaro el agua alcanzó una altura de 8 m, desbordándose e inundando viviendas en la zona baja de la ciudad.	Fernández y Benites (2003)
19	1973	12 de enero	Huaico (flujo de escombros)	La ciudad de Arequipa se quedó sin electricidad. No hubo servicios de telefonía ni transporte. Diez personas resultaron heridas, 42 casas destruidas y 90 familias afectadas. Cultivos y caminos sufrieron daños, y los cimientos del puente Bolognesi se vieron afectados.	Martelli (2011)
20	1975	4 de marzo	Huaico (flujo de escombros)	Las fuertes lluvias generaron flujos de escombros en todas las quebradas que se prolongan del volcán Misti, inundando y derrumbando viviendas ubicadas cerca de las quebradas; fallecieron 12 personas.	Vílchez y Sosa (2021)
21	1976	12 de marzo	Huaico (flujo de escombros)	El flujo de escombros que descendía de la quebrada San Lázaro desbordó e inundó destruyendo 60 viviendas. La zona de 9 de octubre fue la más afectada, donde fallecieron dos personas.	Vílchez y Sosa (2021)
22	1986	2-3 febrero	Inundación	Se produjeron inundaciones en zonas cercanas a las quebradas San Lázaro, Chullo y Cercado de Arequipa.	Thouret et al. (2022)
23	1989	8 de febrero	Inundación	Desborde del río Chili debido a que la obra inconclusa del puente Bajo Grau se derrumbó e impidió el paso del agua, provocando el desbordamiento e inundación. Resultaron afectadas viviendas y fábricas cerca de la avenida La Marina. Ese mismo día se generó un flujo de escombros que descendió por la quebrada San Lázaro y destruyó la rampa de acceso al puente de la Amistad. La planta potabilizadora de La Tomilla se vio afectada por un huaico que dejó a los habitantes sin servicio de agua durante 20 días. Cinco personas murieron y 300 familias resultaron afectadas. Casas, vehículos, carreteras y redes de servicios públicos quedaron destruidos. Los muros de contención de 20 m quedaron destruidos y se dañaron los cimientos del puente Bolognesi.	Martelli (2011); Vílchez y Sosa (2021); Fernández y Benites (2003); Futuri y Medina (2018)
24	1994	21-24 febrero	Inundación	Los puentes Bolognesi, Grau, San Martín y Tingo se vieron afectados. Más de 1000 hectáreas de tierras de cultivo quedaron destruidas, una docena de aldeas quedaron aisladas y las vías de acceso quedaron bloqueadas. Cuatro personas murieron.	Martelli (2011)
25	1995	—	Inundación	Inundación de calles en las zonas de Pampas de Polanco, Chilina, Miraflores, Socabaya, Yarabamba, Miguel Grau, etc.	Martelli (2011)

26	1997	25 de febrero	Inundación	Una fuerte lluvia, de 33.4 mm durante tres horas, generó huacos que inundaron diferentes sectores de la ciudad de Arequipa, provocando la muerte de cinco personas, daños al patrimonio público y privado. Se afectaron ambas márgenes de la quebrada Huarangal, donde se ubican las urbanizaciones Las Américas, La Pampilla, Pampas de Polanco, Ciudad Blanca, parte del Cercado de Arequipa, Terminal Terrestre y Parque Industrial.	Vílchez y Sosa (2021); Cruz (2021); Delaite et al. (2005)
27	1999	1 de marzo	Inundación	Las intensas lluvias generaron inundaciones en varios sectores de la ciudad, como los distritos de Paucarpata, Pochi y Alto Selva Alegre. Se afectaron 61 viviendas.	Rivera et al. (2018); Vilchez y Sosa (2021); Martelli (2011)
28	2000	18 de enero	Inundación	Las fuertes precipitaciones provocaron inundaciones en los AA. HH. El Mirador, Pueblo Libre, Ángeles y Villa María del Triunfo (distrito Mariano Melgar), así como en asentamientos humanos del distrito Alto Selva Alegre.	Vílchez y Sosa (2021)
29	2000	20 de enero	Inundación	Inundación de un sector del distrito de Paucarpata.	Vílchez y Sosa (2021)
30	2001	19 de marzo	Inundación	Inundaciones en los distritos de Cayma, Socabaya, Paucarpata, Alto Selva Alegre, José Luis Bustamante y Rivero y Mariano Melgar.	Martelli (2011); Vilchez y Sosa (2021)
31	2005	—	Inundación	Inundación en el distrito de Paucarpata: 33 personas y 11 viviendas afectadas.	SINPAD
32	2011	21 de febrero	Inundación	En el Cercado de Arequipa, 60 personas murieron, 25 casas quedaron destruidas y 6100 personas quedaron sin hogar. El 85 % de la ciudad se quedó sin agua. Cultivos, tierras de cultivo, canales de agua y carreteras quedaron dañados o destruidos.	SINPAD; Martelli (2011)
33	2012	18 de febrero	Inundaciones y lluvias intensas	En Arequipa se registraron fuertes lluvias con intensidad de hasta 130 l/m ² , lo que provocó inundaciones en los distritos de Alto Selva Alegre, Cercado de Arequipa y Paucarpata; aproximadamente 1000 personas resultaron afectadas y 200 viviendas resultaron dañadas.	SINPAD
34	2012	11 de marzo	Inundación	Se registró el desborde de la quebrada Huarangal, con un caudal de 30 m ³ /s, lo que ocasionó la devastación de tierras de cultivo y la inundación de viviendas, principalmente en la urbanización Pablo VI.	Cacya et al. (2013)

35	2013	8 de febrero	Inundación y lluvias intensas	Fuertes precipitaciones, con registros de hasta 124 l/m ² , generaron huaicos que dejaron más de 1000 viviendas inundadas en diferentes distritos de Arequipa, así como el sepultamiento de vehículos y la inundación de avenidas principales. Como consecuencia, cinco personas fallecieron y más de 15 resultaron heridas. Asimismo, se reportaron 125 personas afectadas, 500 m de vías urbanas dañadas, 2500 m lineales de caminos rurales afectados, el colapso de 200 m de red de agua potable y 25 m de red de alcantarillado. En los distritos de Alto Selva Alegre, Cercado de Arequipa, Mariano Melgar, Miraflores y Paucarpata, 21 014 personas resultaron afectadas, 74 viviendas destruidas y 4210 viviendas afectadas.	SINPAD
36	2016	22 de febrero	Inundación	Las fuertes lluvias inundaron viviendas, caminos y locales públicos, afectando a 7 familias. En los distritos de Alto Selva Alegre, Arequipa y Mariano Melgar, 896 personas resultaron afectadas y 229 viviendas sufrieron daños.	SINPAD
37	2016	26 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	Las lluvias afectaron vías urbanas y viviendas en el distrito de Alto Selva Alegre e interrumpieron servicios básicos como agua y drenaje. Los daños ocasionaron la muerte de 41 personas, 684 personas afectadas, 11 viviendas inhabitables, 17 viviendas afectadas, el 5 % del servicio de agua y el 30 % del servicio de alcantarillado, y 9 km de carreteras afectadas.	SINPAD
38	2017	13 de enero	Huaico (flujo de escombros)	En la ciudad de Arequipa, durante 18 horas se registraron fuertes lluvias consecutivas con intensidad de hasta 24 l/m ² , registrando daños en el distrito Alto Selva Alegre. Las fuertes precipitaciones provocaron desbordamientos en las quebradas San Lázaro y El Pato, afectando con no menos de tres flujos a 750 personas, 150 viviendas, 3 km de vías y el puente Arnao. En el distrito de Paucarpata hubo un muerto, 2 heridos, 2315 personas afectadas, 17 viviendas destruidas y 463 viviendas afectadas.	SINPAD
39	2017	Febrero	Huaico (flujo de escombros)	Lluvias intensas generaron un flujo de escombros desde el flanco noroeste del volcán Misti. El caudal descendió por la quebrada Matagente, lo que contribuyó al aumento del caudal del río Chili, que alcanzó los 45 m ³ /s. Esto impactó el muro de protección construido en la margen derecha del río Chili y gradualmente comenzó a erosionar la base, causando la rotura de unos 40 m de tubería de agua. Esto dejó sin suministro de agua potable a los habitantes de la zona y a las zonas altas de los distritos de Cayma, Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar y Paucarpata.	Aguilar y Vela (2018)

40	2020	22 de enero	Inundación	En el distrito de Miraflores, fuertes lluvias afectaron a tres familias (cinco personas) y tres viviendas; además, resultaron afectadas 32 tramos de vías urbanas.	SINPAD
41	2020	28 de enero	Huaico (flujo de escombros)	Una fuerte lluvia generó un flujo de escombros que afectó el barrio Los Girasoles, en el distrito de Miraflores, siendo afectadas 143 personas y 110 viviendas, así como seis aulas del colegio José Gálvez y 25 tramos de vías de comunicación. Además, tres viviendas quedaron sin servicios básicos.	SINPAD
42	2020	24 de febrero	Huaico (flujo de escombros)	Las precipitaciones, con 27.4 mm acumulados, generaron huaicos e inundaciones en diferentes sectores de la ciudad de Arequipa, como Pozo Negro, Baden (Paucarpata), Lara (Socabaya), Terminal Terrestre, Tingo Grande y Jacobo Hunter. Fueron afectadas 246 personas, una vivienda destruida, seis puentes y 38 viviendas afectadas. Otros flujos de escombros afectaron la urbanización Independencia Americana (Yanahuara) y el puente Monserrat (Cerro Colorado).	SINPAD
43	2020	13 de marzo	Huaico (flujo de escombros)	Las precipitaciones pluviales intensas afectaron a 220 familias (326 personas) en el distrito de Miraflores. Además, afectaron 220 viviendas (212 con paredes de ladrillo o bloques de cemento, una de piedra con barro y siete edificaciones de piedra o sillar con cal o cemento).	SINPAD
44	2021	2 de enero	Huaico (flujo de escombros)	Un flujo de escombros que se desbordó en la zona urbana de Arequipa provocó la muerte de cuatro personas, más de 15 heridos y más de un centenar de viviendas inundadas en los distritos de Alto Selva Alegre, Arequipa, Mariano Melgar, Miraflores y Paucarpata; resultaron afectadas 132 personas y 1985 m de vías.	SINPAD

1.2 Quebradas en laderas del volcán Misti

A continuación, se detallan las características de las quebradas que se prolongan desde las laderas del volcán Misti (Figura 2) con dirección a la ciudad de Arequipa.

- Quebrada El Pato

Se origina en inmediaciones del sector suroeste del volcán Misti (Figura 2), específicamente en las microcuencas que descienden del cerro Pacheco. En su curso superior, el cauce presenta un ancho que varía entre 100 m y 150 m, el

cual se reduce progresivamente hasta 10–15 m en los sectores de Villa Confraternidad y Villa Ecológica, y finalmente, alrededor de 3 m cerca de su desembocadura en el río Chili. Su longitud aproximada de recorrido es de 6 km.

- **Quebrada Pastores**

Se origina en las depresiones topográficas al

suroeste del volcán Misti, a partir de un conjunto de pequeñas quebradas tributarias. En la parte alta, la quebrada tiene un ancho que varía de 150 m a 200 m, y una profundidad de 40 m a 70 m. Hacia su desembocadura en las proximidades del río Chili, el cauce se estrecha hasta aproximadamente 1.5 m debido a que en las partes bajas se tiene la presencia de sedimentos volcánicos consolidados difícilmente erosionables por el agua. Su longitud aproximada de recorrido es de 8 km.

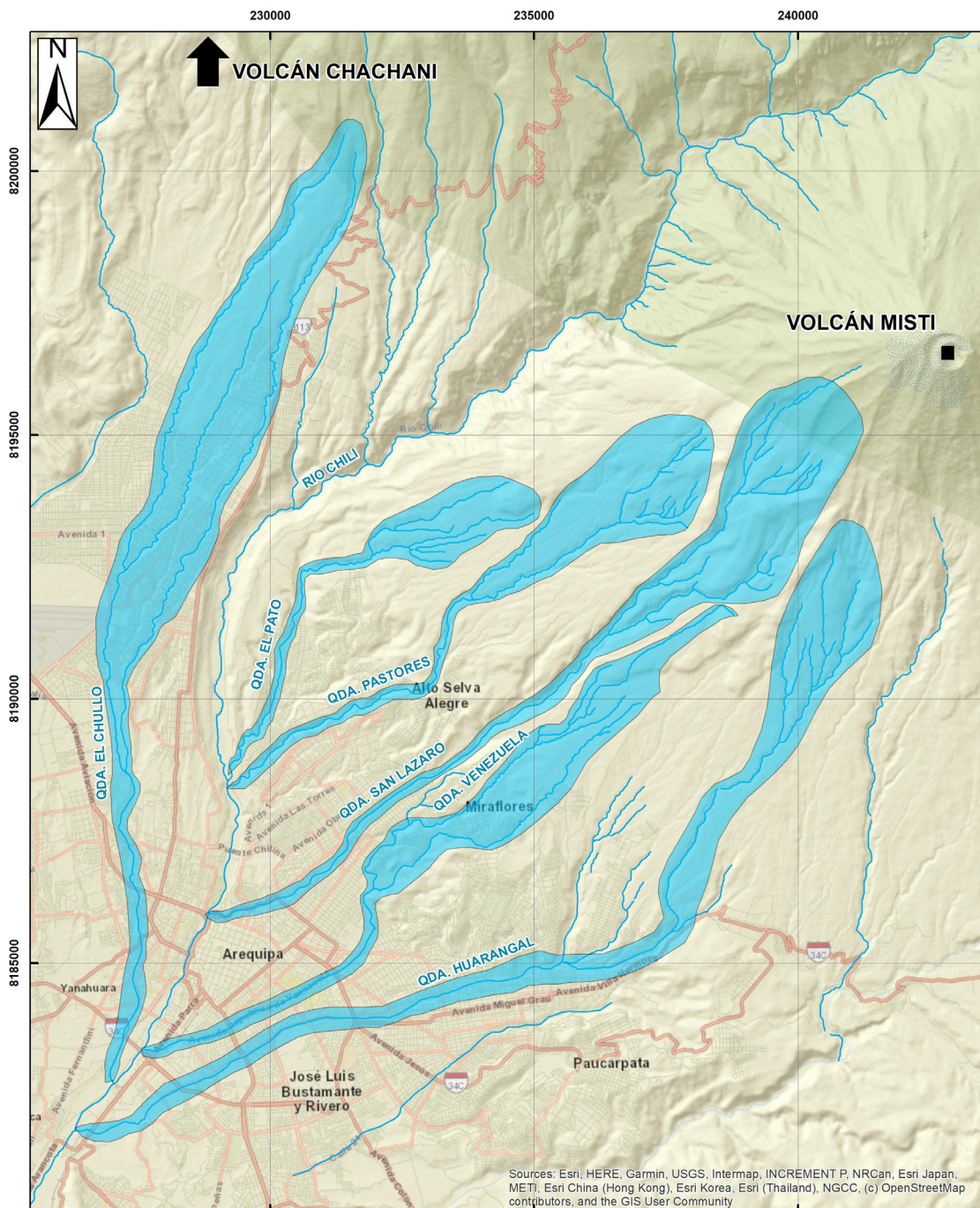


Figura 2. Mapa de ubicación de las quebradas que se prolongan de los volcanes Misti y Chachani.

- Quebrada San Lázaro

Tradicionalmente conocida como segunda Torrentera. Presenta anchos que oscilan entre 100 m y 450 m, con profundidades de 100 m a 150 m. Desde la avenida La Torre, dicha quebrada ha sido canalizada hasta su confluencia con el río Chili, en un tramo de aproximadamente 2 km.

- Quebrada Venezuela

Tradicionalmente denominada tercera torrentera o Miraflores. Se origina en las depresiones topográficas occidentales del cerro El Botadero, con un ancho que varía entre 50 m y 100 m. Esta quebrada posee dos afluentes principales: uno que drena desde aguas arriba del A. H. Vista Alegre hacia la urbanización Cooperativa 14, y otro que drena desde el A. H. Los Girasoles hacia el sureste. La unión de ambas quebradas se produce en las inmediaciones de las Torres de la Alameda Salaverry. A partir de este punto, la quebrada Venezuela cruza la ciudad de Arequipa en dirección NE-SO hasta desembocar en el río Chili, y está canalizada desde la Avenida Mariscal Castilla hasta el Parque Industrial, cercano a su desembocadura.

- Quebrada Huarangal-Los Incas

Tradicionalmente conocida como cuarta torrentera o Mariano Melgar. Se origina por la confluencia de las quebradas Huarangueros, Pampa Blanca y Huarangal. La quebrada Huarangueros presenta anchos entre 150 m y 200 m y profundidades de 60 m a 150 m; la quebrada Pampa Blanca tiene anchos de 100 m a 150 m y profundidades de 50 m a 100 m, mientras que la quebrada Huarangal alcanza anchos de 100 m a 130 m y profundidades de 50 m a 100 m (Figura 3).

Sin embargo, al ingresar al área urbana, el cauce de la quebrada Huarangal-Los Incas se estrecha progresivamente debido a la ocupación del lecho y al relleno con material antrópico, escombros de construcción y residuos sólidos. El primer estrechamiento importante se presenta en el sector de Miguel Grau Etapa V, donde confluyen las tres quebradas y el ancho se reduce a aproximadamente a 30 y 20 m (Figura 4). Esta reducción continúa por la avenida Perú, hasta alcanzar cerca de 12 m en la avenida Mariscal Castilla. A la altura de la Universidad Continental, el cauce mantiene un ancho de 12 m (Figura 5C); no obstante, al llegar al Terminal Terrestre, se reduce a menos de 10 m (Figura 5B). Finalmente,

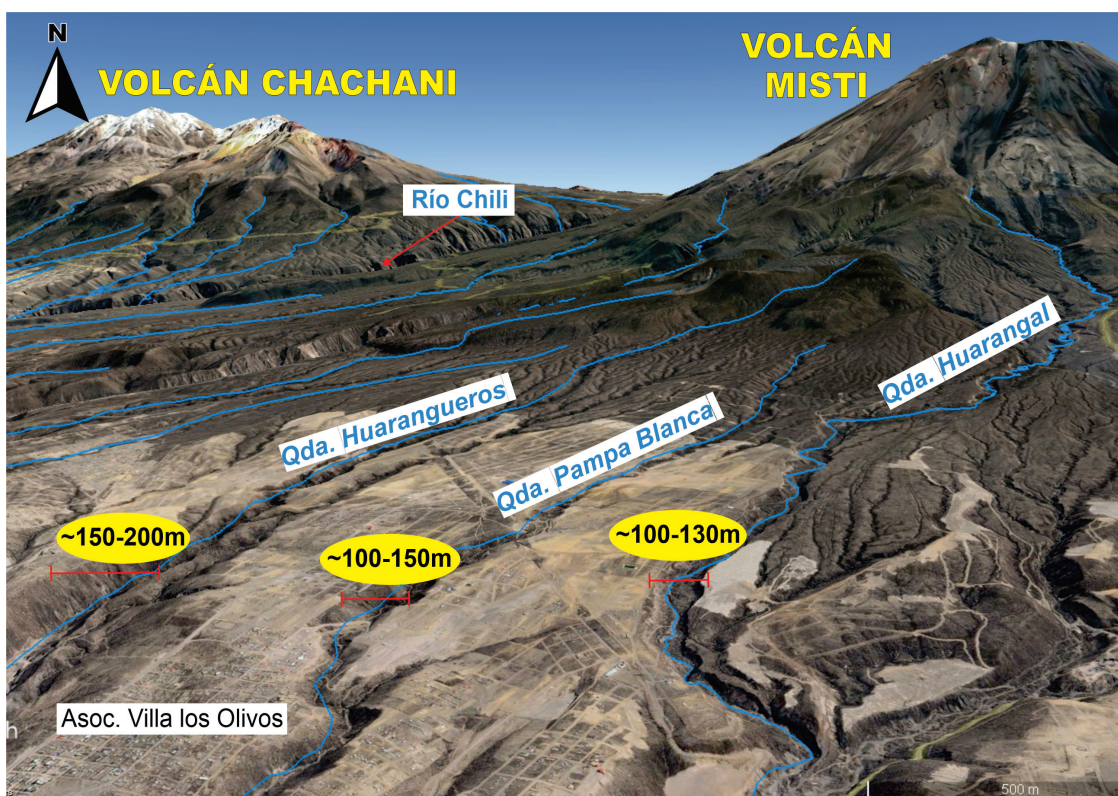


Figura 3. Curso superior de las quebradas afluentes de la quebrada Huaranga-Los Incas. El área en amarillo indica el ancho de la quebrada.

continúa su recorrido hasta su desembocadura en el río Chili, a la altura del cuartel Arias Aragüés,

en el distrito de Tingo. La quebrada tiene una longitud total aproximada de 21 km.



Figura 4. Imagen satelital que muestra los afluentes de la quebrada Huarangal-Los Incas en la ciudad de Arequipa. El área en amarillo indica el ancho de la quebrada.



Figura 5. A) Curso inferior de la quebrada Huarangal-Los Incas. B) Sector del Terminal Terrestre de Arequipa, donde el ancho de la quebrada Huarangal-Los Incas tiene menos de 7 m. C) Sector de la Universidad Continental. El área en amarillo indica el ancho de la quebrada.

1.3 Quebradas en laderas del volcán Chachani

En el flanco sur del volcán Chachani se tiene la presencia de un gran número de afluentes de la quebrada Chullo, como son las quebradas Azufral Lari Tucos, Azufral Gamarra y Pastoraiz, y otros afluentes del curso medio, conocidos como quebradas San Pedro y Tributaria. La mayoría de estas quebradas tienen cauces que superan los 100 m de ancho y, en conjunto, dan origen a la quebrada Chullo que ingresa al área urbana atravesando los distritos de Cayma, Cerro Colorado, Yanahuara y Sachaca, hasta desembocar en el río Chili, con un recorrido aproximado de 20 km.

En las cabeceras, la quebrada Azufral Lari Tucos presenta anchos entre 250 m y 350 m, con profundidades cercanas a 80 m, mientras que la quebrada Azufral Gamarra tiene anchos de 50 m a 100 m y profundidades de 20 m a 30 m. La quebrada Pastoraiz tiene anchos de 150 m a 200 m y profundidades de 50 m a 80 m (Figura 6).

En la zona urbana, los anchos de los cauces

comienzan a reducirse progresivamente, así como a tener menos pendiente. Desde los sectores de Villa Paraíso (Cerro Colorado), asociación Nazareno y urbanización Deán Valdivia (Alto Cayma), las quebradas Azufral Lari Tucos y Azufral Gamarra confluyen, en cuyos sectores el ancho del cauce se reduce de 60 m a 30 m (Figura 7). En el caso de la quebrada Pastoraiz, desde la asociación San Martín de Porres y Casimiro Cuadros, el cauce se estrecha entre 10 m y 20 m, incorporándose en este tramo las quebradas menores de San Pedro y Tributaria.

En el curso medio e inferior de la quebrada Chullo, a la altura de la urbanización El Rosario II (Cerro Colorado) y Quinta Samay (Cayma), todos los aportes confluyen en una sola torrentera cuyo ancho se reduce a valores entre 4 m y 3 m. Desde este punto, el cauce de la quebrada Chullo mantiene secciones estrechas, mientras atraviesa las urbanizaciones Los Ángeles de Cayma, Los Frutales (Figura 8A), inmediaciones del colegio Lord Byron (Figura 8B) y Cooperativa de abogados, Buena Vista, Independencia Americana (Figura 8C), Flora Tristán, Tahuaycani y Arrayanes, hasta su desembocadura en el río Chili, en un tramo aproximado de 7 km (Figura 8).

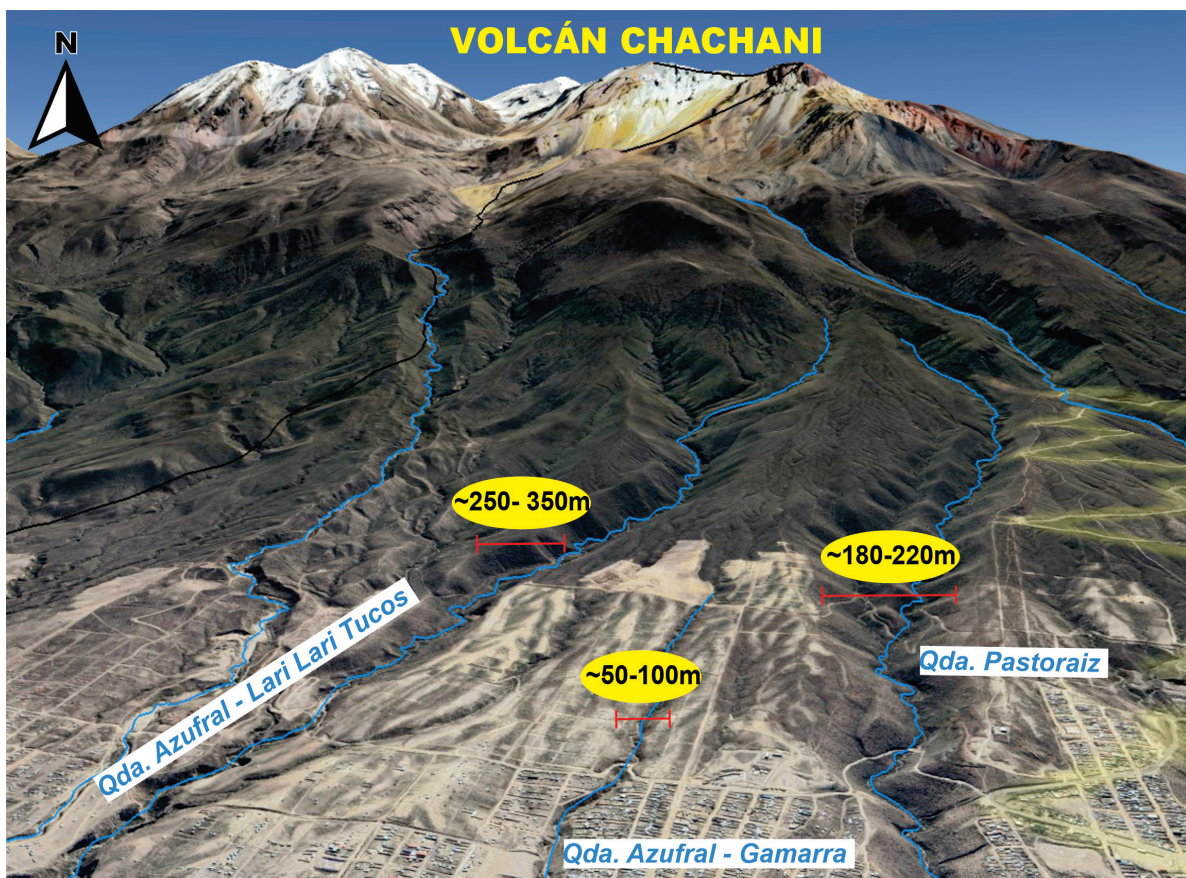


Figura 6. Curso superior de las quebradas afluentes de la quebrada Chullo. El área en amarillo indica el ancho de la quebrada.



Figura 7. Vista de los afluentes de la quebrada Chullo. El área en amarillo indica el ancho de la quebrada.

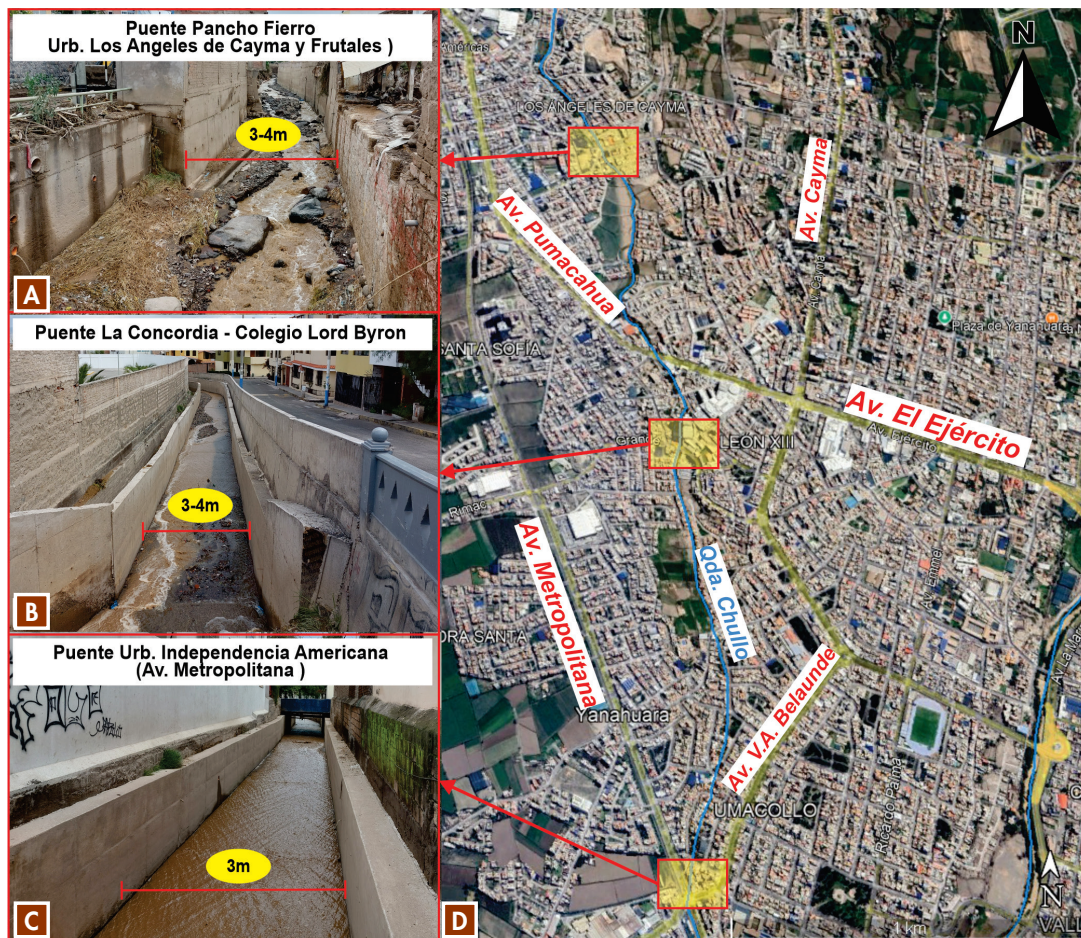


Figura 8. A) Sector del puente Pancho Fierro, urbanización Los Ángeles de Cayma y los Frutales. B) Puente La Concordia, en el colegio Lord Byron. C) Cruce de la torrentera en las avenidas Metropolitana y Belaúnde. D) Curso de la quebrada Chullo.

2. Aspectos socioeconómicos

Se presentan datos de la población a nivel distrital, número de puestos de salud, aspectos socioeconómicos de la población de 12 distritos de la ciudad de Arequipa: Miraflores, Mariano Melgar, Alto Selva Alegre, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, Cercado de Arequipa, Cerro Colorado, Yanahuara, Sachaca, Cayma, Yura y Jacobo Hunter, para lo cual se ha utilizado la información del Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas (INEI, 2017).

2.1 Población

Los distritos de Miraflores, Mariano Melgar, Alto Selva Alegre, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, Cercado de Arequipa, Cerro Colorado, Yanahuara, Sachaca, Cayma, Yura y Jacobo Hunter, por donde atraviesan las quebradas que nacen en los volcanes Misti y Chachani, cuentan con la población indicada en la Tabla 2, siendo los distritos más poblados el de Cerro Colorado, con 207 114 habitantes, y Paucarpata, con 131 346 habitantes.

Tabla 2. Población de los distritos de Miraflores, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, Mariano Melgar, Alto Selva Alegre, Cercado de Arequipa, Cayma, Yanahuara, Sachaca, Cerro Colorado y Jacobo Hunter, provincia de Arequipa (Censo Nacional de Población y Vivienda, INEI, 2017).

n.º	Distrito	n.º habitantes
1	Miraflores	62 895
2	Paucarpata	131 346
3	José Luis Bustamante y Rivero	81 829
4	Mariano Melgar	59 918
5	Alto Selva Alegre	85 870
6	Cercado de Arequipa	55 437
7	Cayma	99 968
8	Yanahuara	26 512
9	Sachaca	19 796
10	Cerro Colorado	207 114
11	Yura	35 455
12	Jacobo Hunter	52 426

2.2 Salud

Los distritos de Paucarpata, Miraflores, José Luis Bustamante y Rivero, Mariano Melgar, Alto Selva Alegre, Cercado de Arequipa, Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara, Sachaca y Yura cuentan con servicios de salud pública y privada, conformados de puestos de salud, policlínicos, servicios de salud, hospitales y consultorios médicos (Tabla 3).

Tabla 3. Centros de salud en los distritos de Miraflores, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, Mariano Melgar, Alto Selva Alegre, Cercado de Arequipa, Cayma, Yanahuara, Sachaca, Cerro Colorado, Yura y Jacobo Hunter (INEI, 2017).

n.º	Distrito	n.º de centros de salud
1	Miraflores	12
2	Paucarpata	69
3	José Luis Bustamante y Rivero	24
4	Mariano Melgar	11
5	Alto Selva Alegre	9
6	Cercado	127
7	Cayma	07
8	Yanahuara	1
9	Sachaca	1
10	Cerro Colorado	11
11	Yura	04
12	Jacobo Hunter	08

2.3 Viviendas

Las viviendas de los distritos de Paucarpata, Miraflores, José Luis Bustamante y Rivero, Mariano Melgar, Alto Selva Alegre, Cercado de Arequipa, Cerro Colorado, Yanahuara, Cayma, Sachaca y Yura presentan en su mayoría paredes compuestas por material de ladrillo o bloque de cemento (97.9 % a 82.6 %), piedra o sillar con cal o cemento (8.7 % a 0.8 %) y, en menor porcentaje, de adobe, tapia, quincha, piedra con barro y madera, tal como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Material predominante de las paredes de las viviendas en los distritos de Miraflores, Alto Selva Alegre, José Luis Bustamante y Rivero, Paucarpata, Mariano Melgar, Cercado de Arequipa, Cayma, Sachaca, Yura, Cerro Colorado y Jacobo Hunter (Censo Nacional de Población y Vivienda, INEI, 2017).

Distrito	Tipo de material	Cantidad	%
Miraflores	Ladrillo o bloque de cemento	13 176	87.6
	Piedra o sillar con cal o cemento	1055	7.01
	Adobe	588	3.91
	Quincha	1	0.01
	Piedra con barro	6	0.04
	Madera	50	0.33
	Triplay, calamina o estera	34	0.23
	Total de viviendas	15 041	100
Alto Selva Alegre	Ladrillo o bloque de cemento	19 323	88.96
	Piedra o sillar con cal o cemento	1272	5.86
	Adobe	812	3.74
	Tapia	1	0
	Quincha	5	0.02
	Piedra con barro	30	0.14
	Madera	168	0.77
	Triplay, calamina o estera	110	0.51
	Total de viviendas	21 721	100
Mariano Melgar	Ladrillo o bloque de cemento	13 808	86.76
	Piedra o sillar con cal o cemento	1035	6.5
	Adobe	609	3.83
	Tapia	2	0.01
	Piedra con barro	68	0.43
	Madera	197	1.24
	Triplay, calamina o estera	196	1.23
	Total de viviendas	15 915	100
Paucarpata	Ladrillo o bloque de cemento	27 494	92.25
	Piedra o sillar con cal o cemento	1162	3.9
	Adobe	788	2.64
	Tapia	1	0
	Quincha	1	0

Paucarpata	Piedra con barro	46	0.15
	Madera	204	0.68
	Triplay, calamina o estera	109	0.37
	Total de viviendas	29 805	100
José Luis Bustamante y Rivero	Ladrillo o bloque de cemento	20 327	97.94
	Piedra o sillar con cal o cemento	162	0.78
	Adobe	117	0.56
	Tapia	3	0.01
	Quincha	1	0
	Piedra con barro	2	0.01
	Madera	67	0.32
	Triplay, calamina o estera	75	0.36
	Total de viviendas	20 754	100
Cercado de Arequipa	Ladrillo o bloque de cemento	12 603	88.42
	Piedra o sillar con cal o cemento	894	6.27
	Adobe	656	4.6
	Quincha	5	0.04
	Piedra con barro	3	0.02
	Madera	51	0.36
	Triplay, calamina o estera	41	0.29
	Total de viviendas	14 253	100
Cayma	Ladrillo o bloque de cemento	21 674	88.17
	Piedra o sillar con cal o cemento	1476	6.00
	Adobe	1134	4.61
	Tapia	1	0.00
	Quincha	6	0.02
	Piedra con barro	23	0.09
	Madera	168	0.68
	Triplay, calamina o estera	99	0.40
	Total de viviendas	24 581	100
Yanahuara	Ladrillo o bloque de cemento	6811	94.53
	Piedra o sillar con cal o cemento	231	3.21
	Adobe	107	1.49

Yanahuara	Tapia	-	0.00
	Quincha	-	0.00
	Piedra con barro	2	0.03
	Madera	33	0.46
	Triplay, calamina o estera	20	0.28
	Otro material	1	0.01
	Total de viviendas	7205	100
Sachaca	Ladrillo o bloque de cemento	5323	85.48
	Piedra o sillar con cal o cemento	426	6.84
	Adobe	307	4.93
	Tapia	1	0.02
	Quincha	1	0.02
	Piedra con barro	17	0.27
	Madera	112	1.80
	Triplay, calamina o estera	40	0.64
Total de viviendas	6227	100	
Cerro Colorado	Ladrillo o bloque de cemento	48 464	83.34
	Piedra o sillar con cal o cemento	5065	8.71
	Adobe	3515	6.04
	Tapia	4	0.01
	Quincha	12	0.02
	Piedra con barro	126	0.22
	Madera	599	1.03
	Triplay, calamina o estera	366	0.63
Total de viviendas	58 152	100	
Yura	Ladrillo o bloque de cemento	10 313	82.61
	Piedra o sillar con cal o cemento	965	7.73
	Adobe	865	6.93
	Tapia	3	0.02
	Quincha	2	0.02
	Piedra con barro	78	0.62
	Madera	145	1.16
	Triplay, calamina o estera	113	0.91
Total de viviendas	12 484	100	

Jacobó Hunter	Ladrillo o bloque de cemento	9933	88.1
	Piedra o sillar con cal o cemento	731	6.48
	Adobe	435	3.86
	Tapia	1	0.01
	Quincha	1	0.01
	Piedra con barro	7	0.06
	Madera	107	0.95
	Triplay, calamina o estera	63	0.56
	Total de viviendas	11 278	100

3. Condiciones climatológicas

3.1 Condiciones meteorológicas en 2010–2026

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) cuenta con estaciones meteorológicas automatizadas distribuidas al pie del volcán Misti, como Charcani, San Francisco, La Pampilla y Chiguata (Tabla 5). Asimismo, dispone de estaciones meteorológicas en la zona

norte de la ciudad, como Yura y Cayma, ambas en las cercanías del volcán Chachani. La estación Tingo Grande es la más lejana a ambos volcanes y está ubicada en el distrito de Jacobo Hunter.

Entre los años 2010 y 2026, las mayores precipitaciones ocurrieron durante los meses de enero, febrero y marzo. De acuerdo con el registro de las estaciones meteorológicas de Chiguata y La Pampilla, el mes de febrero fue el más lluvioso. Por otro lado, de acuerdo con los datos de la estación Chiguata, en febrero de 2012 se dio la mayor precipitación acumulada mensual, con un máximo de 230.7 mm (Tabla 6). Asimismo, hasta el 25 de febrero de 2026, las precipitaciones mensuales, entre enero y febrero, llegaron a acumular entre 67 mm y 188.3 mm.

Tabla 5. Ubicación y altitud de las estaciones meteorológicas automáticas del SENAMHI en la ciudad de Arequipa: La Pampilla, Chiguata, Charcani, Cayma, San Francisco y Tingo Grande.

Estación meteorológica	Coordenadas		Altitud (m s. n. m.)
	Latitud	Longitud	
La Pampilla	16°24'49.83" S	71°32'4.27" W	2365
Chiguata	16°24'23.22" S	71°24'32.9" W	2885
Charcani	16°18'39.11" S	71°29'42.41" W	2658
Cayma	16°19'8" S	71°31'45.1" W	2809
San Francisco	16°23'6.7" S	71°29'25.6" W	2734
Tingo Grande	16°27'35.7" S	71°34'27.5" W	2196

Tabla 6. Precipitación acumulada mensual registrada en las estaciones meteorológicas La Pampilla (PAM) y Chiguata (CHI) entre los años 2010 y 2026, correspondiente a los meses de enero, febrero, marzo y diciembre (SENAMHI, 2026).

AÑO	Ene		Feb		Mar		Dic	
	CHI	PAM	CHI	PAM	CHI	PAM	CHI	PAM
2010	10.5	1.9	32.4	12.1	8.6	1.2	4.6	0.9
2011	73.1	39.7	160.4	74.4	5.9	1	24.9	17.1
2012	162.1	98.2	230.7	153.81	78	31.3	6.6	2.12
2013	61.5	32.8	96.5	190.21	67.5	26.7	8.5	3.1
2014	67.4	33.3	0.8	0	7.9	0	0	0
2015	11.8	13.7	104.4	103.4	118.6	47.2	0	0
2016	0	0	65.6	52.8	7.3	1	S/D	0
2017	S/D	103.5	S/D	50.5	S/D	42.7	25.7	14
2018	47.4	12.8	68.9	3	42.5	5.8	0	0
2019	152.2	28.1	146.7	43.1	25.9	10.1	11.8	0
2020	139.5	75.6	174.8	119.8	119	46.4	50	18.6
2021	35.4	14.6	19.4	1.5	40.4	13.4	2.7	0
2022	35.3	11.2	46.4	16.7	81.6	25.8	62.8	17
2023	90.3	47.4	169.4	49	112.9	21.7	4.8	2.7
2024	39.7	13.1	66.3	31.4	100	30.4	1.2	0.1
2025	41.5	11.8	225	101.4	75.6	8.6	1.5	0
2026	188.3	67	183.2	70.5	-	-	-	-

3.2 Precipitaciones ocurridas del 1 al 22 de febrero de 2026

Durante el 1 y el 12 de febrero de 2026, las precipitaciones acumuladas diarias fueron de 0.1 mm a 9.9 mm, con lluvias inusuales de 12.2 mm a 19.1 mm. Posteriormente, desde el 13 al 22 de febrero, se produjo el incremento de precipitaciones acumuladas diarias desde 21.4 mm hasta 40.5 mm, exceptuando los días 17 y 21 de febrero, en los que se registraron precipitaciones acumuladas mínimas de hasta 2.9 mm (Figura 9).

Durante el mes de febrero, las estaciones meteorológicas La Pampilla, Chiguata, Charcani y San Francisco registraron desde las 13:00 a 20:00 horas un incremento progresivo de

las precipitaciones, para luego disminuir progresivamente. Después de las 16:00 horas ocurrieron las precipitaciones más intensas, acumulando progresivamente de 0.2 mm a 22.8 mm por hora. En esa línea, los días 20 y 22 de febrero fueron los días con mayor precipitación acumulada por hora, hasta 22.8 mm (Figura 10).

Asimismo, las estaciones meteorológicas Yura y Cayma, desde el 1 al 22 de febrero, en el horario de 14:00 a 20:00 horas, registraron el aumento progresivo de las precipitaciones, siendo las máximas entre las 17:00 a 19:00 horas con un acumulado por hora de 0.2 mm a 22.8 mm. En dichas estaciones, durante los días 16, 19 y 20 de febrero, se registraron las máximas precipitaciones con un acumulado por hora de hasta 26 mm (Figura 11).

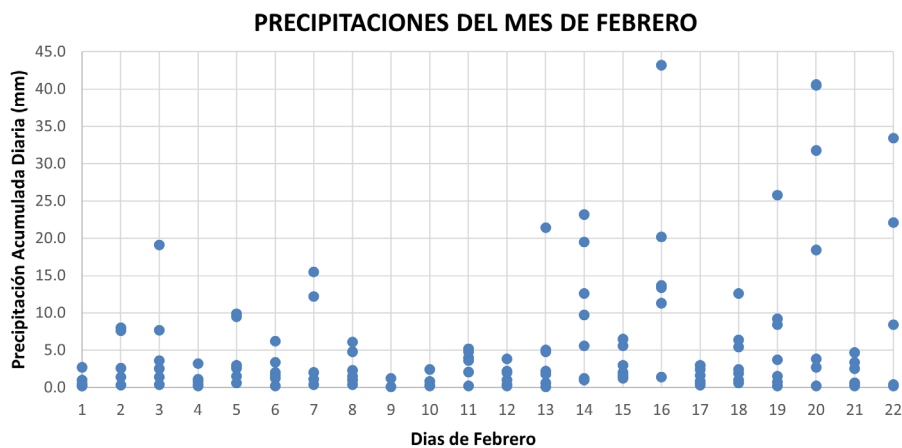


Figura 9. Precipitaciones acumuladas diarias registradas por las estaciones meteorológicas La Pampilla, Chiguata, Charcani, Cayma, San Francisco, Tingo Grande y Yura, entre el 1 y el 22 de febrero de 2026 (SENAMHI, 2026).

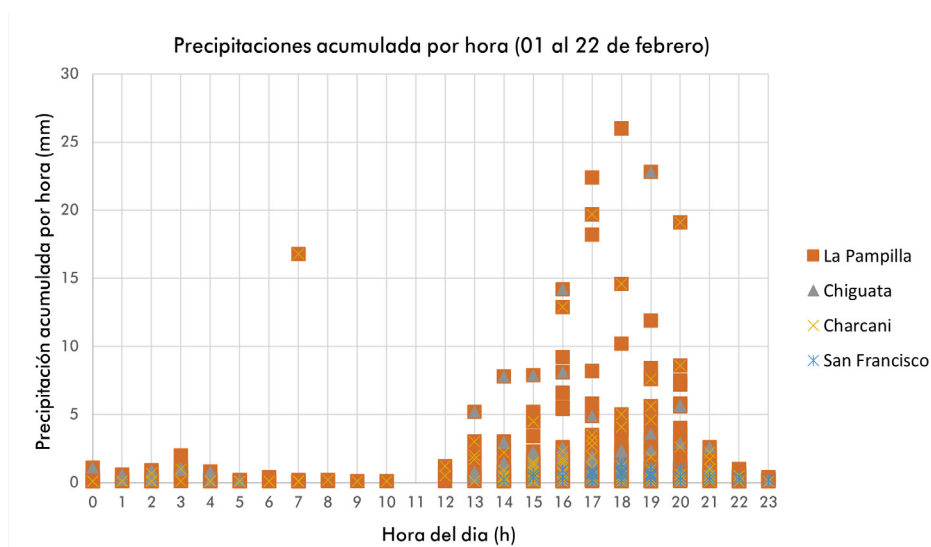


Figura 10. Precipitaciones acumuladas por hora, desde las 0:00 hasta las 23:00 horas, registradas por las estaciones meteorológicas La Pampilla, Chiguata, Charcani y San Francisco. Datos del periodo del 1 al 22 de febrero de 2026 (SENAMHI, 2026).

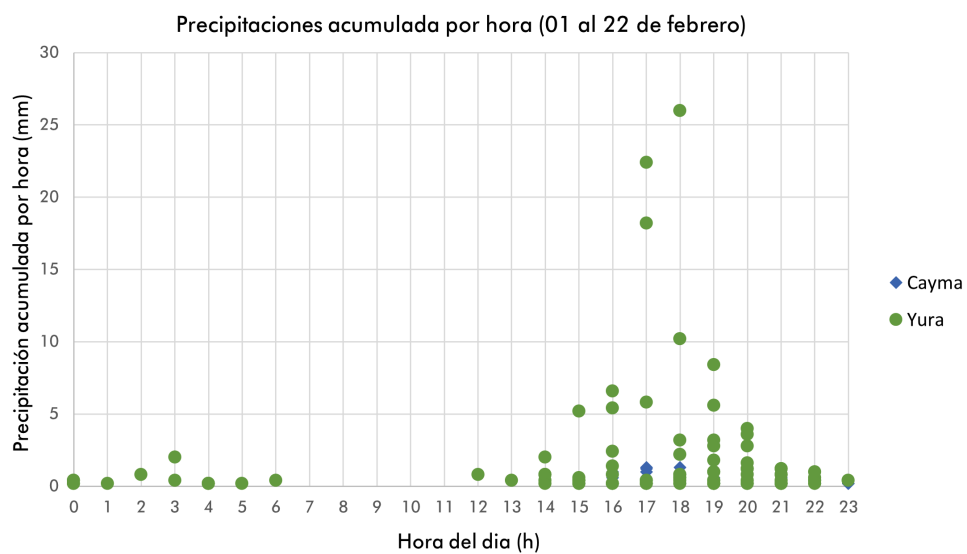


Figura 11. Precipitaciones acumuladas por hora, desde las 0:00 hasta las 23:00 horas, registradas por las estaciones meteorológicas Cayma y Yura, del 1 al 22 de febrero de 2026 (SENAMHI, 2026).

4. Activación de quebradas por lluvias

Durante los días 19 y 22 de febrero de 2026, las lluvias intensas ocurridas en horas de la tarde en la ciudad de Arequipa activaron varias quebradas que nacen en las faldas de los volcanes Misti y Chachani, es decir, se presentaron flujos de lodo volcánicos o lahars. El 19 de febrero, en horas de la tarde, en el sector oriental de la ciudad, la quebrada Huarangal se desbordó en su tramo medio, a la altura de la Universidad Continental, afectando numerosas viviendas y obras de infraestructura, como vías, puentes, además de provocar el arrastre de vehículos (Figura 12).

Asimismo, entre las 16:00 y 17:00 horas, la estación meteorológica Yura (SENAMHI) registró una

precipitación acumulada de 18.2 mm, mientras que la estación La Pampilla registró una precipitación de 8.2 mm, lo que indica que la mayor precipitación se presentó en los distritos de Cerro Colorado, Cayma y Yanahuara. Debido a estas lluvias, se activó la quebrada Chullo, generándose el desborde del flujo de lodo o lahar en los distritos de Yanahuara, Cerro Colorado, Cayma y Sachaca, ocasionando daños según el siguiente detalle:

- Distrito de Cayma (Alto Cayma): se registraron afectaciones en diversos asentamientos humanos y urbanizaciones, así como en los sectores de Cabrerías, Los Jazmines, Mujeres con Esperanza y Villa Ecológica.
- Distrito de Cayma (Bajo Cayma): los sectores impactados por los flujos fueron las urbanizaciones Los Angeles de Cayma, Los Frutales, Avidge y León XIII.
- Distrito de Cerro Colorado: resultaron afectados los sectores de Villa Cerrillos, Amazonas, Villa María, El Edén, Villa Paraíso



Figura 12. Vista de la quebrada Huarangal-Los Incas, en inmediaciones de la Universidad Continental, la cual se desbordó el día 19 de febrero de 2026.

y urbanización Víctor Andrés Belaúnde, así como Rosario I y El Rosario II, Arquillo I y Arquillo III, asociación Chachani II y asociación Don Francisco (Figura 13).

- Distrito de Yanahuara: las afectaciones se registraron en la Cooperativa de Abogados, la urbanización San Agustín y los sectores Los Gladiolos, Los Tulipanes, Los Lirios y la urbanización Independencia Americana (Figura 14).
- Cercado de Arequipa: fue afectado el complejo habitacional Flora Tristán.
- Distrito de Sachaca: se registraron afectaciones en las urbanizaciones Tahuaycani y A. H. Arrayanes.



Figura 13. Vista de la urbanización El Rosario afectada por la inundación.

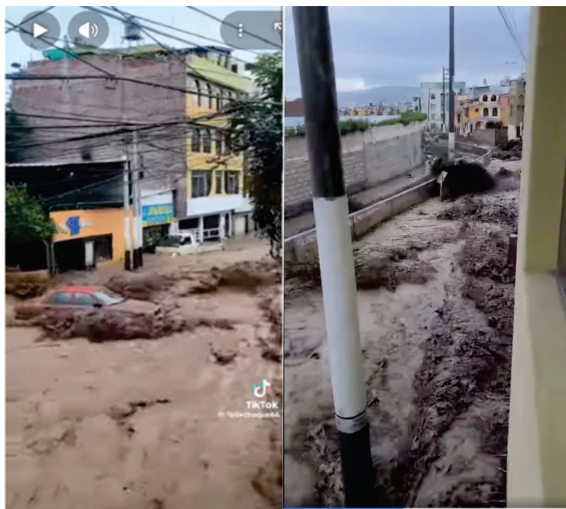


Figura 14. Vista del ingreso del lahar por las avenidas y calles del distrito de Yanahuara.

Según datos de la estación meteorológica de Yura (SENAMHI), el 20 de febrero, entre las 17:00 y 18:00 horas, se produjo la mayor precipitación acumulada por hora, con 26 mm. Asimismo, la estación Chiguata registró entre las 18:00 y 20:00 horas una precipitación acumulada de 28.5 mm. Posteriormente, el 22 de febrero, la estación meteorológica de Yura registró entre las 18:00 y 19:00 horas una precipitación acumulada de 5.6 mm, mientras que la estación Charcani registró entre las 15:00 y 17:00 horas una precipitación acumulada de 32.6 mm, lo que volvió a activar la quebrada Chullo (Figura 15).



Figura 15. Vista del ingreso del lahar por la avenida Metropolitana.

5. Zonas y obras de infraestructuras afectadas

A continuación, se detallan los tipos de afectación ocurridos en los diversos distritos de Arequipa, producto de las lluvias intensas que desencadenaron los lahares o huaicos, los cuales se desbordaron y generaron daños en diversos sectores.

5.1 Distrito de Cerro Colorado

Las lluvias intensas ocurridas durante los días 19 y 22 de febrero en Arequipa provocaron la activación de la quebrada Chullo, con la presencia de lahares o flujos de lodo que afectaron al distrito de Cerro Colorado en los sectores de Rosario I, Rosario II, Arquillo I, Arquillo III, asociación Chachani II y la asociación Don Francisco. Estos flujos se desbordaron ocasionando inundación de vías, socavamiento de márgenes, formación de cárcavas, daños en viviendas, afectación de infraestructura vial, puentes y muros de contención, además de la exposición de redes de servicios básicos y la interrupción parcial o total de la transitabilidad. A continuación, en la Tabla 7 y Figura 16, se detallan las zonas afectadas y los tipos de afectación:

Tabla 7. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Cerro Colorado.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Rosario I y Rosario II (Figura 16 A y B)	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Desborde del flujo de lodo hacia zonas urbanas adyacentes. Inundación de calles y pasajes por flujos de lodo. Erosión lateral y socavamiento en los márgenes de la quebrada. Colmatación de la quebrada por derrumbes. Afectación directa a viviendas cercanas al cauce. Pérdida temporal de transitabilidad vehicular y peatonal.
Arquillo I y Arquillo III (Figura 16 C y D)	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Socavamiento de las márgenes de la quebrada. Afectación de barandas y estribos del puente en la zona de Arquillo. Restricción de tránsito peatonal y vehicular temporal. Erosión fluvial y pérdida de áreas agrícolas. Afectación directa a viviendas cercanas al cauce.
Asociación Chachani II y Chachani III (Figura 16 E)	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Formación de cárcavas de más de 1 m de profundidad. Interrupción total de la transitabilidad vehicular y peatonal. Exposición de tuberías de agua potable y desagüe. Vulnerabilidad del sistema básico de servicios. Aislamiento de la población debido al colapso de vías.
Asociación Don Francisco (Figura 16 F)	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Socavamiento de las márgenes de la quebrada. Afectación de los muros de contención.



Figura 16. A y B) Quebrada Chullo en los sectores Rosario I y II, donde se registró el colapso parcial de los muros de contención. C) Arquillo I, donde se observa el socavamiento y debilitamiento de las márgenes de la quebrada. D) Arquillo III, donde ocurrió erosión fluvial de zonas agrícolas. E) Erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Chullo en la urbanización Rosario I. F) Asociación Chachani I y II, donde se observan cárcavas formadas por acción erosiva de los lahares. G) Asociación Don Francisco, donde ocurrió erosión de la margen derecha de la quebrada Chullo.

5.2 Distrito de Yanahuara

Los días 19 y 22 de febrero, los flujos de lodo o lahar generados en la quebrada Chullo se desbordaron, inundando áreas urbanas y depositando lodo, arena y bloques. El desborde y las inundaciones

produjeron daños en la infraestructura vial, espacios públicos y urbanizaciones ubicadas próximas a la quebrada Chullo. Asimismo, generaron acumulación de lodo y sedimentos, colmatación de estructuras de drenaje y restricción temporal de la transitabilidad, tal como se detalla en la Tabla 8 y Figuras 17, 18 y 19.

Tabla 8. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Yanahuara.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Urbanización San Agustín, Cooperativa de Abogados, Los Gladiolos	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Zonas inundadas a más de 160 m de distancia del cauce de la quebrada Chullo, el cual en este sector tiene 5 m de ancho (Figura 17B). Losa deportiva n.º 10 completamente inundada (Figura 17D). Zona de cultivos inundados por desborde de la quebrada (Figura 17A). Calle Grande con presencia de lodo y rocas (Figura 17C). Interrupción total de la transitabilidad vehicular y peatonal.
Avenida Metropolitana	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Obstrucción parcial y total de la vía por acumulación de lodo, gravas y bloques de roca. Pérdida de transitabilidad vehicular en varios tramos. Puentes colmatados por depósitos laháricos (Figura 19A y B). Vía férrea obstruida por sedimentos y material arrastrado; interrupción del tránsito ferroviario. Socavamiento de líneas férreas. Presencia de residuos sólidos mezclados con sedimentos (Figura 18A y B).
Urbanización Tahuaycani y áreas aledañas	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Calles cubiertas por lodo y sedimentos (Figura 18C y D). Viviendas expuestas al ingreso de agua y barro. Presencia de residuos sólidos mezclados con sedimentos. Afectación directa a accesos domiciliarios.



Figura 17. Vista de la torrentera Chullo en las urbanizaciones San Agustín, Cooperativa de Abogados y Los Gladiolos. A) Zona de cultivos inundados. B) Urbanizaciones San Agustín y Cooperativa de abogados con presencia de lodo. C) Calle Grande con presencia de rocas y lodo, y viviendas afectadas. D) Losa deportiva n.º10 completamente inundada con lodo.



Figura 18. A y B) Avenida Metropolitana afectada por el ingreso de lahares que dañaron calles, vías férreas y colmataron puentes. C y D) Vista de la urbanización Tahuaycani, inundada como consecuencia del desborde de la quebrada Chullo.



Figura 19. A) Tramo de la torrentera Chullo en el cruce de la avenida Metropolitana y Belaúnde, antes de ser afectadas por el lahar. B) Torrentera colmatada por bloques de roca y sedimentos luego del paso del lahar.

5.3 Distrito de Cayma

Durante el 19 y el 22 de febrero de 2026, el distrito de Cayma también fue afectado por la reactivación de la quebrada Chullo, con la presencia de lahares que movilizaron grandes volúmenes de agua, lodo, grava y bloques que impactaron directamente sobre zonas urbanas asentadas en áreas aledañas a la quebrada y sus afluentes. En el distrito de Cayma, el lahar ocasionó procesos combinados

de erosión, socavamiento, colmatación y desborde, afectando infraestructura vial, obras de encauzamiento, redes de saneamiento y viviendas. En el sector norte del distrito —incluyendo las asociaciones Cabrerías, Los Jazmines, Mujeres con Esperanza y Villa Ecológica— las intensas escorrentías superficiales generaron cárcavas de más de 1.5 m de profundidad, comprometiendo la estabilidad del terreno y exponiendo tuberías de agua y desagüe, tal como se detalla en la Tabla 9 y Figuras 20 y 21.

Tabla 8. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Cayma.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Sector Cabrerías, Los Jazmines, Mujeres con Esperanza, Villa Ecológica	Pastoraiz y Gamarra	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de erosión por ocurrencia de lahares. • Formación de cárcavas de más de 1.5 m de profundidad (Figura 20A y B). • Interrupción total de la transitabilidad vehicular y peatonal. • Exposición de tuberías de agua potable y desagüe. • Servicios básicos afectados. • Aislamiento de la población debido al colapso de las vías.
Villa Continental	Azufral- Gamarra	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación del puente de Villa Continental, sobrepasado por flujos de barro (Figura 20C). • Bloqueo de la quebrada por bloques de más de 5 m. • Más de 5 viviendas afectadas por ingreso de agua y lodo. • Losa deportiva cubierta por lodo y escombros (Figura 20D).
Los Ángeles de Cayma y Los Frutales	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> • Inundación de calles, viviendas y accesos vehiculares por acumulación de lodo y bloques de rocas (Figura 21B). • El flujo de lodo alcanzó más de 140 m de distancia desde la quebrada Chullo (Figura 21A). • Restricción de la transitabilidad peatonal y vehicular. • Más de 50 viviendas afectadas. • Colapso parcial de muros de la torrentera que permitió el ingreso del flujo a la urbanización.
León XIII	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de grandes volúmenes de lodo, gravas y bloques (más de 1 m). • Institución Educativa Lord Byron inundada (Figura 21C). • Área deportiva colmatada por lodo y bloques (Figura 21D y E). • Restricción del tránsito vehicular. • Muros de torrentera colapsados en su margen derecha. • Se observa la torrentera reducida en 5 m de ancho.



Figura 20. A y B) Asociación de vivienda Cabrerías, afectada por las intensas lluvias que provocaron surcos debido a la erosión del suelo constituido de material volcánico. C y D) Zona de Villa Continental: puente sobre la quebrada Azufral afectado y sobrepasado por un lahar con bloques de más de 1.5 m de diámetro. E) Losa deportiva de Villa continental inundada, con cerco derribado por lahares. F) Colapso de viviendas en Villa Continental. G) Afectación por lahar en Juan Pablo II.



Figura 21. Vista de la quebrada Chullo y áreas aledañas. A y B) Urbanizaciones Los Ángeles de Cayma y Los Frutales, afectadas por desbordes e inundaciones. C) Desborde de la torrentera Chullo en la urbanización León XIII, con afectación al colegio Lord Byron. D y E) Cancha deportiva particular en la zona de León XIII, cubierta de lodo, sedimentos y bloques de más de 1 m de altura tras el paso del lahar.

5.4 Distrito de de José Luis Bustamante y Rivero

Incas incrementó significativamente su caudal, generando desbordes de inundaciones en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, tal como se describe en la Tabla 10 y Figura 22.

El 19 de febrero, la quebrada Huarangal-Los

Tabla 10. Descripción de zonas afectadas en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Sector de la Universidad Continental (urbanización La Canseco)	Huarangal-Los Incas	<ul style="list-style-type: none"> Desborde de la quebrada hacia la margen izquierda, en un tramo de 130 m a 150 m, inundando la zona de parqueo de la Universidad Continental y terrenos de cultivo. Quedaron atrapados estudiantes en las instalaciones de la universidad (Figura 22A).
Avenida Los Incas	Huarangal-Los Incas	<ul style="list-style-type: none"> Desborde de la quebrada que cubrió con lodo aproximadamente 1 km de la avenida Los Incas, en el tramo comprendido entre los centros comerciales Outlet Arauco y Maestro Home Center (Figura 22B).



Figura 22. Vista del curso medio de la quebrada Huarangal-Los Incas en inmediaciones del centro de la ciudad de Arequipa. A) Desborde e inundación en la Universidad Continental. B) Desborde e inundación en la avenida Los Incas.

5.5 Distrito de Paucarpata

Entre el 19 y el 22 de febrero, la quebrada Huarangal-Los Incas incrementó significativamente

su caudal, generando en el distrito de Paucarpata procesos de erosión en las márgenes de la quebrada que ocasionaron el socavamiento de la base de la ladera, tal como se detalla en la Tabla 11 y Figura 23.

Tabla 11. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Paucarpata.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Pueblo Miguel Grau II zona A y B, Miguel Grau III	Huarangal-Los Incas	<ul style="list-style-type: none"> Socavamiento y derrumbe de las márgenes de la quebrada (Figura 23).



Figura 23. Vista de la quebrada Huarangal-Los Incas. A) Erosión de las márgenes de la quebrada en el distrito de Paucarpata. B) Socavamiento en el sector de Pueblo Miguel Grau III.

5.6 Distrito de Alto Selva Alegre

El 19 y 20 de febrero, la quebrada El Pato incrementó significativamente su caudal. Al atravesar el distrito

de Alto Selva Alegre, generó procesos de erosión que ocasionaron el socavamiento de la base de la ladera, así como la destrucción de un badén y la obstrucción de vías por derrumbe, tal como se detalla en la Tabla 12 y Figura 24.

Tabla 12. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Alto Selva Alegre.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Villa Confraternidad zona C	El Pato	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de badén (Figura 24C).
Villa Confraternidad zona A	El Pato	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión de ambas márgenes de la quebrada. • Desborde de la quebrada en un tramo de aproximadamente 178 a 200 m, inundando el parque y viviendas cercanas a la quebrada (Figura 24A y B).
Chilina	El Pato	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión y depositación de lahar en aproximadamente 73 m de la vía que conduce hacia el Círculo Militar impidiendo el tránsito. • Destrucción de aproximadamente 15 m de la vía hacia el Círculo Militar (Figura 24D y E).
Puente Villa Confraternidad (ingreso a Villa Ecológica y Villa Confraternidad)	El Peral	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión y socavamiento de los pilares del puente ubicados a ambos márgenes de la quebrada.
A. H. Andenes de Chilina	Pastores	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión y socavamiento del badén, en inmediaciones de los Andenes de Chilina (Figura 24F).



Figura 24. Vista de la quebrada El Pato y áreas aledañas. A) Desborde e inundación del A. H. Villa Confraternidad, zona A. B) Erosión a ambos márgenes de la quebrada. C) Badén totalmente destruido en el A. H. Villa Confraternidad, zona C. D) Depósito de lahar que bloqueó la vía de acceso hacia el Circuito Militar. E) Destrucción de 15 m de vía hacia el Circuito Militar. F) Socavamiento en el badén hacia los Andenes de Chilina.

5.7 Distrito de Sachaca

Entre el 19 y el 22 de febrero, las lluvias intensas registradas en la ciudad de Arequipa activaron

la quebrada Chullo y, al cruzar por el distrito de Sachaca, el flujo de lodo con bloques de rocas y escombros afectó viviendas, terrenos cultivo y la línea férrea, tal como se detalla en la Tabla 13 y Figura 25.

Tabla 13. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Sachaca.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
A. H. Arrayanes	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> Ingreso de flujo de lodo con bloques y escombros por las vías del tren, desde el puente Arrayanes hasta el sector Dino Park, lo que provocó la inundación de zonas residenciales y agrícolas. El flujo destruyó al menos dos viviendas, afectó aproximadamente 30 hectáreas de cultivos y dejó acumulación de material en calles, vías férreas y locales de eventos (Figura 25).



Figura 25. Vista del curso inferior de la quebrada Chullo. A) Desborde e inundación en el sector de Arrayanes. B) Local de eventos inundado por lodo y bloques de roca.

5.8 Distrito de Mariano Melgar

Entre el 19 y el 22 de febrero, las fuertes precipitaciones ocurridas en las partes altas del distrito de Mariano Melgar activaron la quebrada Huarangal-Los Incas, por donde descendieron lahares o flujos de lodo que generaron el

socavamiento de ambas márgenes de la quebrada. Ello provocó la erosión del cimiento de cuatro viviendas de los AA. HH San Geronimo y Los Pinos. Asimismo, se produjo el desborde de la quebrada en el sector de la asociación Generalísimo Don José de San Martín, y la colmatación del cauce por la acumulación de bloques de rocas y sedimentos, tal como se detalla en la Tabla 14 y en la Figura 26.

Tabla 14. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Mariano Melgar.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
AA. HH. San Jerónimo y Los Pinos	Huarangal-Los Incas	<ul style="list-style-type: none"> Erosión y derrumbe de una ladera debido a la erosión del flujo de lodo. Una vivienda, edificada sobre relleno antrópico y escombros, quedó colgada sobre el talud (Figura 26B). Destrucción del badén que une el distrito de Paucarpata con Mariano Melgar (Figura 26A). Desborde de un tramo de la quebrada de aproximadamente 80 m en el A. H. Los Pinos.
A. H. Generalísimo Don José de San Martín	Huarangal-Los Incas	<ul style="list-style-type: none"> Socavamiento y derrumbe de las márgenes de la quebrada Huarangal-Los Incas. Desborde del flujo de lodo en un tramo de aproximadamente 178 m (Figura 26C). Colmatación de sedimentos en el cauce de la quebrada (Figura 26D).



Figura 26. Vista de la quebrada Huarangal-Los Incas y áreas aledañas. A) Socavamiento de las laderas de ambos márgenes de la quebrada. B) Vivienda en el sector de Los Pinos colgada sobre el talud. C) Desborde del lahar en el A. H. Generalísimo Don José de San Martín. D) Colmatación de la quebrada en el A. H. Generalísimo Don José de San Martín.

5.9 Distrito de Jacobo Hunter

la quebrada Huarangal-Los Incas se desbordó e inundó el Terminal Terrestre de Arequipa, el principal de la ciudad, tal como se detalla en la Tabla 15 y Figura 27.

El 19 de febrero, en el distrito de Jacobo Hunter,

Tabla 15. Descripción de zonas afectadas en el distrito de Jacobo Hunter.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Terminal Terrestre de Arequipa	Huarangal-Los Incas	<ul style="list-style-type: none"> Desborde de la quebrada con ingreso del flujo al interior del Terminal Terrestre, producto de la reducción del cauce debido a la construcción de infraestructuras, como los pilares del Terminal Terrestre y un puente peatonal. El flujo de lodo y agua llegó alcanzó una altura aproximada de 10 cm a 15 cm (Figura 27).



Figura 27. A) Vista del Terminal Terrestre, donde la quebrada Huarangal-Los Incas se desbordó y generó serios daños. B) Vista del cimiento del Terminal Terrestre construido sobre el cauce de la quebrada Huarangal-Los Incas. En este sector, dicha quebrada tiene 4 m de ancho. C y D) Efectos del desborde e inundación en el interior del Terminal Terrestre.

5.10 Distrito de Cercado de Arequipa

Durante el 19 y el 22 de febrero, las quebradas Chullo y Huarangal-Los Incas se activaron producto de lluvias intensas que generaron la presencia

de flujos de lodo o lahar. Dichas quebradas, al descender y cruzar por el distrito del Cercado de Arequipa, se desbordaron e inundaron en sectores del complejo habitacional Flora Tristán y del sector de Tingo, tal como se detalla en la Tabla 16 y Figura 28.

Tabla 16. Descripción de zonas afectadas en el Cercado de Arequipa.

Zona afectada	Quebrada	Tipo de afectación o daño
Complejo Habitacional Flora Tristán	Chullo	<ul style="list-style-type: none"> El lahar se desbordó y canalizó por la avenida Metropolitana, llegando al complejo habitacional Flora Tristán. El flujo inundó por completo los primeros pisos de aproximadamente 130 departamentos distribuidos en doce edificios, alcanzando en algunos casos hasta 1.5 m de altura. Decenas de vehículos quedaron sepultados bajo el material. Este evento afectó a más de 500 personas residentes en la zona, de las cuales 15 (entre niños y adultos mayores) requirieron ser rescatadas (Figura 28A, B, C y D).
Tingo	Huarangal- Los Incas	<ul style="list-style-type: none"> El lahar alcanzó una altura de hasta 6 m y se desbordó hacia la avenida Alfonso Ugarte, a la altura del cuartel de Tingo, debido a la reducida luz hidráulica del puente. El flujo desbordado se extendió aproximadamente 730 m hasta llegar al puente de Tingo. La vía quedó cubierta por lodo, lo que impidió el tránsito durante aproximadamente tres horas (Figura 28E y F).



Figura 28. A) Vista del complejo habitacional Flora Tristán, afectado por el desborde de la quebrada Chullo. B) Vista del primer piso de un edificio del complejo habitacional Flora Tristán, inundado y cubierto por lodo y bloques. C) Avenida Metropolitana cubierta por lodo y bloques de hasta más de 1 m de diámetro, producto del lahar ocurrido el 22-02-2026. D) Vehículos cubiertos por lodo y sedimentos en el complejo habitacional Flora Tristán. E) Desborde e inundación en el sector de Tingo. F) Altura alcanzada por el flujo el 19-02-2026, obstruido por un puente de 5 m de ancho.

6. Modelamiento numérico de lahares

6.1 Modelo digital

Para la elaboración de un modelo Digital de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés) de la ciudad de Arequipa (Figura 29), se utilizaron pares estereoscópicos del satélite peruano PeruSat

de la ciudad de Arequipa, proporcionados por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA), con escenas tomadas el 31/05/2023, 10/08/2023 y 12/09/2023. Para la georreferenciación de estas imágenes, se realizó el levantamiento de 147 puntos de control (GPS) en diferentes sectores de la ciudad de Arequipa.

Por medio del software CATALYST, se realizó el mejoramiento de las imágenes usando el método de estereoscopia y la construcción de anaglifos, a fin de elaborar el DEM con una resolución de 0.7 m (Figura 29).

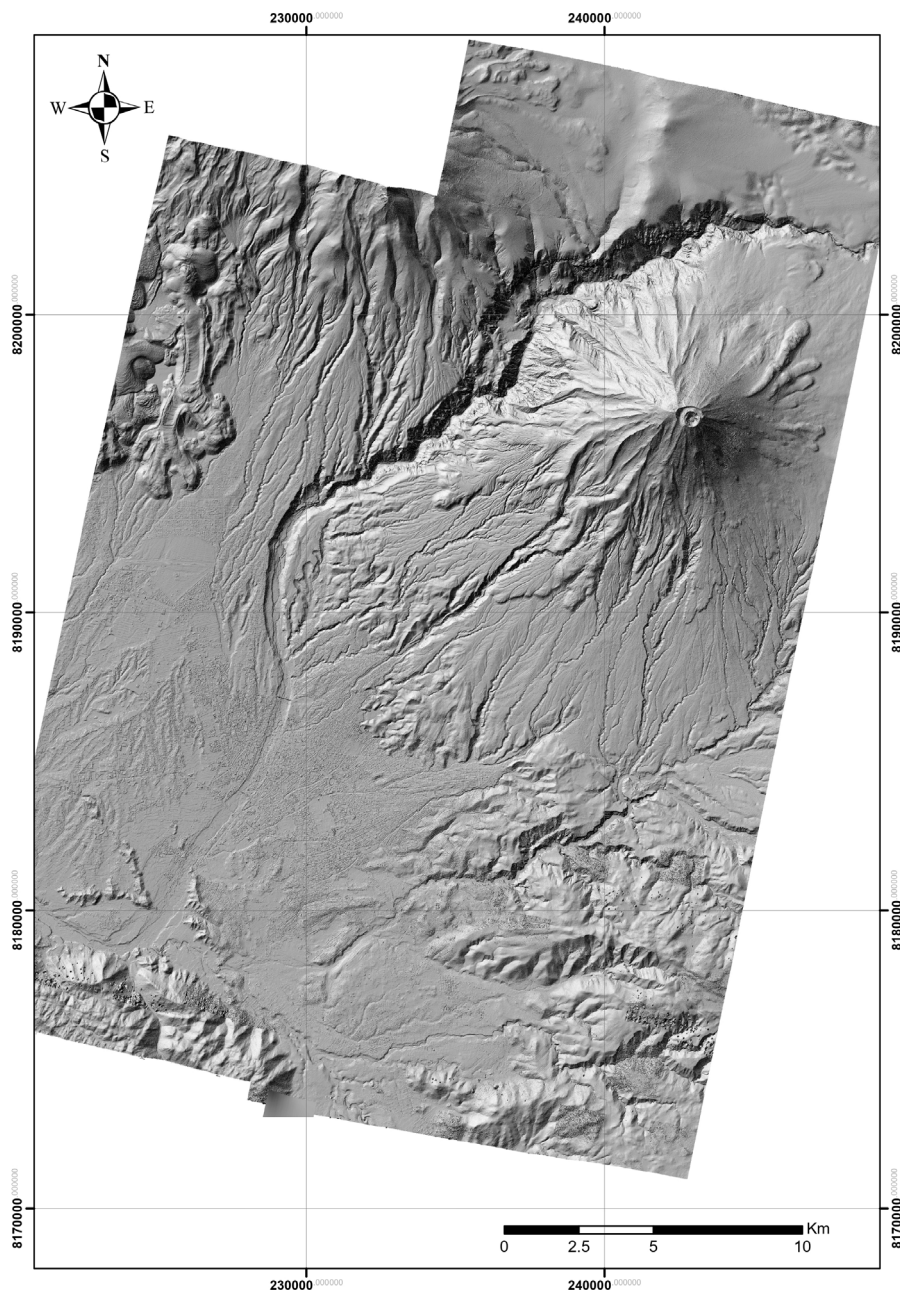


Figura 29. Modelo digital de elevación de la ciudad de Arequipa de 0.7 m de píxel de resolución.

6.2 Simulación numérica

Para el modelado numérico de lahares y de flujos de escombros en los volcanes Misti y Chachani, se ha hecho uso del código VolcFlow (Kelfoun & Druitt, 2005; Cárdenas et al., 2013, Gueugneau, 2014; Vásconez et al., 2019; Warwick et al., 2022; Manrique et al., 2024). Como parámetros de entrada para la simulación se ha considerado un tiempo de alimentación de 14 400 segundos, una densidad de 1300 kg/m³, una gravedad de 9.81 m/s² y un factor de cohesión de 1 Pa.

6.3 Escenarios de peligros por descenso de lahares

El peligro se describe como la probabilidad de ser afectado por un evento dañino en un determinado tiempo para un periodo de retorno dado. Estudios recientes realizados por Thouret et al. (2022) sobre lahares en el volcán Misti originados por lluvias intensas consideran tres escenarios de peligro con base en tres volúmenes de lahares: 150 000 m³, 350 000 m³ y 500 000 m³. Estos volúmenes han sido corroborados con base en los tipos de depósitos de lahares encontrados alrededor del volcán Misti. En consideración de esta información, se han establecido tres escenarios de peligro:

- **Peligro alto**

En este escenario se considera la generación de lahares relativamente frecuentes con volúmenes aproximados de 150 000 m³, los cuales discurren en periodos de lluvias intensas (diciembre-marzo) por las quebradas que drenan por el flanco sur y suroeste del volcán Misti, como El Pato, Pastores, Venezuela, San Lázaro y Huarangal-Los Incas. Asimismo, se incluyen las quebradas que se prolongan del flanco sur del volcán Chachani, como Azufral Lari Lari Tucos, Azufral Gamarra y Pastoraiz, afluentes de la quebrada Chullo. También se consideran aquellas que se originan en la parte baja, como San Pedro y Tributaria.

- **Peligro moderado**

En este escenario se considera la ocurrencia de lahares con volúmenes de 350 000 m³, producidas por lluvias intensas, pero poco frecuentes en Arequipa.

- **Peligro bajo**

En este escenario se considera la ocurrencia de lahares con volúmenes de 500 000 m³ producidas durante lluvias muy intensas, muy poco frecuentes en Arequipa.

7. Escenario para descenso de lahares ...

Se ha elaborado el mapa de escenarios de peligros por descenso de lahares de las laderas de los volcanes Misti y Chachani, utilizando los datos de la simulación numérica y el programa VolcFlow (Kelfoun & Druit, 2005), así como el levantamiento de información en campo. El objetivo fue realizar el pronóstico sobre zonas que podrían verse afectadas por el descenso de lahares, principalmente en periodos de lluvias. Los resultados de la simulación numérica son mostrados en mapas, en los cuales se definen e

identifican zonas de peligro alto, moderado y bajo ante la presencia de flujos de lodo o lahares con volúmenes de 150 000 m³, 350 000 m³ y 500 000 m³, respectivamente (Figura 30).

En general, a lo largo de las quebradas estudiadas, la zona de peligro alto se prolonga hasta distancias promedio de 100 metros desde ambos bordes del cauce. La zona de peligro moderado se prolonga hasta distancias promedio de hasta 140 metros y la zona de peligro bajo hasta distancias promedio de 300 metros desde ambos bordes. Se debe considerar que los lahares son dinámicos y pueden evolucionar, aumentando su volumen y área, afectando no solamente la zona de peligro alto, sino evolucionar e inundar las zonas de peligro moderado o bajo.

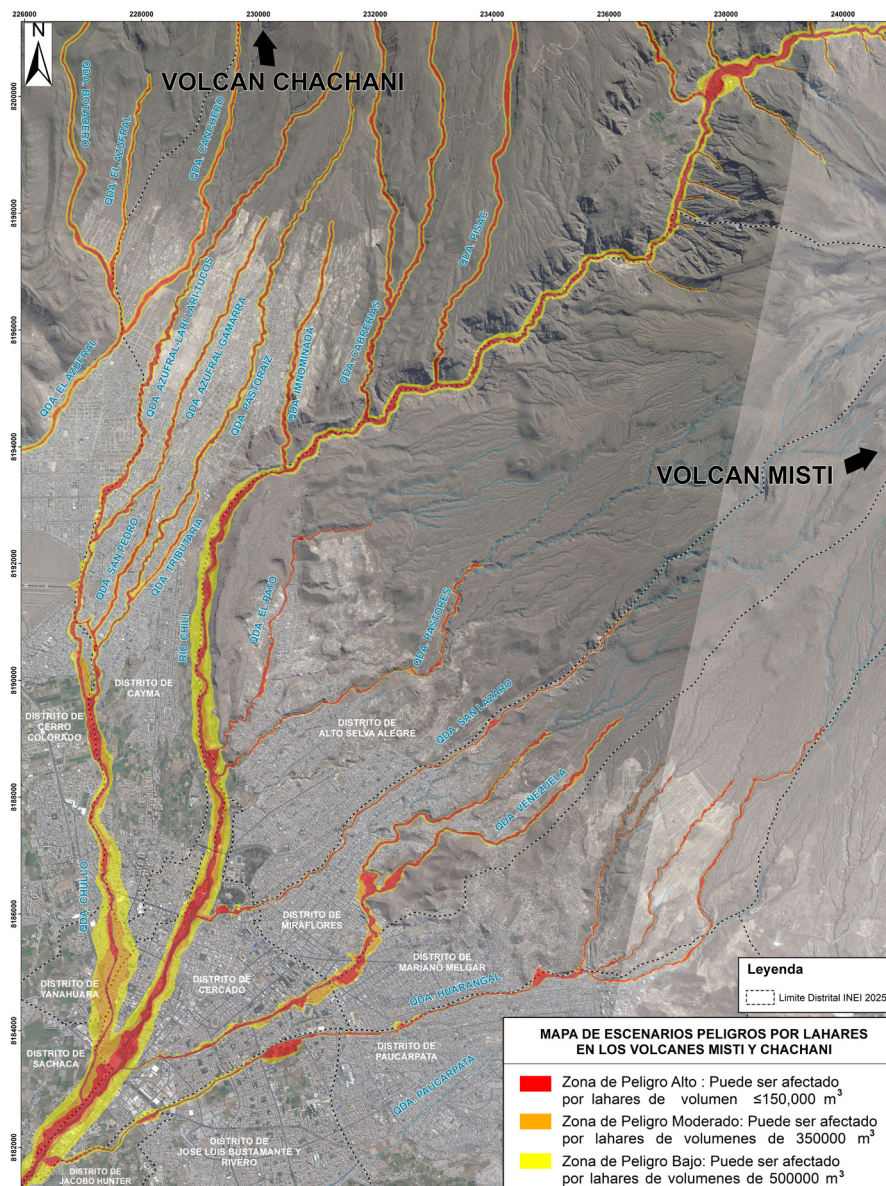


Figura 30. Mapa de escenarios de peligros por descenso de lahares de los volcanes Misti y Chachani.

7.1 Quebradas en el volcán Misti

7.1.1 Quebrada San Lázaro

A lo largo de la quebrada San Lázaro se ha identificado la presencia de zonas críticas con la presencia de urbanizaciones y asentamientos humanos que pueden ser afectados por el descenso y desborde de lahares debido a la ocurrencia de lluvias intensas o extraordinarias. En el distrito de Miraflores se encuentran expuestos el A. H. Peñón Alfonso Ugarte, UPIS Solidaridad y el A. H. Unión Edificadores Misti, mientras que en el distrito de Alto Selva Alegre se encuentra el A. H. Alto Selva Alegre zona A y B, A. H. Villa Vitarte, A. H. 14 de Agosto, A. H. Solidaridad y A. H. San Hilarión (Figura 31). Además, en el distrito del Cercado de Arequipa están expuestas las urbanizaciones Alto Selva Alegre, San Lázaro, Molino San Juan y Cercado, áreas donde pueden desbordarse flujos voluminosos.

7.1.2 Quebrada Huarangal-Los Incas

En presencia de lluvias intensas o extraordinarias, a lo largo de la quebrada Huarangal-Los Incas se identifica la presencia de zonas de peligro alto y moderado, en donde existen urbanizaciones y asentamientos humanos que podrían ser afectados por el descenso y desborde de lahares. En el distrito de Mariano Melgar, se encuentran expuestos al peligro por lahares el A. H. San Jerónimo, A. H. Los Pinos II y A. H. Generalísimo Don José de San Martín, mientras que en el distrito de Paucarpata se encuentran expuestos al peligro por desborde de lahares los AA. HH. Miguel Grau zona A y B, además de Miguel Grau III. Por otro lado, en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero se encuentran las urbanizaciones Agricultura y La Canseco, donde se encuentra la Universidad Continental. En el distrito de Jacobo Hunter se encuentra el A. H. Terminal. En este distrito, un sector crítico por su ubicación es la urbanización Tingo (Figura 32).

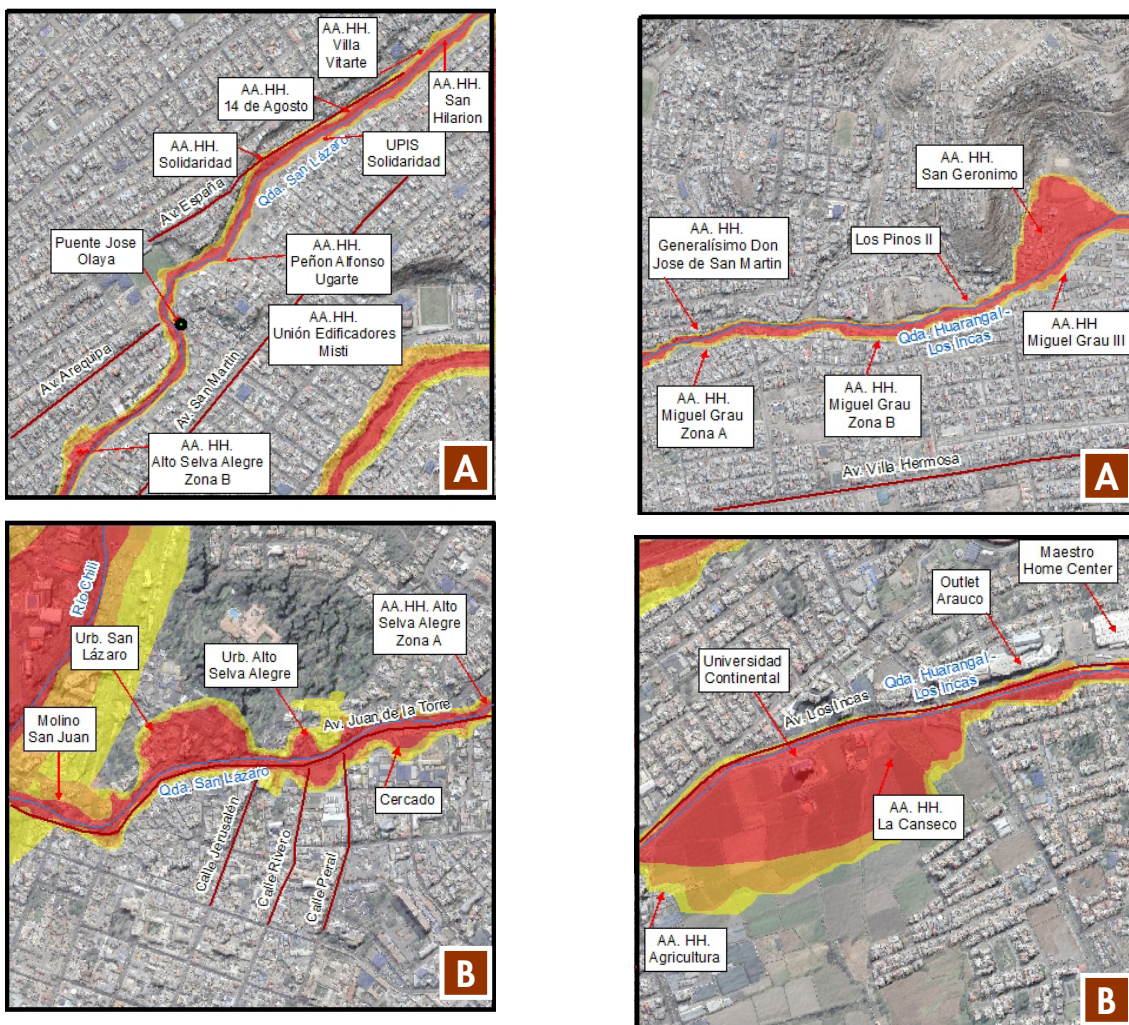


Figura 31. Zonas críticas en la quebrada San Lázaro.

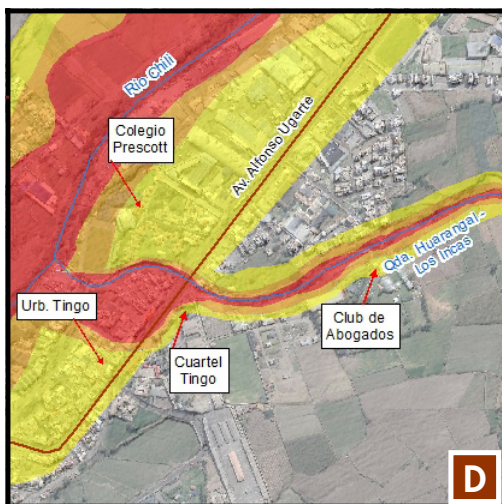
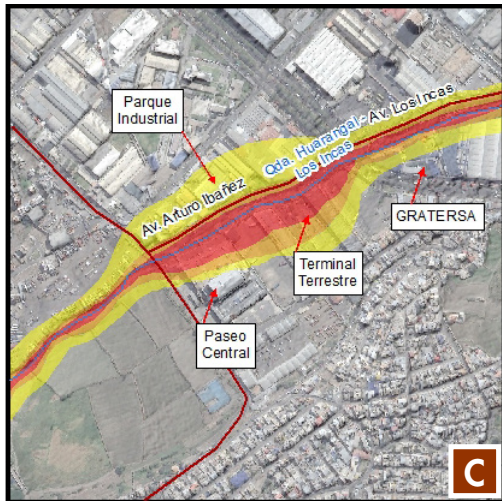


Figura 32. Zonas críticas en la quebrada Huarangal-Los Incas.

7.1.3 Quebrada Venezuela

De ocurrir lluvias intensas o extraordinarias, a lo largo de la quebrada Venezuela se produciría el descenso de flujos de lodo y lahares que podrían afectar áreas urbanas. En el distrito de Miraflores se encuentran expuestos el A. H. Juan Pablo XXIII, A. H. Villa Familia, A. H. Buen Amanecer, urbanización Juan García Ronceros, A. H. La Pradera, A. H. Señor de Los Milagros, A. H. Villa Goyeneche, A. H. Tahuantinsuyo, A. H. Garcilaso de la Vega, Cooperativa 14, A. H. Alameda Salaverry, urbanización Miraflores y Villa Pedro Ruiz Gallo. Por su parte, en el distrito de Mariano Melgar se encuentran expuestas al peligro por desborde de lahares las urbanizaciones Mariano Melgar I, Santa Rita de Casia y San Lorenzo. En el distrito de Cercado de Arequipa se encuentran expuestas la Cooperativa Universitaria, urbanización Lambramani, urbanizaciones Francisco Mostajo, Ferroviarios, El Palomar, Juan

el Bueno, urbanización Juventud Ferroviaria y pasaje Victoria (Figura 33).

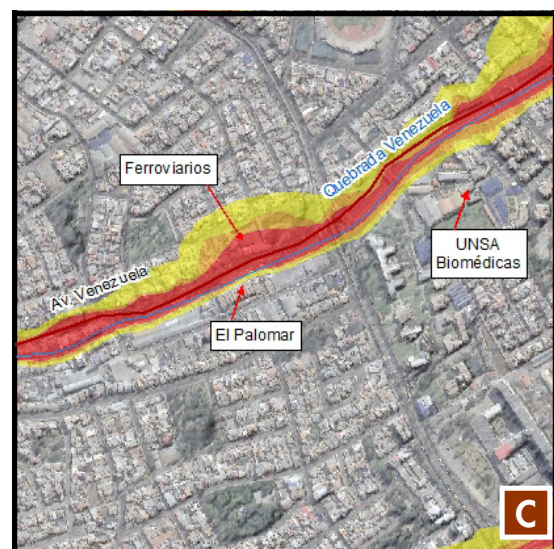
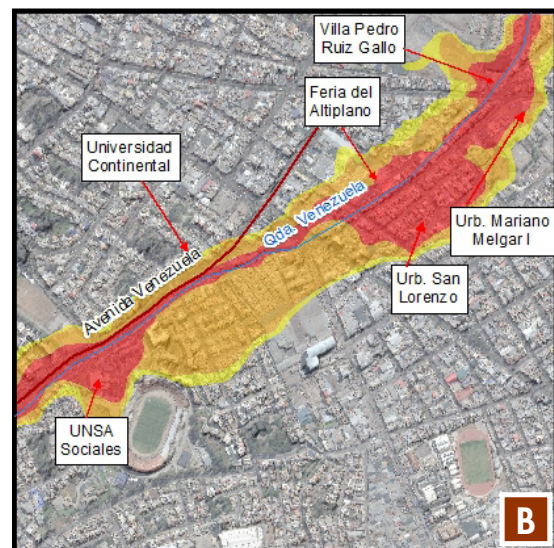
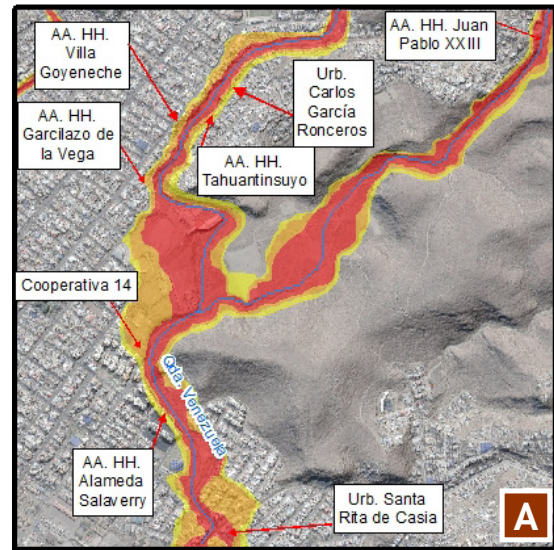




Figura 33. Zonas críticas distinguidas a lo largo de la quebrada Venezuela.

7.1.4 Quebradas El Pato y Pastores

Ante la ocurrencia de lluvias intensas, en las quebradas El Pato y Pastores se produciría el descenso de flujos de lodo o lahares que afectarían áreas urbanas en su recorrido. A lo largo de la quebrada El Pato, en el distrito de Alto Selva Alegre, se encuentran expuestos los asentamientos humanos Villa Confraternidad zona A, C, D y Los Andenes de Chilina, mientras que en el Cercado de Arequipa se encuentra expuesta el área urbana de Chilina (Figura 34A, B y C). En la quebrada Pastores, en el distrito de Alto Selva Alegre, se encuentra expuesto el A. H. Los Andenes de Chilina. Por otro lado, en el distrito de Cercado se encuentran expuestos el A. H. La Florida, El Labrador de Chilina y Chilina (Figura 34C).

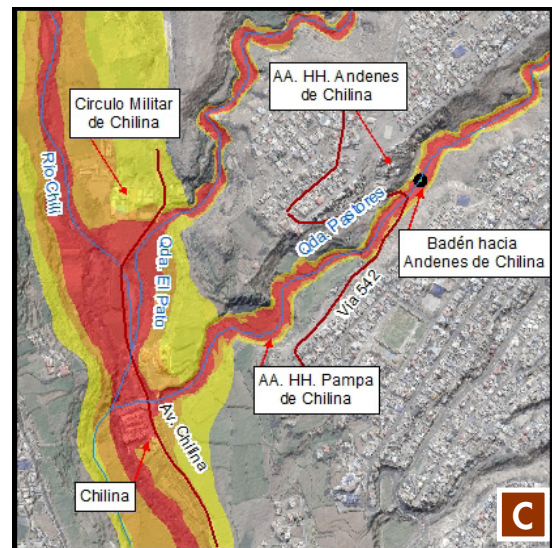
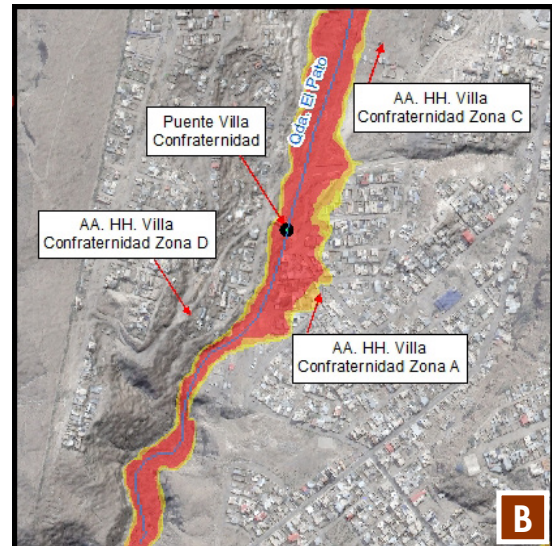


Figura 34. Zonas críticas en las quebradas El Pato y Pastores.



7.2 Quebradas en el volcán Chachani

Según el mapa de peligro por lahares, varios asentamientos humanos y urbanizaciones ubicadas en ambas márgenes de las quebradas del volcán Chachani, como Chullo y sus afluentes (Azufral Lari, Lari Tucos, Azufral Gamarra, Pastoraiz, San Pedro y Tributaria) (Figura 35), se encuentran en zonas de peligro alto a bajo por descenso y desborde de lahares.

En el distrito de Cayma, en el sector de Alto Cayma, los AA. HH. y asociaciones de vivienda Los Pioneros de Cayma, 1 de Junio, El Nazareno, Pallpata, Los Milagros, Sector Cabrerías, Los Jazmines, Mujeres con Esperanza, Villa Ecológica, San Martín de Porres, Rafael Belaúnde Diez Canseco, Villa Continental, Casimiro Cuadros y

A. H. Buenos Aires de Cayma se encuentran en zonas de peligro alto y moderado por descenso y desborde de lahares, al estar ubicados cerca de quebradas afluentes de la quebrada Chullo.

Asimismo, en el distrito de Cerro Colorado, los AA. HH. Villa Cerrillos, Amazonas, Villa María, El Edén, Villa Paraíso y urbanización Víctor Andrés Belaúnde, Arquillo III, asociación de vivienda Chachani II, asociación de vivienda Don Francisco están ubicados en zonas de peligro

alto y moderado por el descenso y desborde de lahares. Las urbanizaciones El Rosario III (Cerro Colorado) y Quinta Samay (Cayma), donde existen construcciones edificadas junto a quebradas afluentes de la quebrada Chullo (Figura 35B), se encuentran en zonas de peligro alto a bajo.

Por otro lado, en el distrito de Cayma, las urbanizaciones Los Ángeles de Cayma, Los Frutales y Avidge se ubican en zonas de peligro

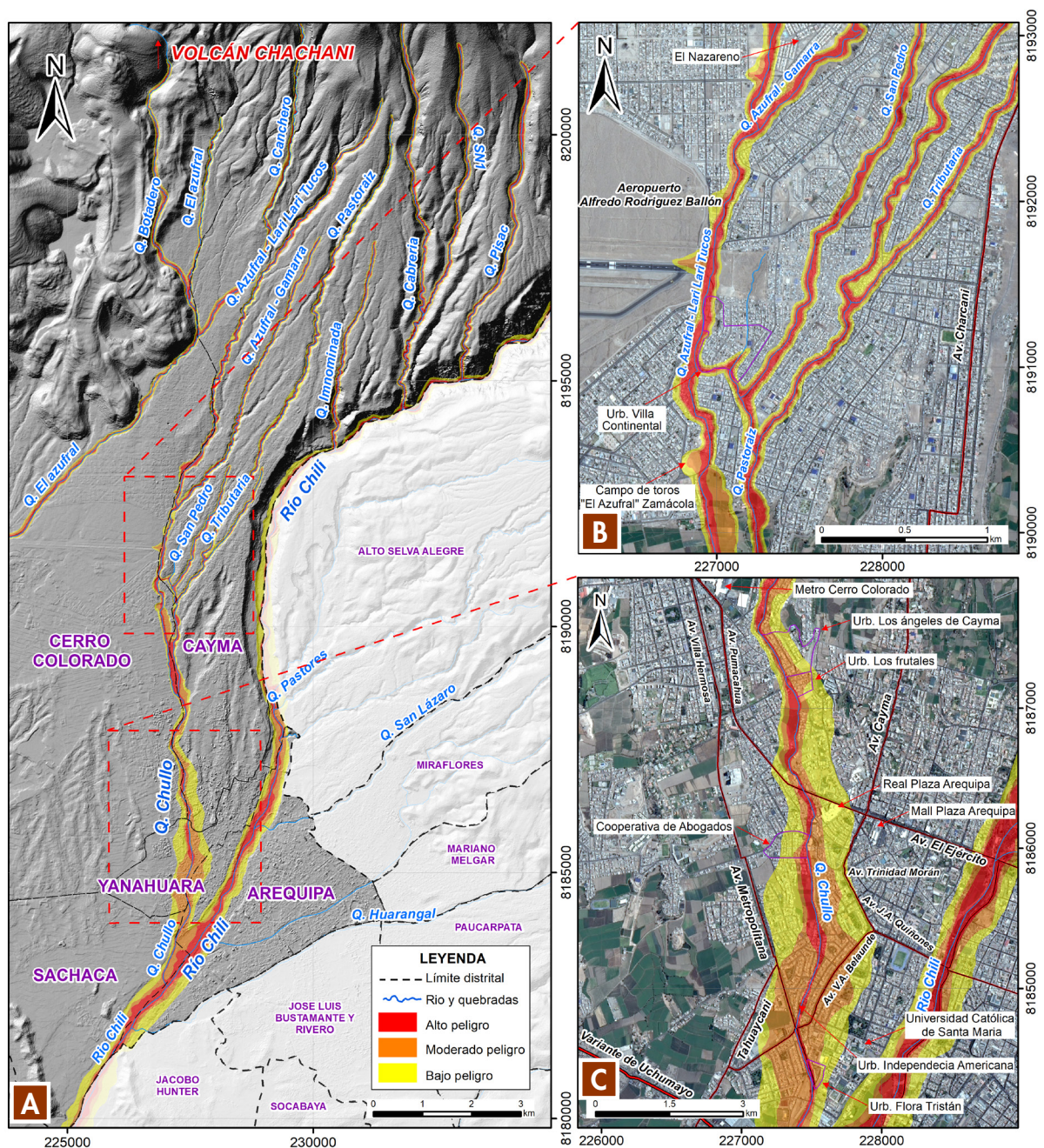


Figura 35. A) Mapa de escenarios de peligros por descenso de lahares del volcán Chachani, donde se resalta la quebrada Chullo y sus afluentes. B) Acercamiento en el sector de unión de las quebradas. C) Acercamiento de la zona urbana de Arequipa donde ocurrieron los mayores desbordes e inundaciones.

alto y moderado. Un sector de la avenida Ejército, en inmediaciones del colegio Lord Byron, León XIII y proximidades, se encuentran en zona de peligro moderado, mientras que el centro comercial Real Plaza Arequipa está ubicado en una zona de peligro bajo, con posibilidades de ser alcanzado por flujos de lodos (Figura 35C).

En el distrito de Yanahuara, varias urbanizaciones adyacentes a la quebrada Chullo se encuentran en zonas de peligro alto a moderado, entre ellas la Cooperativa de Abogados, Los Gladiolos, Los Tulipanes, Los Lirios y la urbanización Independencia Americana. Asimismo, tramos de las avenidas Metropolitana y Víctor Andrés Belaúnde se encuentran en zonas de peligro moderado a bajo (Figura 35C). Finalmente, el complejo habitacional Flora Tristán (Cercado de Arequipa) y un tramo de vía férrea en ese sector, se encuentran en zonas de peligro alto y moderado. De igual manera, la urbanización Tahuaycani y el A. H. Arrayanes se encuentran en zonas de peligro moderado a bajo.

8. Discusión

8.1 Factores que influyen en la activación de quebradas

Entre el 19 y el 22 de febrero de 2026, las intensas precipitaciones ocurridas en la ciudad de Arequipa activaron múltiples quebradas que descienden de los volcanes Chachani y Misti, generando lahares o flujos de lodo que alcanzaron zonas urbanas de varios distritos. Debido a su gran volumen, energía y alta concentración de sedimentos y bloques, estos flujos se desbordaron e ingresaron por calles y avenidas, donde arrastraron y sepultaron vehículos, inundaron viviendas, edificios, complejos habitacionales, etc., y dejaron cuatro víctimas mortales.

Las quebradas presentan en sus cabeceras anchos naturales superiores a 100 m, las cuales se reducen

progresivamente a 50 m aguas abajo (Figuras 3, 4, 6, 7). Sin embargo, al ingresar a la zona urbana, el ancho del cauce ha sido reducido por la construcción de edificaciones e infraestructura. Por ejemplo, el cauce de la quebrada Chullo fue reducido hasta 3 m en gran parte de su recorrido (Figura 8), mientras que el ancho de la quebrada Huarangal-Los Incas a 10 m, e incluso menos en sectores como el Terminal Terrestre (Figura 5). Estas dimensiones son insuficientes para conducir un gran volumen de flujos que vienen arrastrando arena, grava y bloques de rocas.

Además, la presencia de puentes y estructuras con altura libre muy reducida, en algunos casos menor a 2 m, así como ocupaciones directas sobre el cauce, como edificaciones en el sector Puente del Diablo en la avenida Ejército (Figura 36A y B), constituyen puntos críticos donde se acumulan sedimentos, bloques, arbustos, etc. Esta obstrucción favorece a represamientos temporales y posteriores desbordes laterales hacia vías adyacentes, ya que el flujo busca rutas de drenaje



Figura 36. A) Vivienda construida sobre la quebrada Chullo. B) Segunda edificación ubicada sobre la quebrada Chullo. C) Cruce de la quebrada en la avenida Ejército, en el sector Puente del Diablo.

o salida. Durante el descenso del flujo, varios puentes perdieron barandas y algunos muros de contención colapsaron debido al volumen y la presión del flujo.

La transición de pendientes del cauce de las quebradas, desde valores muy empinados en la parte alta (5–20°) hasta pendientes más suaves en los tramos medio y bajo (<5°), favorece que los lahares desciendan inicialmente con gran velocidad y luego depositen el material más grueso en tramos medios e inferiores, correspondientes a zonas urbanas, lo que disminuye la capacidad de confinamiento del flujo dentro del cauce. En varios sectores, especialmente en la quebrada Chullo, los flujos se desbordaron sobre vías de hasta tres carriles y áreas verdes, extendiéndose por varias cuadras adicionales, como ocurrió en el entorno de la avenida Metropolitana. Esto evidencia el amplio espacio natural que los flujos necesitan para discurrir sin causar mayores efectos o impactos.

En este contexto, el desborde e inundación, así como el impacto severo en la zona urbana, no fue solo por la intensidad de las lluvias, sino el resultado de la reducción del cauce natural de las quebradas o el sepultamiento de estas, producto de la ocupación urbana desordenada que ha experimentado la ciudad de Arequipa durante los últimos 60 años. De acuerdo con el mapa de peligros, las áreas afectadas en febrero de 2026 están ubicadas en zonas de peligro alto a moderado. Existen antecedentes de precipitaciones extremas y, por ende, de flujos más voluminosos que han generado daños y víctimas. De repetirse un evento de mayor magnitud, el área potencialmente afectada podría ser considerablemente mayor a la registrada en febrero de 2026.

8.2 Distritos y sectores afectados

Los distritos más afectados y con más víctimas son aquellos ubicados al pie del flanco sur del volcán Chachani, y los ubicados en la margen derecha del río Chili, como Cayma, Yanahuara, Sachaca y Cerro Colorado.

En el distrito de Cayma, los sectores afectados están ubicados en inmediaciones de la quebrada Chullo (Figura 37). Entre ellos resaltan los AA. HH. y asociaciones de vivienda ubicadas en Alto Cayma, como Los Pioneros de Cayma, 1 de Junio, El Nazareno, Pallpata, Los Milagros,

San Martín de Porres, Rafael Belaúnde Diez Canseco, Villa Continental, Casimiro Cuadros y A. H. Buenos Aires de Cayma. Asimismo, se registraron afectaciones en los sectores de Cabrerías, Los Jazmines, Mujeres con Esperanza y Villa Ecológica. En Bajo Cayma, los sectores impactados comprendieron las urbanizaciones Los Ángeles de Cayma, Los Frutales, Avidge y León XIII, así como el entorno del colegio Lord Byron.

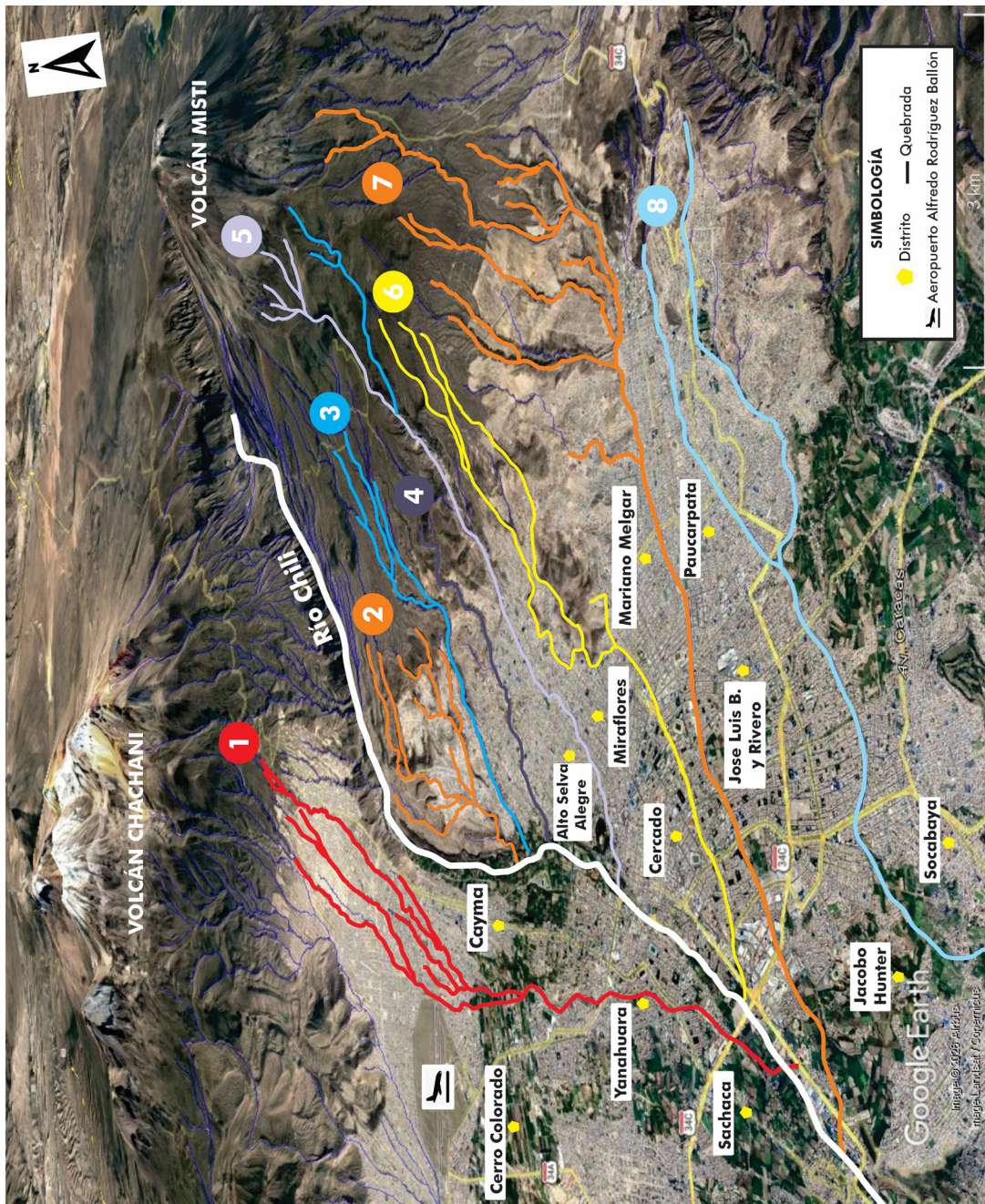
En el distrito de Cerro Colorado, resultaron afectados los asentamientos humanos y asociaciones de vivienda ubicados próximos a las quebradas tributarias de la quebrada Chullo, entre ellos Villa Cerrillos, Amazonas, Villa María, El Edén, Villa Paraíso y urbanización Víctor Andrés Belaúnde, así como Rosario I y El Rosario II, Arquillo I y Arquillo III, asociación Chachani II y asociación Don Francisco.

En el distrito de Yanahuara, las mayores afectaciones ocurrieron en áreas adyacentes al cauce, particularmente en la Cooperativa de Abogados, urbanización San Agustín y los sectores de Los Gladiolos, Los Tulipanes, Los Lirios y la urbanización Independencia Americana, así como varios tramos de la avenida Metropolitana y alrededores.

En el Cercado de Arequipa fue afectado el complejo habitacional Flora Tristán; en tanto, en el distrito de Sachaca, la urbanización Tahuaycani y el A. H. Arrayanes.

Es importante precisar que las afectaciones se concentraron exclusivamente en los sectores asentados directamente sobre o muy cerca del cauce de la quebrada Chullo, y no en la totalidad de los distritos o sectores mencionados.

Por otro lado, los distritos más afectados por el descenso y desborde de los lahares que descienden por las quebradas que se prolongan del volcán Misti (Figura 37) fueron José Luis Bustamante y Rivero, en el sector de la urbanización La Canseco, donde se encuentra la Universidad Continental. En los distritos de Mariano Melgar se vieron afectados los asentamientos humanos San Jerónimo, Los Pinos II y Generalísimo Don José de San Martín, mientras que en el distrito de Paucarpata fueron afectados los asentamientos humanos Miguel Grau III, Miguel Grau II zona A y B. Por otro lado, en el distrito de Jacobo Hunter se vio afectado el Terminal Terrestre; en tanto, en el Cercado de Arequipa, el lahar se desbordó y afectó la urbanización de Tingo hasta llegar al puente de Tingo.



- 1 Quebrada Chullo**
Los días 19, 20 y 22 de febrero desde las laderas del volcán Chachani descendieron lahares. La población en ambas márgenes fueron las más afectadas.
Distritos Afectados: Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara, Cercado de Arequipa y Sachaca
- 2 Quebrada El Pato**
Los días 19, 20 y 22 de febrero desde las laderas del volcán Misti descendieron lahares, la población en ambos márgenes fue afectada.
Distritos Afectados: Alto Selva Alegre
- 3 Quebrada Pastores**
Los días 19, 20 y 22 de febrero desde las laderas del volcán Misti descendieron lahares, la población en ambos márgenes fue afectada.
Distritos Afectados: Alto Selva Alegre
- 4 Quebrada Hurangueros-Independencia**
Los días 19, 20 y 22 de febrero desde las laderas del volcán Misti descendieron lahares, la población en ambos márgenes fue afectada.
Distritos Afectados: Alto Selva Alegre
- 5 Quebrada San Lázaro**
Los días 19, 20 y 22 de febrero desde las laderas del volcán Misti descendieron lahares, la población en ambos márgenes fue afectada.
Distritos Afectados: Miraflores, Alto Selva Alegre y Cercado de Arequipa.
- 6 Quebrada Venezuela**
Quebrada por donde descendieron lahares los días 19, 20 y 22 de febrero desde laderas del volcán Misti.
Distritos Afectados: Miraflores, Mariano Melgar y Cercado de Arequipa.
- 7 Quebrada Huarangal-Los Incas**
Los días 19, 20 y 22 de febrero desde laderas del volcán Misti descendieron lahares. La población en ambas márgenes fueron afectadas.
Distritos Afectados: Paucarpata, Mariano Melgar, Jacobo Hunter y José L. B. y Rivero.
- 8 Quebrada Paucarpata**
Los días 19, 20 y 22 de febrero desde zonas altas del distrito de Paucarpata descendieron lahares. La población en ambas márgenes fueron afectadas.
Distritos Afectados: Paucarpata, Jacobo Hunter, Socabaya y José L. B. y Rivero.

Figura 37. Configuración de las quebradas que se prolongan desde los volcanes Misti y Chachani, por donde descendieron lahares que afectaron severamente la ciudad de Arequipa.

Conclusiones

- Durante el 19 y el 22 de febrero de 2026, en horas de la tarde, ocurrieron lluvias intensas en la ciudad de Arequipa que desencadenaron lahares (flujo de lodo volcánico) o huaicos que descendieron por las quebradas que se prolongan de los volcanes Misti y Chachani, desbordándose e impactando varias asentamientos humanos y urbanizaciones de los distritos de la ciudad de Arequipa, entre ellos Yanahuara, Cayma, Sachaca, Alto Selva Alegre, Mariano Melgar, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, Cercado de Arequipa y Cerro Colorado.
- Los mayores efectos y daños ocurrieron en los distritos de Yanahuara, Cerro Colorado, Cayma y Sachaca, donde la quebrada Chullo se desbordó y afectó diversos asentamientos humanos y urbanizaciones en la zona de Alto Cayma, como Los Pioneros de Cayma, 1 de Junio, El Nazareno, Pallpata, Los Milagros, San Martín de Porres, Rafael Belaúnde Diez Canseco, Villa Continental, Casimiro Cuadros y el A. H. Buenos Aires de Cayma, así como los sectores de Cabrerías, Los Jazmines, Mujeres con Esperanza y Villa Ecológica. En Bajo Cayma, los sectores impactados comprendieron las urbanizaciones Los Ángeles de Cayma, Los Frutales, Avidge y León XIII. En el distrito de Cerro Colorado, resultaron afectados Villa Cerrillos, Amazonas, Villa María, El Edén, Villa Paraíso y la urbanización Víctor Andrés Belaúnde, así como Rosario I y El Rosario II, Arquillo I y Arquillo III, asociación Chachani II y asociación Don Francisco. En el distrito de Yanahuara, las afectaciones fueron en la Cooperativa de Abogados, urbanización San Agustín y los sectores de Los Gladiolos, Los Tulipanes, Los Lirios y la urbanización Independencia Americana, así como varios tramos de la avenida Metropolitana. En el Cercado de Arequipa fue afectado el complejo habitacional Flora Tristán, y en el distrito de Sachaca, la urbanización Tahuaycani y el A. H. Arrayanes.
- En la jurisdicción de los distritos de Mariano Melgar, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero y Cercado de Arequipa, la quebrada Huarangal-Los Incas se desbordó y afectó el pueblo joven Miguel Grau II zona A y B, Miguel Grau III, A. H. San Jerónimo, A. H.

Los Pinos y el A. H. Generalísimo Don José de San Martín. En su curso medio, a la altura del parque Labramani, la quebrada Huarangal-Los Incas se desbordó y afectó las instalaciones de la Universidad Continental y, posteriormente, el Terminal Terrestre. En este último, el flujo generó inundaciones con acumulaciones de lodo que alcanzaron espesores de hasta 15 cm, afectando áreas de circulación y embarque. Asimismo, en la parte baja de la quebrada, se registró el desborde del flujo sobre la avenida Alfonso Ugarte, a la altura del cuartel de Tingo, lo que generó inundaciones y acumulación de material en la vía pública.

- Los eventos registrados son, entre otros factores, consecuencia de la reducción del cauce natural de las quebradas y, en algunos casos, de su sepultamiento, producto de la ocupación urbana desordenada que ha experimentado la ciudad de Arequipa durante los últimos 60 años. En las partes altas, las nacientes de las quebradas tienen más de 200 m de ancho, mientras que en la zona urbana el cauce tuvo una reducción de hasta 3 m de ancho, lo que facilitó el desborde y la inundación de las áreas colindantes.
- De acuerdo con el mapa de peligros de lahares elaborado en este estudio, las áreas afectadas en febrero de 2026 están ubicadas en zonas de peligro alto a moderado. Existen antecedentes de precipitaciones extremas y, por ende, de flujos más voluminosos que han generado daños y víctimas. De repetirse un evento de mayor magnitud, el área potencialmente afectada podría ser considerablemente mayor a la registrada en febrero de 2026.

Referencias

- Aguilar, R., & Vela, J. (2018). *Evaluación de peligros en la quebrada Matagente–Charcani, región Arequipa, provincia Arequipa, distrito de Cayma* (Informe técnico N.° A6811). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1479>
- Cacya, L., Meza, P., Carlotto, V., & Mamani, L. (2013). Aluvión del 8 de febrero de 2013 en la ciudad de Arequipa. En *Foro Internacional de Riesgos Geológicos: Resúmenes extendidos* (pp. 195–200). INGEMMET.
- Cárdenas Quiroga, E. A., Porrás Rodríguez, P., & Morales Martín, L. Y. (2013). Empleo del programa VolcFlow para simular flujos piroclásticos del volcán Cerro Machín, Tolima, Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 157–170. <https://doi.org/10.18359/rcin.228>
- Cruz, R. (2021). *Gestión de riesgo por inundación en asentamientos populares, distrito Mariano Melgar, Arequipa* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de San Agustín.
- Delaite, G., Thouret, J.-C., Sheridan, M. F., Labazuy, P., & Stinton, A. (2005). Assessment of volcanic hazard of El Misti and in the city of Arequipa, Peru, based on GIS and simulations, with emphasis on lahars. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 140, 209–231.
- Ettinger, S., Mounaud, L., Magill, C., Yao-Lafourcade, A.-F., Thouret, J.-C., Manville, V., Negulescu, C., Zuccaro, G., De Gregorio, D., Nardone, S., Uchuchoque, J. A. L., Arguedas, A., Macedo, L., & Llerena, N. M. (2016). Building vulnerability to hydro-geomorphic hazard: Estimating damage probability from qualitative vulnerability assessment using logistic regression. *Journal of Hydrology*, 541, 563–581.
- Fernández, J., & Benites, A. (2003). *Inundaciones en la ciudad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de las torrenteras* (Reporte de investigación no publicado). Universidad Nacional de San Agustín.
- Futuri, O., & Medina, J. (2018). *Evaluación y análisis de la vulnerabilidad y peligros físicos de la torrentera de Miraflores en su paso por la Av. Venezuela* (Tesis de ingeniería civil). Universidad Nacional de San Agustín.
- Gueugneau, V. (2014). *Évaluation du logiciel VolcFlow pour la simulation numérique de lahars et application aux risques associés* (Rapport de travail d'étude et de recherche). Université Blaise Pascal Clermont II.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2019). *Compendio estadístico de emergencias 1995–2019*. INDECI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Perú: Estimaciones y proyecciones de población por departamento, provincia y distrito, 2000–2015*. <https://www.inei.gob.pe>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*.
- Kelfoun, K., & Druitt, T. H. (2005). Numerical modeling of the emplacement of Socompa rock avalanche, Chile. *Journal of Geophysical Research*.
- Manrique, N., Aguilar, R., Rivera, M., & Van Wyk, B. (2024). *Geología y evaluación de peligros del complejo volcánico Chachani (Arequipa)* (Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, N.° 95). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
- Martelli, K. M. (2011). *The physical vulnerability of urban areas facing the threat of inundation from lahars and floods: Application to the city of Arequipa, Peru* (Tesis doctoral). Université Blaise Pascal.
- Mothes, P. A., & Vallance, J. W. (2015). Lahars at Cotopaxi and Tungurahua volcanoes, Ecuador: Highlights from stratigraphy and observational records and related downstream hazards. En *Volcanic hazards, risks and disasters* (pp. 141–168). Elsevier.
- Rivera, M., Vílchez, M., & Vela, J. (2018). Peligros por huacos en la ciudad de Arequipa. En *Taller internacional fortalecimiento de capacidades para mitigar los impactos de huacos en Perú* (pp. 45–49). INGEMMET.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (s. f.). *Estaciones meteorológicas*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación. (s. f.). <https://sinpad2.indeci.gob.pe/sinpad2/faces/public/portal.html>

- Thouret, J.-C., Antoine, S., Magill, C., & Ollier, C. (2019). Lahars and debris flows: Characteristics and impacts. *Earth-Science Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.1030037>
- Thouret, J.-C., Arapa, E., Charbonnier, S., Guerrero, A., Kelfoun, K., Córdoba, G., Rodríguez, D., & Santoni, O. (2022). Modeling tephra fall and sediment-water flows to assess their impact on a vulnerable building stock in the city of Arequipa, Peru. *Frontiers in Earth Science*, 10, 865989.
- Vallance, J. W., & Iverson, R. M. (2015). Lahars and their deposits. En *Encyclopedia of volcanoes* (pp. 649–664).
- Vásconez, F., Vásconez, R., & Mothes, P. (2019). Flujos de lodo del volcán Carihuairazo provocados por el terremoto de Ambato (Ecuador) en 1698 y su reconstrucción numérica con perspectivas a futuro. *Revista Geofísica*, 69, 11–29. <https://doi.org/10.35424/rgf.v0i69.823>
- Vílchez, M., & Sosa, N. (2021). *Peligro geológico por movimientos en masa en la ciudad de Arequipa* (Boletín Serie C N.º 85). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
- Warwick, R., Williams-Jones, G., Kelman, M., & Witter, J. (2022). A scenario-based volcanic hazard assessment for the Mount Meager volcanic complex, British Columbia. *Journal of Applied Volcanology*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13617-022-00114-1>

Información clave para ti

Puedes consultar, descargar y compartir desde el Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) los diferentes **reportes**, **boletines** e **informes** que genera el IGP.

RECUERDA: La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) se fundamenta en la investigación científica. El IGP es una entidad líder en la generación de conocimiento científico en el país.



REGEN



Sede central del Instituto Geofísico del Perú (IGP)

