

Artículo ECHG-CPSC v2.docx



My Files



My Files



Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:529433804

Fecha de entrega

18 nov 2025, 7:01 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

18 nov 2025, 7:09 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

Artículo ECHG-CPSC v2.docx

Tamaño del archivo

6.6 MB

30 páginas

7221 palabras

44.968 caracteres

14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencia excluida

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	faolex.fao.org	1%
2	Internet	hdl.handle.net	<1%
3	Internet	cdn.www.gob.pe	<1%
4	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
5	Internet	www.mef.gob.pe	<1%
6	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	<1%
7	Trabajos entregados	uncedu on 2024-11-29	<1%
8	Internet	www.scribd.com	<1%
9	Internet	www.slideshare.net	<1%
10	Internet	dspace.ueb.edu.ec	<1%
11	Internet	www.researchgate.net	<1%

12	Internet	www.cocef.org	<1%
13	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
14	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2022-11-20	<1%
15	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
16	Trabajos entregados	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-12-13	<1%
17	Internet	washagendaforchange.org	<1%
18	Trabajos entregados	Universidad Ricardo Palma on 2021-09-15	<1%
19	Trabajos entregados	Universidad de Guayaquil on 2022-11-06	<1%
20	Internet	moodle2.utp.edu.co	<1%
21	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
22	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
23	Internet	www.areasprotegidas.org	<1%
24	Internet	bibliotecas.utp.ac.pa	<1%
25	Internet	docplayer.es	<1%

26	Internet	manualzz.com	<1%
27	Internet	nuestrodesafioclimatico.minam.gob.pe	<1%
28	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
29	Internet	upcommons.upc.edu	<1%
30	Internet	www.proinversion.gob.pe	<1%
31	Trabajos entregados	UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología on 2023-07-01	<1%
32	Internet	repositorio.espam.edu.ec	<1%
33	Internet	sigrid.cenepred.gob.pe	<1%
34	Internet	www.bnamericas.com	<1%
35	Trabajos entregados	Universidad Continental on 2025-06-23	<1%
36	Trabajos entregados	Universidad Ricardo Palma on 2024-12-07	<1%
37	Internet	revistas.javeriana.edu.co	<1%
38	Trabajos entregados	uni on 2025-05-09	<1%
39	Internet	www.gitun.unal.edu.co	<1%

40	Internet	www.ishs.org	<1%
41	Internet	www.sedesol.gob.mx	<1%
42	Publicación	Ilan Adler, Kemi Adeyeye, Aisha Bello-Dambatta, Berill Takacs. "Rainwater Harves...	<1%
43	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
44	Internet	docs.google.com	<1%
45	Internet	repositorio.caen.edu.pe	<1%
46	Internet	saber.ucv.ve	<1%
47	Trabajos entregados	uni on 2024-10-10	<1%
48	Internet	www.infobae.com	<1%
49	Internet	www.magazine-deutschland.de	<1%
50	Internet	www.nadbank.org	<1%
51	Publicación	Mamani Ayma, Alex Arturo. "Índice de riesgo natural ante las precipitaciones plu...	<1%
52	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2021-10-28	<1%
53	Trabajos entregados	Universidad Continental on 2020-08-28	<1%

54	Internet	apirepositorio.unu.edu.pe	<1%
55	Internet	dokumen.site	<1%
56	Internet	hal.science	<1%
57	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
58	Internet	ri.unsam.edu.ar	<1%
59	Trabajos entregados	uncedu on 2024-08-28	<1%
60	Internet	www.ambiente-ecologico.com	<1%
61	Internet	www.ccad.ws	<1%

Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos de la ampliación de los Sistemas de agua potable y alcantarillado en las zonas altas de Huaycan (Lima), 2024

Dangers, Vulnerability, and Risks of the Expansion of Drinking Water and Sewer Systems in the High Areas of Huaycan (Lima), 2024

Esthefany Isabel **Chávez García**¹, Christian Paul **Silva Chavez**¹, Alex **Huamán De La Cruz**²

1 Universidad Peruana Unión, Escuela de Posgrado, Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima, Perú

2 Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Jr. Los Cedros 141 – La Merced, Chanchamayo – Perú

Autor corresponsal: *eschavga92@gmail.com* (Esthefany Chávez Garcia) y (Alex Huaman De La Cruz) *ahuaman@uniscjsa.edu.pe*

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar el nivel de riesgo de la ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en las zonas altas de Huaycán (Lima). Para calcular el riesgo, se midieron los niveles de peligro (inundación, sismo y deslizamiento) y vulnerabilidad (física, social, ambiental y económica) de ambos sistemas utilizando la Guía del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de desastres (CENEPRED). Los resultados mostraron, frente a inundación, niveles de riesgo bajo ($0.0050 \leq V < 0.0088$), medio ($0.0088 \leq V < 0.0189$) en los dos sistemas; y alto ($0.0189 \leq V < 0.0647$) exclusivamente en el sistema de agua potable. En cuanto a sismos, se encontró riesgo bajo ($0.0050 \leq V < 0.0088$) y medio ($0.0088 \leq V < 0.0189$). Ya el deslizamiento reportó riesgo bajo ($0.0048 \leq V < 0.0085$), medio ($0.0085 \leq V < 0.0183$) y alto ($0.0183 \leq V < 0.0629$) para ambos sistemas. Los resultados ponen de manifiesto la necesidad de adoptar acciones preventivas y correctivas que fortalezcan la infraestructura y aseguren la continuidad del abastecimiento de agua y del servicio de alcantarillado, especialmente ante la presencia de eventos naturales adversos.

Palabras clave: Agua potable, alcantarillado, inundación, sismo, deslizamiento, identificación de peligros, vulnerabilidad, riesgo.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the risk level of expanding the drinking water and sewage systems in the highlands of Huaycán (Lima). To calculate the risk, the hazard levels (flooding, earthquakes, and landslides) and vulnerability levels (physical, social, environmental, and economic) of both systems were measured using the guidelines of the National Center for Disaster Risk Estimation, Prevention, and Reduction (CENEPRED). The results showed, for flooding, low ($0.0050 \leq V < 0.0088$) and medium ($0.0088 \leq V < 0.0189$) risk levels in both systems; and high ($0.0189 \leq V < 0.0647$) risk levels only in the drinking water system. Regarding earthquakes, low ($0.0050 \leq V < 0.0088$) and medium ($0.0088 \leq V < 0.0189$) risk levels were found. The landslide risk was reported as low ($0.0048 \leq V < 0.0085$), medium ($0.0085 \leq V < 0.0183$), and high ($0.0183 \leq V < 0.0629$) for both systems. The results highlight the need to adopt preventive and corrective actions that strengthen the infrastructure and ensure the continuity of water supply and sewerage services, especially in the face of adverse natural events.

Keywords: Drinking water, sewage, flooding, earthquake, landslide, hazard identification, vulnerability, risk.

1. Introducción

La ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en áreas urbanas y periurbanas constituye un elemento clave para elevar la calidad de vida de la población (CEPAL, 2010). No obstante, estos sistemas se ven amenazados cuando ocurren fenómenos naturales tales como sismos, inundaciones, deslizamientos, etc. Por ejemplo, existe evidencia que un sismo dañó severamente las redes de distribución de los sistemas de agua potable y saneamiento en la Ciudad de México – México ocasionando que 5.3 millones de personas quedaran desabastecidas de agua (Ayala & O'Rourke, 1989). En Calarcá, Pijao y Barcelona, localidades de Colombia, se reportó de la rotura de líneas vitales, redes de distribución de agua potable y el colapso de la planta de potabilización, además se dañó el sistema de alcantarillado (CEPAL, 1999). Roturas en las redes de distribución, daños estructurales en tanques de regulación, fallas en las líneas de impulsión y sistema de bombeo se reportó en Talcahuano y Concepción – Chile (OPS, 2010). Mientras en Tohoku – Japón, fueron encontrados daños en las tuberías por deformaciones del suelo y vibración de ondas sísmicas, hubo recorte de energía eléctrica y fallas en el suministro del sistema de agua y saneamiento (Kazama & Noda, 2012).

Según CENEPRED (2018) al realizar una evaluación de los peligros, vulnerabilidades y riesgos asociados a los sistemas de agua potable y alcantarillado, este recomienda desarrollar planes que garanticen la continuidad de estos servicios ante fenómenos de origen natural. Esto supone plantear acciones orientadas a la prevención y reducción del riesgo, con el fin de salvaguardar la infraestructura y asegurar que el abastecimiento de agua y el servicio de alcantarillado continúen operando adecuadamente. Entre estas medidas se encuentra implementar la inspección y eliminación periódica de la acumulación de sólidos en las tuberías, e inspeccionar periódicamente las líneas y colectores principales del sistema de alcantarillado a través de dispositivos de derivación de sobre flujo (CENEPRED, 2018).

Huaycán se encuentra situado dentro de un intervalo altitudinal que oscila entre los 510 a 1408 metros de altitud, y se encuentra circundado por cadenas montañosas de grava y arena con pendientes que varían de moderadas a pronunciadas. En esta zona, los movimientos en masa son característicos, dando lugar a deslizamientos y huaycos que desplazan detritos y rocas desde las zonas más altas hacia el área urbana donde las tuberías podrían obstruirse, el sistema de agua potable colapsar y ocurrir un desabastecimiento del agua potable a la población (IGP, 2012); por otro lado, las roturas y obstrucciones provocadas por estos eventos en las redes de alcantarillado podrían dar lugar al afloramiento de aguas residuales en la superficie, elevando el riesgo de enfermedades (CEPAL, 2014). Estos eventos suelen ser más intensos cuando se tiene la presencia de lluvias y sismos, lo que constituye una amenaza permanente para la zona (IGP, 2012). Además, los cambios climáticos y presencia del fenómeno de El Niño provocan aumentos significativos en el caudal del río Rímac, generando inundaciones en las áreas bajas, mientras que en los sectores altos se incrementan los deslizamientos y huaycos (COEN, 2023a). Esto representa una amenaza para la infraestructura de los sistemas de agua potable y alcantarillado, especialmente ante proyectos de futura ampliación.

Esta vulnerabilidad ante riesgos ambientales puede mitigarse mediante la evaluación e identificación del peligro, vulnerabilidad y riesgos presentes en el área de estudio. Dado que los desastres naturales son eventos inevitables e impredecibles, resulta imperativo fortalecer la resiliencia de los sistemas para minimizar las pérdidas tras un evento catastrófico (BID, 2019).

En este contexto, el propósito de la investigación fue evaluar el nivel de riesgo asociado a la ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en las zonas altas de Huaycán (Lima). Analizar este escenario resulta crucial, ya que se trata de infraestructuras esenciales para la vida y, al mismo tiempo, altamente expuestas a fenómenos naturales que podrían comprometer su funcionamiento. La evaluación realizada no solo permite identificar el nivel de riesgo existente, sino que también evidencia la necesidad de aplicar acciones preventivas y correctivas orientadas a proteger la infraestructura y asegurar la continuidad del servicio. De esta manera, el estudio contribuye a reflexionar sobre la importancia de planificar ciudades

más resilientes, capaces de enfrentar los desafíos ambientales sin comprometer el bienestar y las condiciones de vida de la población.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El área de estudio correspondiente a Huaycán ($12^{\circ}01'18''$ S; $76^{\circ}54'57''$ O) se ubica dentro del distrito de Ate (Figura 1), provincia de Lima (MINSU, 2015). Está ubicado a una altitud entre 510 y 1408 m.s.n.m., con extensión territorial de 27.40 km², y cuya población aproximada es de 133 380 habitantes al 2023 (MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ATE, 2024). Presenta un clima semicálido, con promedios anuales de: temperatura que varían de $27.13 \pm 3.5^{\circ}\text{C}$ y $17.02^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$, y precipitación promedio anual de 0.056 mm/mes, siendo que los meses de febrero (0.132 mm/mes) y marzo (0.458 mm/mes) se presentan mayores precipitaciones (SENAMHI, 2024), ocasionando frecuentemente la activación de huaycos (COEN, 2023), deslizamientos (INDECI & COEN, 2022), entre otros.

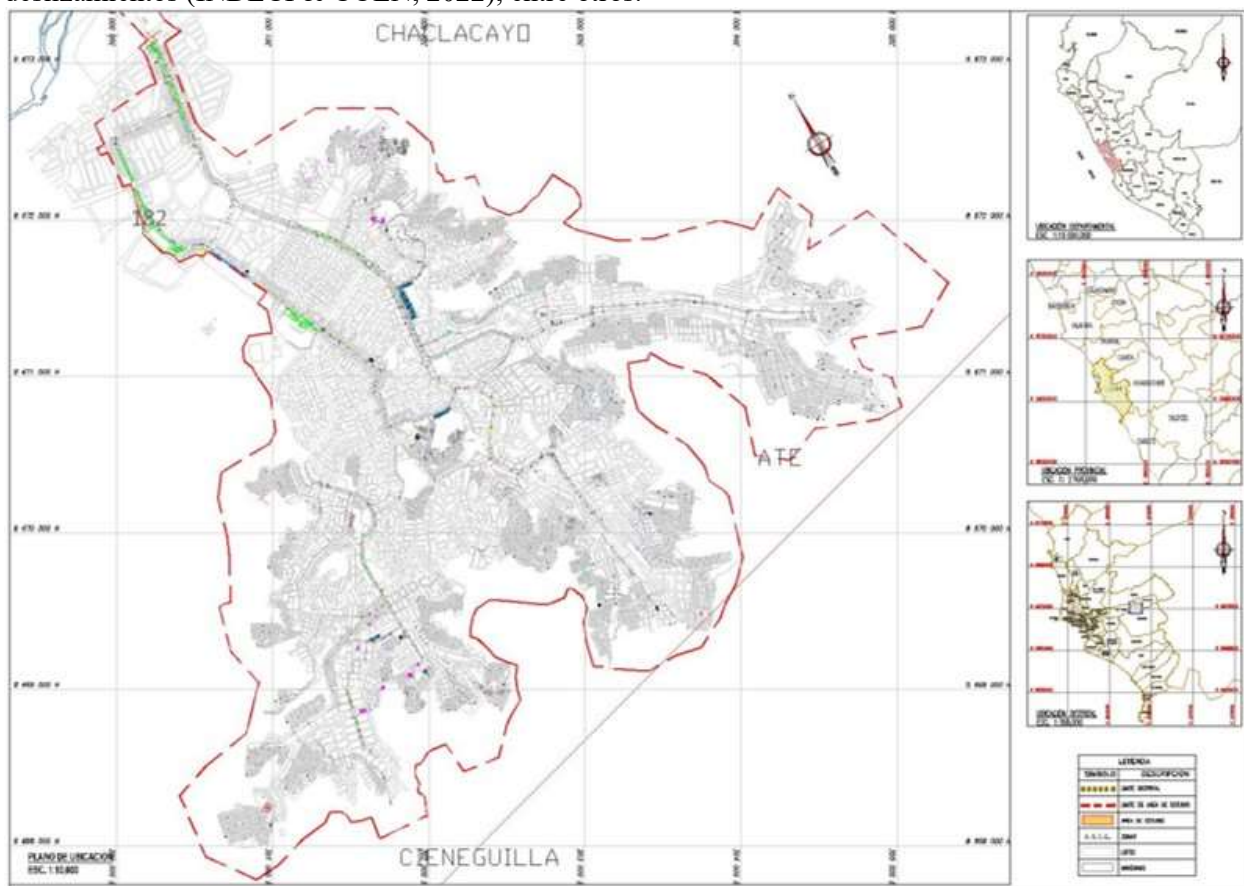


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

2.2. Características geográficas: Suelo y topografía

Huaycán corresponde a una quebrada de gran extensión que presenta pendientes suaves, dividida en tres zonas principales: sector bajo, sector medio y sector alto (MINSU, 2021).

2.2.1. Sector bajo: Este sector presenta un relieve relativamente uniforme y de baja pendiente, que se orienta hacia el noreste en dirección al valle del Rímac, conformando el denominado cono de eyección común. En esta área se encuentran las zonas A, B, C, Lúcumo, Villa Hermosa, Pariachi y Portales de Huaycán.

2.2.2. Sector medio: Se caracteriza por pendientes intermedias y por la presencia de pequeñas colinas y quebradas que actúan como cauces naturales. En este sector se ubican las zonas D, E, F, G y partes de las zonas B y C.

2.2.3. Sector alto: Está conformado por tres quebradas estrechas y de mayor elevación, con un relieve abrupto y pendientes pronunciadas, donde es frecuente la acumulación de materiales transportados por huaicos. En la quebrada oriental se encuentran las zonas P, Q y Z; en la quebrada sur, las zonas H, L, M, S y T; y en la quebrada occidental, las zonas I, J, R, U y V.

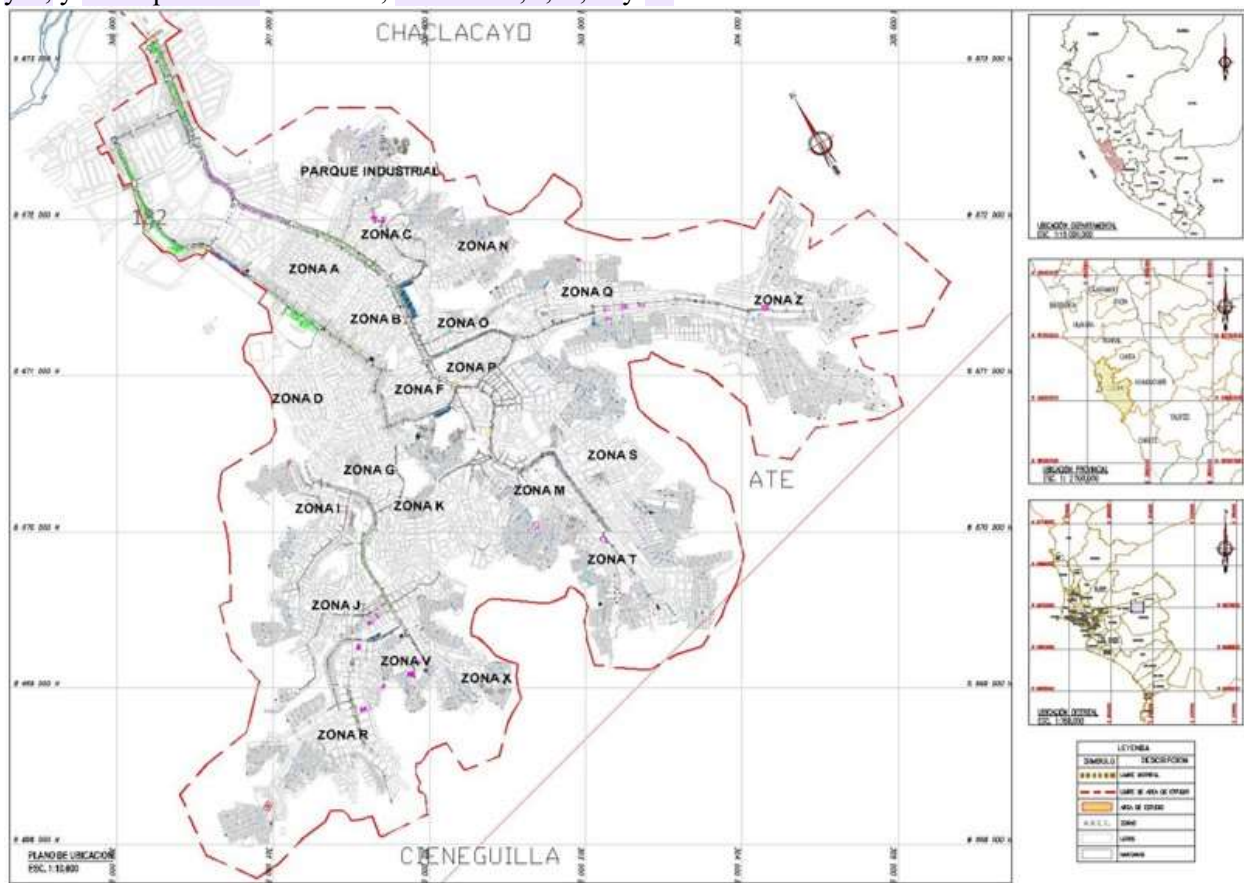


Figura 2. Localización de los sectores en Huaycan

2.3. Evaluación de las características geológicas

Las características geológicas de Huaycán se analizaron considerando los parámetros establecidos en la Tabla 1, los cuales facilitan describir y valorar adecuadamente el estado del terreno.

Tabla 1. Características geológicas del área de estudio

Parámetro	Breve descripción
Relieve (IGP, 2012)	El área presenta un relieve que combina zonas planas y onduladas, junto con sectores montañosos hacia el sur. Incluye pampas, dunas, tablazos y valles, conformando un territorio predominantemente árido y de características desérticas.
Pendiente (IGP, 2012)	Varían entre: 30° a 40°, 25° a 45°, 20° a 30° y Menor a 5°.
Tipo de suelo (IGP, 2012)	El área está conformada por depósitos de arena eólica y/o limo con presencia de humedad, además de suelos granulares finos y arcillosos que reposan sobre capas de grava aluvial. También se observan afloramientos rocosos y estratos compuestos por grava.
Textura del suelo (IGP, 2012)	- Texturas finas: corresponden a suelos de tipo arcilloso, incluidos los arcilloso-arenosos, arcilloso-limonosos y arcillosos puros. - Textura media: conformada por suelos francos, tales como franco, franco-limonoso y limonoso.

- Textura gruesa: integrada por suelos arenosos, entre ellos los arenosos y franco-arenosos.

Erosión (SENAMHI, 2017)

- Zonas altamente inestables: incluyen laderas con presencia de fallas, afloramientos rocosos muy meteorizados o alterados, saturados y con un elevado grado de fracturación, además de depósitos superficiales poco consolidados y áreas con fuerte erosión en forma de cárcavas.
- Zonas de inestabilidad moderada: comprenden laderas con materiales ligeramente fracturados, con niveles bajos a moderados de meteorización, erosión parcial y sin saturación.
- Zonas más estables: corresponden a laderas con sustratos rocosos no meteorizados, aunque pueden presentar inestabilidad en sectores próximos a ríos o quebradas debido al socavamiento y la erosión.

Velocidad de desplazamiento (INDECI & COEN, 2022)

- Alta velocidad: aproximadamente 0.0033 m/s
- Velocidad moderada: cercana a 3.009×10^{-4} m/s
- Velocidad baja a extremadamente baja: entre 5.144×10^{-8} m/año y 5.144×10^{-10} m/año

Uso actual de suelos

Predominan áreas urbanizadas, articuladas a través de diversas redes de servicios que permiten su adecuado funcionamiento.

Geológico (IGP, 2012)

La zona está influenciada por la dinámica entre placas tectónicas y por procesos de movimientos en masa.

2.4. Medición de Peligros, vulnerabilidad y riesgos

Para determinar el peligro, vulnerabilidad y riesgos se siguieron los procedimientos indicados en el “Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales”(CENEPRED, 2014) y la “Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario” (CENEPRED, 2018). Para determinar el riesgo, primero se identificó el nivel de peligro y vulnerabilidad, siguiendo la fórmula:

$$R = f(P * V)$$

Donde: P= Peligro; V= Vulnerabilidad; R= Nivel de riesgo

Las tablas de CENEPRED indicando los criterios para la medición del nivel de peligro y vulnerabilidad, se encuentran en el material suplementario.

2.4.1. Medición de peligros

El peligro se midió en función de tres tipos: inundación, deslizamiento y sismo (CENEPRED, 2018). Para ello, se consideró la susceptibilidad (factores condicionantes y desencadenantes) y Fenómeno (parámetros) tal como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Medición de peligros

Tipos de peligro	Susceptibilidad		Fenómeno	
	Factores condicionantes	Factores desencadenantes	Parámetros	Escala de valores
Inundación	Relieve, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso actual de suelos	Hidrometeorológicos (lluvia y temperatura) y geológicos (colisión de placas tectónicas y movimiento en masas)	Precipitaciones anómalas positivas, cercanía a una fuente de agua, intensidad media en una hora	Bajo ($0.028 \leq V < 0.054$) Medio ($0.054 \leq V < 0.106$) Alto ($0.106 \leq V < 0.205$) Muy Alto ($0.205 \leq V < 0.397$)

Sismo	Relieve, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso actual de suelos	hidrometereológicos (lluvia y temperatura) y geológicos (colisión de placas tectónicas y movimiento en masas)	Magnitud del sismo e intensidad del sismo	Bajo (0.028<= V < 0.054) Medio (0.054<= V < 0.106) Alto (0.106<= V < 0.205) Muy Alto (0.205<= V < 0.397)
Deslizamiento	Relieve, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso actual de suelos	hidrometereológicos (lluvia y temperatura) y geológicos (colisión de placas tectónicas y movimiento en masas)	Textura del suelo, pendiente, erosión y velocidad de desplazamiento	Bajo (0.027<= V < 0.052) Medio (0.052<= V < 0.103) Alto (0.103<= V < 0.199) Muy Alto (0.199<= V < 0.386)

Para medir la susceptibilidad, se sumaron los valores obtenidos de los factores condicionantes y desencadenantes. Respecto al fenómeno, se sumaron los valores de los parámetros indicados en la tabla 2 según el tipo de peligro. Finalmente, la medición del peligro se realizó sumando los valores del fenómeno y la susceptibilidad, lo que resultó en niveles de peligro estratificados en las categorías de Bajo, Medio, Alto y Muy alto.

2.4.2. Medición de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se midió en función de dos tipos: el sistema de agua potable y el sistema de alcantarillado (CENEPRED, 2018). Para cada uno de ellos, se consideró la vulnerabilidad física (Fragilidad y resiliencia física), vulnerabilidad social (Fragilidad y resiliencia social), vulnerabilidad ambiental (fragilidad y resiliencia ambiental) y vulnerabilidad económica (fragilidad y resiliencia económica), como se evidencia en la Tabla 3:

Tabla 3. Medición de vulnerabilidad

de	Vulnerabilidad física		Vulnerabilidad social		Vulnerabilidad ambiental		Vulnerabilidad económica		Nivel vulnerab
	Fragilidad física	Resiliencia física	Fragilidad social	Resiliencia social	Fragilidad ambiental	Resiliencia ambiental	Fragilidad económica	Resiliencia económica	
de	Estado de conservación y antigüedad de la infraestructura	Parámetros de estado de obra de protección y mantenimiento del sistema	Nivel de organización	Población aplica conservación al sistema	Estado del suelo	Actividad de conservación ambiental	Ingresos vs costo de tarifa por	Ahorro por gasto de agua	Bajo (0.270 <= V < 0.419)
de	Estado de conservación y antigüedad de la infraestructura	Parámetros de estado de obra de protección y mantenimiento del sistema	Nivel de organización	Población aplica conservación al sistema	Estado del suelo	Actividad de conservación ambiental	Ingresos vs costo de tarifa	Ahorro por gasto de disposición de excretas	Muy Alto (0.270 <= V < 0.419)

Después de medir la vulnerabilidad física, social, ambiental y económica tanto del sistema de agua potable como del sistema de alcantarillado, se sumaron los valores de cada tipo de vulnerabilidad para obtener un valor total. Este valor se utilizó para estratificar la vulnerabilidad en cuatro categorías: Muy alto, Alto, Medio y Bajo.

2.4.3. Medición del Riesgo

Después de medir los peligros y la vulnerabilidad (CENEPRED, 2018), se determinó el nivel de riesgo multiplicando las ponderaciones de ambos factores. Este procedimiento permitió construir una matriz estructurada en cuatro categorías de riesgo (Muy alto, Alto, Medio y Bajo), para los riesgos de inundación, sismo y deslizamiento, tanto en el sistema de agua potable como en el sistema de alcantarillado, tal como se presenta en la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6 respectivamente.

Tabla 4. Matriz de riesgo por inundación para el sistema de agua potable y alcantarillado

nivel de peligro inundación	PMA	0.397	0.0365	0.0647	0.1072	0.16634
	PA	0.205	0.0189	0.0334	0.0554	0.08590
	PMA	0.106	0.0050	0.0173	0.0286	0.04441
	PB	0.054	0.0050	0.0088	0.0146	0.02263
			0.092	0.163	0.27	0.419
			VB	VM	VA	VMA
NIVEL DE VULNERABILIDAD						

Tabla 5. Matriz de riesgo por sismo para el sistema de agua potable y alcantarillado

nivel de peligro sismo	PMA	0.397	0.0365	0.0647	0.1072	0.16634
	PA	0.205	0.0189	0.0334	0.0554	0.08590
	PMA	0.106	0.0050	0.0173	0.0286	0.04441
	PB	0.054	0.0050	0.0088	0.0146	0.02263
			0.092	0.163	0.27	0.419
			VB	VM	VA	VMA
NIVEL DE VULNERABILIDAD						

Tabla 6. Matriz de riesgo por deslizamiento para el sistema de agua potable y alcantarillado

Nivel de peligro deslizamiento	PMA	0.386	0.0355	0.0629	0.1042	0.16173
	PA	0.199	0.0183	0.0324	0.0537	0.08338
	PMA	0.103	0.0048	0.0168	0.0278	0.04316
	PB	0.052	0.0048	0.0085	0.0140	0.02179
			0.092	0.163	0.27	0.419
			VB	VM	VA	VMA
NIVEL DE VULNERABILIDAD						

Tabla 7. Niveles de riesgo

Tipo de riesgo	Nivel de riesgo			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Inundación	0.0050<= V < 0.0088	0.0088<= V < 0.0189	0.0189<= V < 0.0647	0.0647<= V < 0.1663
Sismo	0.0050<= V < 0.0088	0.0088<= V < 0.0189	0.0189<= V < 0.0647	0.0647<= V < 0.1663
Deslizamiento	0.0048<= V < 0.0085	0.0085<= V < 0.0183	0.0183 <= V < 0.0629	0.0629 <= V < 0.1617

Posteriormente, se realizó la estratificación del riesgo y, mediante el uso del sistema de información geográfica ArcGIS, se generaron los mapas correspondientes. Estos incluyeron: el mapa de riesgo por inundaciones para los sistemas de agua potable y alcantarillado, el mapa de riesgo por sismos para ambos sistemas, y el mapa de riesgo por deslizamientos tanto del sistema de agua potable como del sistema de alcantarillado.

3. Resultados y discusiones

3.1. Peligro por inundación

La Figura 3 muestra el mapa de peligro por inundaciones de Huaycán para el año 2024, clasificado en los niveles Bajo, Medio, Alto y Muy Alto. A partir de esta figura se identifica que la zona baja de Huaycán presenta un peligro elevado de desbordes laterales, principalmente porque las captaciones de agua subterránea se proyectan a una distancia aproximada de 20 metros del río Rímac. Además, en esta zona, basado en la valoración del análisis de la clasificación del peligro por inundaciones, se estimó que las precipitaciones anómalas positivas superan el 300% (Muy alto). Así mismo, la parte media baja presenta peligro medio ya que las redes de impulsión y distribución se encuentran una distancia de 100-500 metros del río. Finalmente, las áreas situadas en las partes altas muestran un peligro Bajo, al ubicarse a más de 1000 metros de la fuente hídrica. El fenómeno de las inundaciones suele estar asociado a episodios de lluvias intensas o precipitaciones de corta duración pero de gran magnitud, las cuales pueden provocar el desborde de los ríos y la pérdida de estructuras de defensa ribereña (Aponte & Torrejón-Magallanes, 2023). Un evento especial y anómalo a la vez es el Fenómeno de El Niño, que ocurre cada 2 a 7 años, haciendo que ocurra más lluvia, sobre todo en las zonas áridas de la costa central y norte del Perú, provocando inundaciones que arrastran y depositan sedimentos característicos en las diversas zonas afectadas (Martínez, 2020). El último evento del Fenómeno del Niño que ocurrió el 2017, en Perú, desencadenó una serie de inundaciones, deslizamientos y derrumbes sobre todo en la costa central. Por ejemplo, en los distritos de Chaclacayo y Lurigancho - Chosica se reportaron diversos desbordes del río Rímac, ocasionando interrupción de la carretera central, inundaciones de los domicilios cercanos y pérdida de hogares, cuyas zonas más afectadas fueron Ñaña, Carapongo y Huachipa que están a 6.2 km, 12.7 km y 13.3 km de distancia aproximada a Huaycán, respectivamente (Correo, 2017). Estos problemas posiblemente se originaron por una insuficiente planificación durante las obras de construcción y extensión de la carretera Ramiro Priale, así como por el incremento del caudal del río Rímac, que provocó el deterioro de las defensas ribereñas ante la falta de mantenimiento. A ello se suma la presencia de viviendas edificadas en zonas próximas a las riberas de ríos y quebradas. Además, en Huarochirí, como consecuencia de precipitaciones anómalas, se reportó el desborde del río Rímac ocasionando inundaciones en gran parte de áreas circundantes de la provincia de Huarochirí (a 62.4 km de Huaycán) (TV Perú, 2017). De acuerdo con los registros históricos de precipitaciones, entre los meses de marzo y abril suele producirse un aumento en el caudal del río Rímac, lo que mantiene latente el riesgo de desbordes e inundaciones. Además, en Huancavelica (marzo de 2024), se reportó el desborde del río Acobambilla como consecuencia de las precipitaciones anómalas (TV Perú, 2024). En la literatura científica fueron reportados inundaciones por causa de desborde de ríos en Colombia (Perico-Granados et al., 2020), Chile (France24, 2023), Bolivia (Noticias FIDES, 2024).

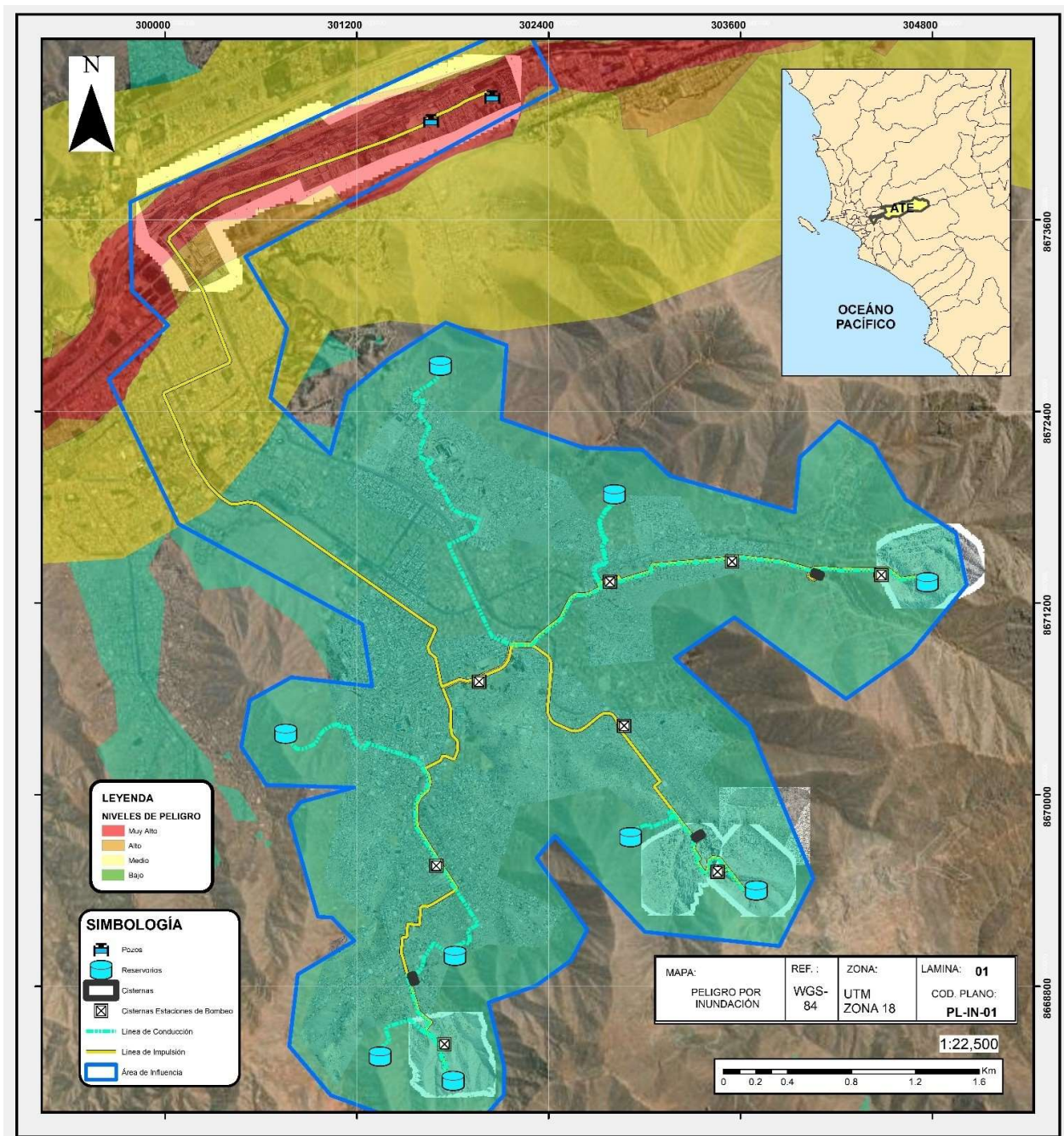


Figura 3. Mapa de Peligro por inundación

3.2. Peligro por sismo

La Figura 4 muestra el mapa de peligro sísmico para Huaycán en el año 2024, en el que se aprecia que toda el área de influencia (Lima Este) se encuentra dentro de la categoría de peligro bajo. Esta clasificación se sustenta en los registros históricos analizados por los cuales indican que los eventos sísmicos reportados han presentado magnitudes inferiores a 4.4 y niveles de intensidad menores a 5. Es importante considerar que el Perú es un país con una elevada actividad sísmica debido a su ubicación dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico (Alfredo et al., 2024). En este contexto, Lima es reconocida como una de las zonas con mayor actividad sísmica del territorio nacional, solo superada por la región Ica (Risco, 2021), con intensidades superiores al nivel IV de la escala de Mercalli Modificada (MM). Esto se explica por dos factores

principales: la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana frente al litoral peruano y la deformación cortical interna, que origina sismicidad en la Cordillera de los Andes, la zona subandina y la llanura amazónica (Tavera, 2014). Históricamente, Lima ha sido escenario de terremotos de gran magnitud, entre ellos los ocurridos en 1746 (M9.0), 1940 (M7.8), 1942 (M8.0), 1966 (M7.8), 1970 (M7.7), 1974 (M7.7) y 2007 (M8.0) (CENEPRED, 2020). En lo que va del año 2024, el IGP registró un total de 627 sismos registrados en todo el país, destacando junio como el mes con la mayor frecuencia de ocurrencias (87), seguido de febrero (77), julio (74), mayo (73), marzo (69), abril (68), enero (59), agosto (55) y septiembre (54). De este total, Lima reportó 74 sismos, ubicándose como la segunda región con mayor actividad sísmica después de Arequipa (148) (IGP, 2024b). Según Risco (2021), Lima Oeste concentra un mayor número de eventos sísmicos en comparación con Lima Este (Lurigancho), donde en 2024 se reportaron sismos de magnitudes 4.2 y 4.5 en los meses de enero y marzo, respectivamente. Asimismo, durante el mismo periodo se registraron sismos superiores a magnitud 3 en Colombia (Volcano discovery, 2024), Chile (Infobae, 2024), Bolivia (Bolivia verifica, 2024) y Ecuador (IGEPN, 2024).

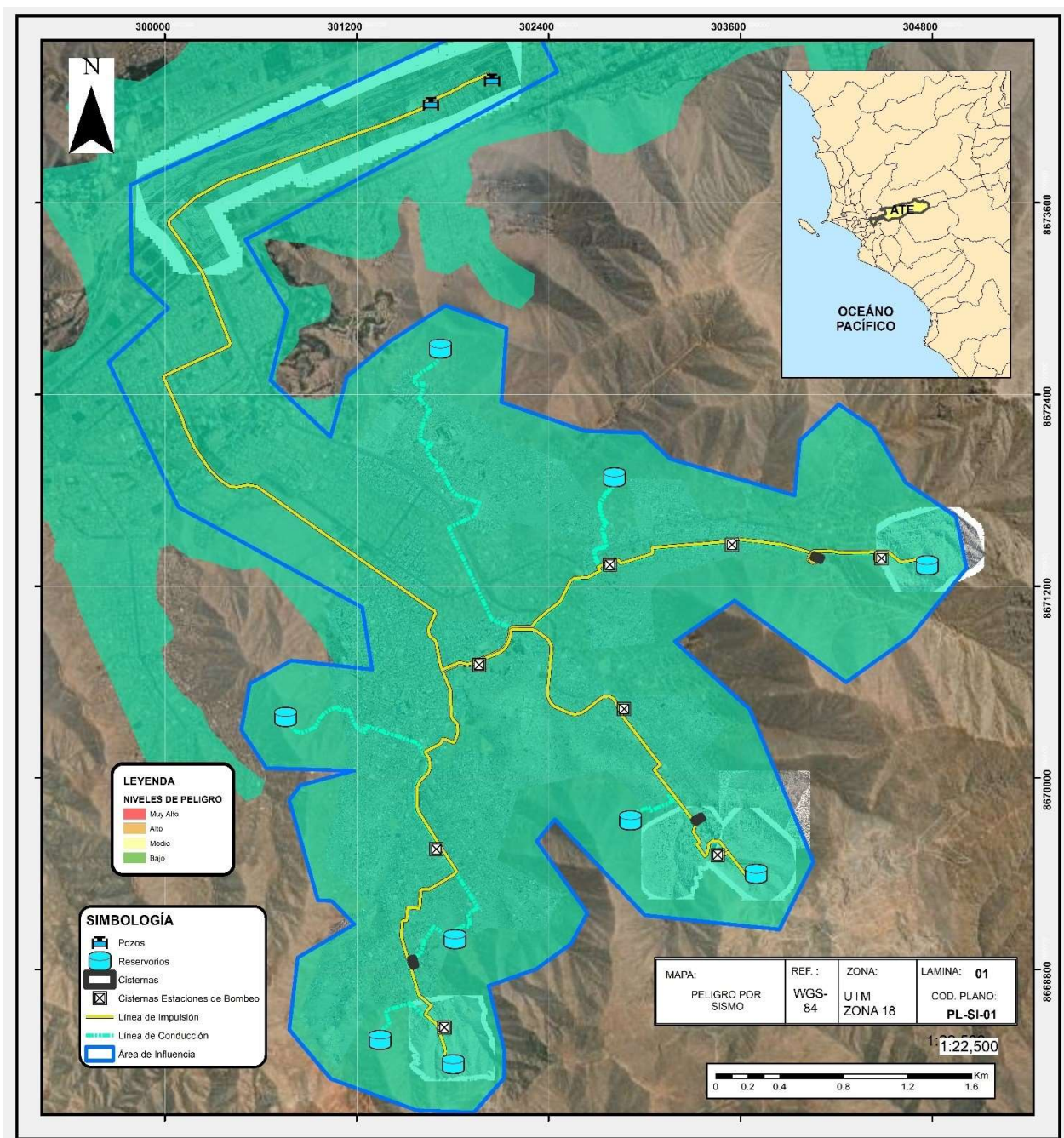


Figura 4. Mapa de Peligro por Sismo

3.3. Peligro por deslizamiento

La Figura 5 muestra el mapa de peligro por deslizamientos en Huaycán correspondiente al año 2024, clasificado en los niveles Bajo, Medio, Alto y Muy Alto. Según esta figura, las zonas bajas presentan un peligro reducido, ya que sus pendientes son menores a 20° y las laderas están conformadas por materiales con baja fracturación, moderado grado de meteorización, erosión parcial y suelos no saturados. En cambio, en las zonas medias y altas se observa un peligro que varía entre medio y alto en la mayor parte del área analizada, debido a la presencia de pendientes entre 20° y 45°, así como de terrenos inestables con formaciones rocosas masivas sometidas a meteorización y alteración moderada a intensa, además de una elevada fracturación. Estos sectores también contienen depósitos superficiales no consolidados, con suelos

53

197 parcialmente o altamente saturados, acompañados de procesos de erosión intensa. Asimismo, se identifica
198 un nivel de peligro muy alto en la zona donde se ubica un reservorio asentado sobre una pendiente mayor a
199 45°, caracterizada por laderas inestables con fallas, rocas fuertemente meteorizadas y alteradas, con altos
200 niveles de saturación y fracturación, además de materiales sueltos en superficie y signos evidentes de erosión
201 severa. Los deslizamientos corresponden al desplazamiento de masas de suelo o roca, y suelen estar
202 vinculados a detonantes como la actividad sísmica en terrenos susceptibles, la ocurrencia de lluvias o la
203 combinación de ambos factores (Montero, 2017). Los terrenos susceptibles presentan características como:
204 laderas inestables, pendientes elevadas, suelos de baja resistencia metaestable y áreas con escarpes rocosos
205 (INGEMMET, 2022). Entre las zonas más afectadas, se encuentran aquellas zonas de laderas, asentamientos
206 en la periferia del área, los cuales podrían ocasionar pérdidas materiales y humanas; y afectar la
207 infraestructura de los domicilios. En el Perú, se reportaron más de 3600 deslizamientos entre los años 2003
208 a 2022 (INDECI, 2023). En Lima, estos fenómenos son recurrentes, especialmente durante época de lluvias,
209 debido a su geografía accidentada y el crecimiento urbano no planificado. Por ejemplo, se reportaron casos
210 de deslizamiento en Huarochirí (La República, 2024), Chosica (TV Perú, 2021) y Chacacayo (Diario
211 Correo, 2015). Así mismo, fueron reportados deslizamientos en Colombia (El Tiempo, 2023), Ecuador
212 (Infobae, 2023), Chile (Cooperativa CL, 2024), Bolivia (ABI, 2024), Brasil (CNN, 2024).

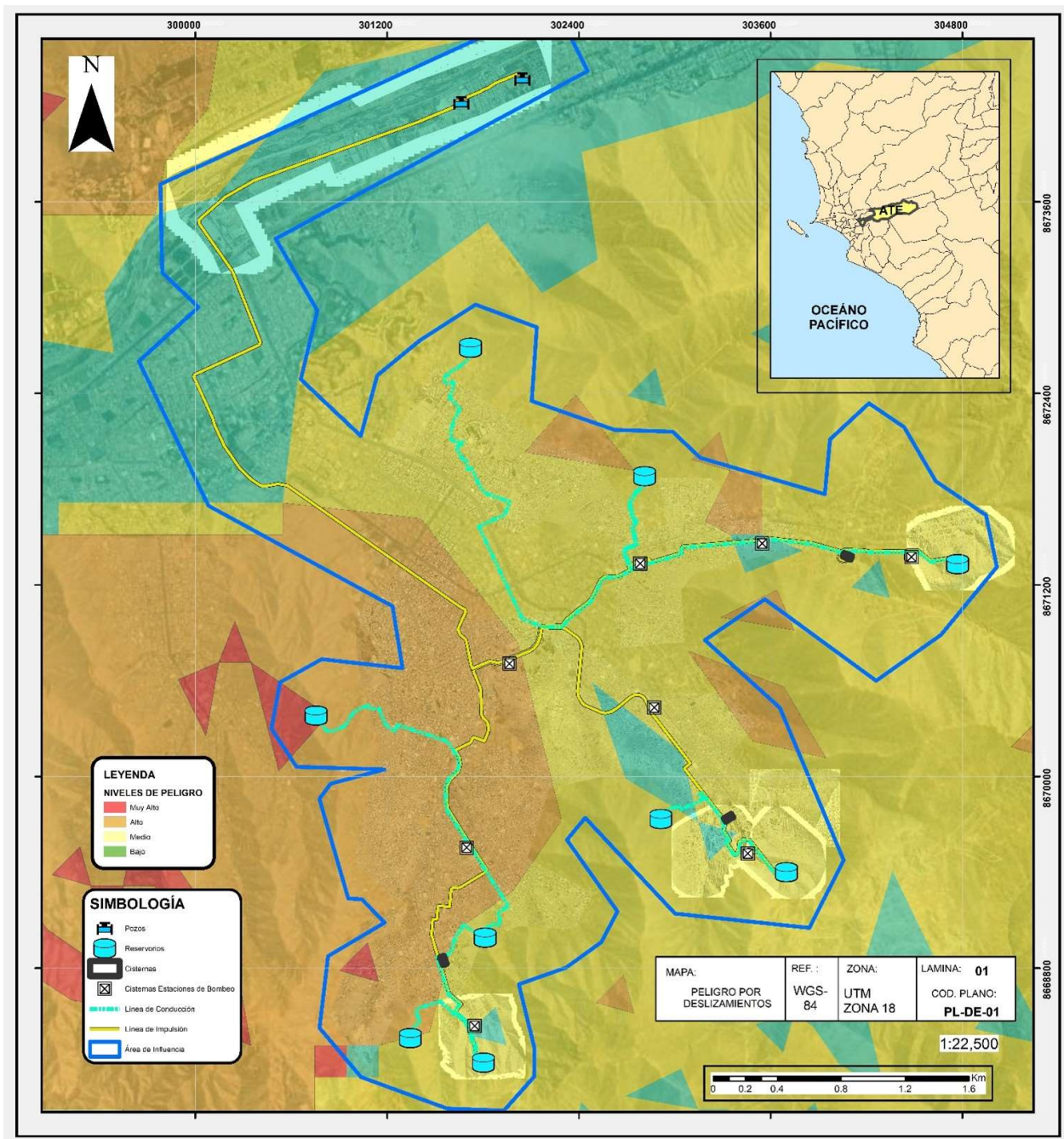


Figura 5. Mapa de Peligro por Deslizamiento

3.4. Vulnerabilidad del sistema de agua potable y del sistema de alcantarillado

Para evaluar la vulnerabilidad es necesario considerar diversos factores, entre ellos: las condiciones de la infraestructura, el estado de conservación del entorno, el nivel de involucramiento de la comunidad en las actividades de preservación ambiental y en el mantenimiento del sistema, los hábitos orientados al consumo responsable del agua, el crecimiento urbano no planificado y la falta de mantenimiento e inversión pública. Todos estos elementos influyen directamente en el aumento o disminución de la vulnerabilidad (BID, 2019; Escolero et al., 2016). Las Figuras 6 y 7 muestran los mapas de vulnerabilidad correspondientes a los sistemas de agua potable y alcantarillado de Huaycán. En ambos casos, se observa que la mayoría de los componentes proyectados como: líneas de impulsión y de conducción, cisternas, estaciones de bombeo,

42

224 reservorios, redes y colectores de alcantarillado presentan vulnerabilidad baja ($0.056 \leq V < 0.092$),
225 mientras los pozos y algunos colectores muestran vulnerabilidad media ($0.092 \leq V < 0.163$). La
226 vulnerabilidad baja podría atribuirse a que las infraestructuras serán nuevas e instaladas en suelos rocosos
227 y compactos. La población será participe de actividades de conservación ambiental y del sistema; y el ahorro
228 por gasto de agua y alcantarillado cubrirán del 75 a 100% del costo de las tarifas. La vulnerabilidad media
229 probablemente está relacionada porque la infraestructura será instalada sobre suelos sueltos, se realizarán
230 actividades eventuales de conservación al medio ambiente y del sistema; y que el ahorro por gasto de agua
231 cubrirá el 50% del costo de tarifa. Por ejemplo, Martínez-Rivas & María-Huertas (2024) señalaron que la
232 vulnerabilidad del sistema de agua potable está asociada a la falta de infraestructura adecuada, la presencia
233 de asentamientos informales, la baja calidad del recurso hídrico, la ausencia de prácticas higiénicas
234 apropiadas, el limitado conocimiento sobre el uso y gestión del agua, así como la insuficiente articulación
235 entre las autoridades locales y las comunidades. Fue evidenciado en Trujillo un caso de alta vulnerabilidad
236 que se relacionó a una infraestructura deficiente, falta de capacidad para responder inmediatamente a
237 emergencias y mantenimiento de los sistemas (Rubio-Herrera & Guerrero-Padilla, 2015).

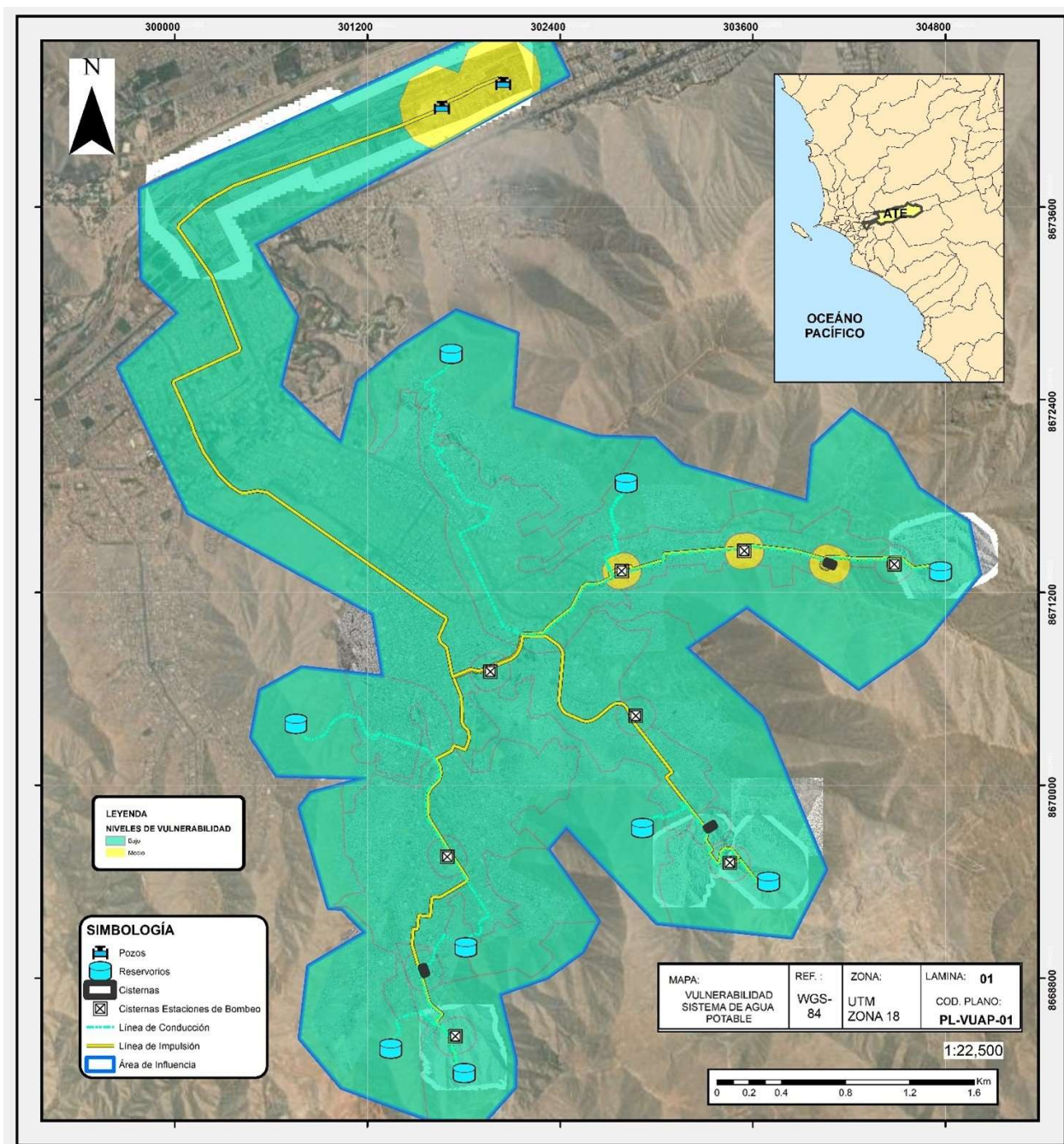


Figura 6. Mapa de vulnerabilidad del sistema de agua potable

238
239
240

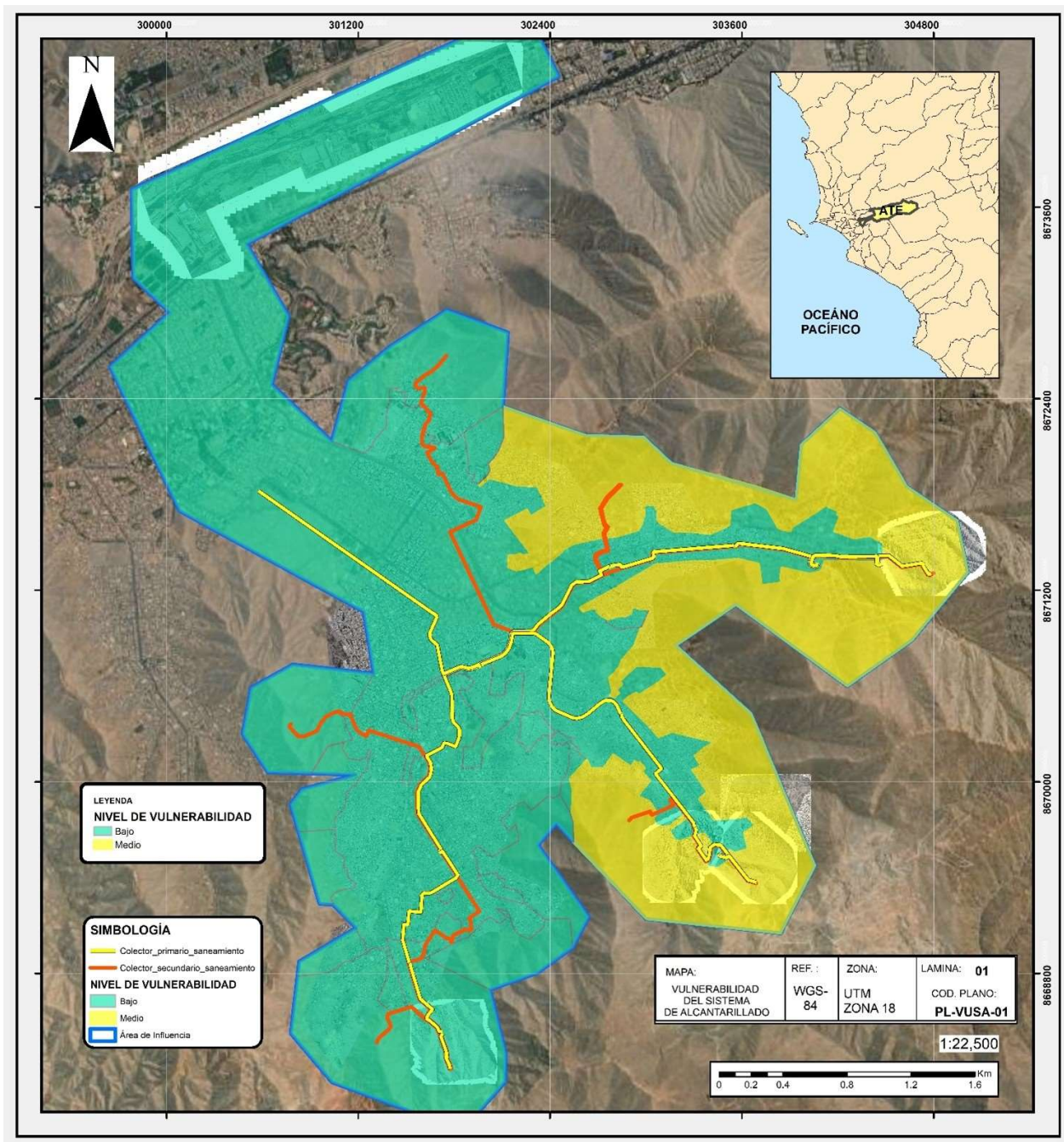


Figura 7. Mapa de vulnerabilidad del sistema de alcantarillado

3.5. Riesgo por inundación del sistema de agua potable y del sistema de alcantarillado

Este riesgo fue calculado de la multiplicación de la variable peligro por inundación por la variable vulnerabilidad, como descrita en el CENEPRED (2018). La Figura 8 y Figura 9, muestran el mapa de riesgo por inundación del sistema de agua potable (Bajo, Medio y Alto) y alcantarillado (Bajo y Medio) de Huaycán para el 2024, respectivamente.

Para el caso del sistema de agua potable, se encontraron tres niveles de riesgo: i) Bajo ($0.0050 \leq V < 0.0088$, Ver Tabla 7) para una parte de las líneas de impulsión, cisternas, estaciones de bombeo y reservorios, ii) Medio ($0.0088 \leq V < 0.0189$) para una parte de la línea de impulsión y iii) Alto ($0.0189 \leq V < 0.0647$) observado en dos captaciones de pozo y parte de las líneas de impulsión y conducción. El

CENEPRED (2014) indica que aquellos sistemas que tienen riesgo bajo podría presentar daños leves, aquellos que presentan riesgo medio tiene probabilidades de sufrir daños moderados, mientras que aquellos que presentan riesgo alto tienen probabilidades de sufrir daños graves; así, este sistema podría sufrir daños leves, moderados y graves en el futuro, en el peor de los casos, alguna inundación podría generar obstrucción de equipos de bombeo, deterioro de la infraestructura, obstrucción tuberías, afectación de equipos electromecánicos debido a una avenida máxima del Río Rímac.

Para el caso del sistema de alcantarillado, presentó dos niveles de riesgo: i) riesgo bajo ($0.0050 \leq V < 0.0088$) para una parte de los colectores y redes de alcantarillado, y ii) Medio ($0.0088 \leq V < 0.0189$) para algunas redes de alcantarillado como para los colectores, indicando mínima a mediana posibilidad de sufrir daños como obstrucción de tuberías en la red y colectores ante algún evento de precipitaciones anómalas que generen aniegos.

En este estudio se identificaron niveles de riesgo bajos, medios y altos, lo que pone de manifiesto la necesidad de aplicar acciones de gestión del riesgo y labores de mantenimiento preventivo que aseguren el funcionamiento continuo tanto del sistema de agua potable como del sistema de alcantarillado. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas que permitan determinar la capacidad de drenaje y la resiliencia de la infraestructura, además de establecer protocolos de actuación ante posibles inundaciones. En cuanto a las captaciones, es conveniente adoptar acciones de resguardo en el área que los rodea, como la instalación de cercos perimetrales, actividades de reforestación u otras intervenciones similares, así como contar con diseños adecuados que brinden seguridad a las estructuras y a los equipos electromecánicos. Estas acciones no solo contribuirán a preservar la infraestructura, sino que también garantizarán la continuidad del suministro de agua y el manejo apropiado de las aguas residuales durante eventos adversos.

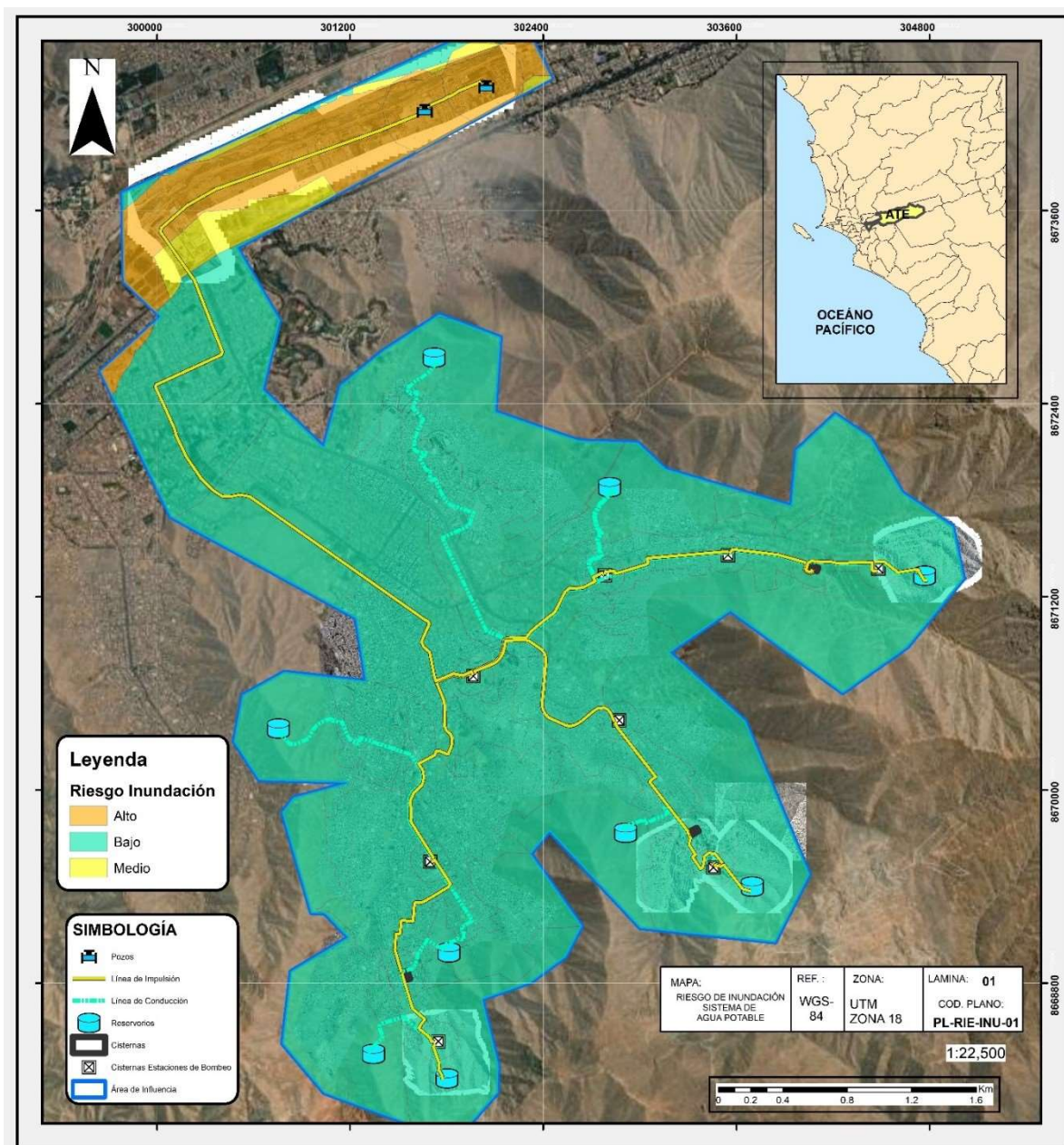


Figura 8. Mapa de riesgo por inundación del sistema de alcantarillado

273

274

275

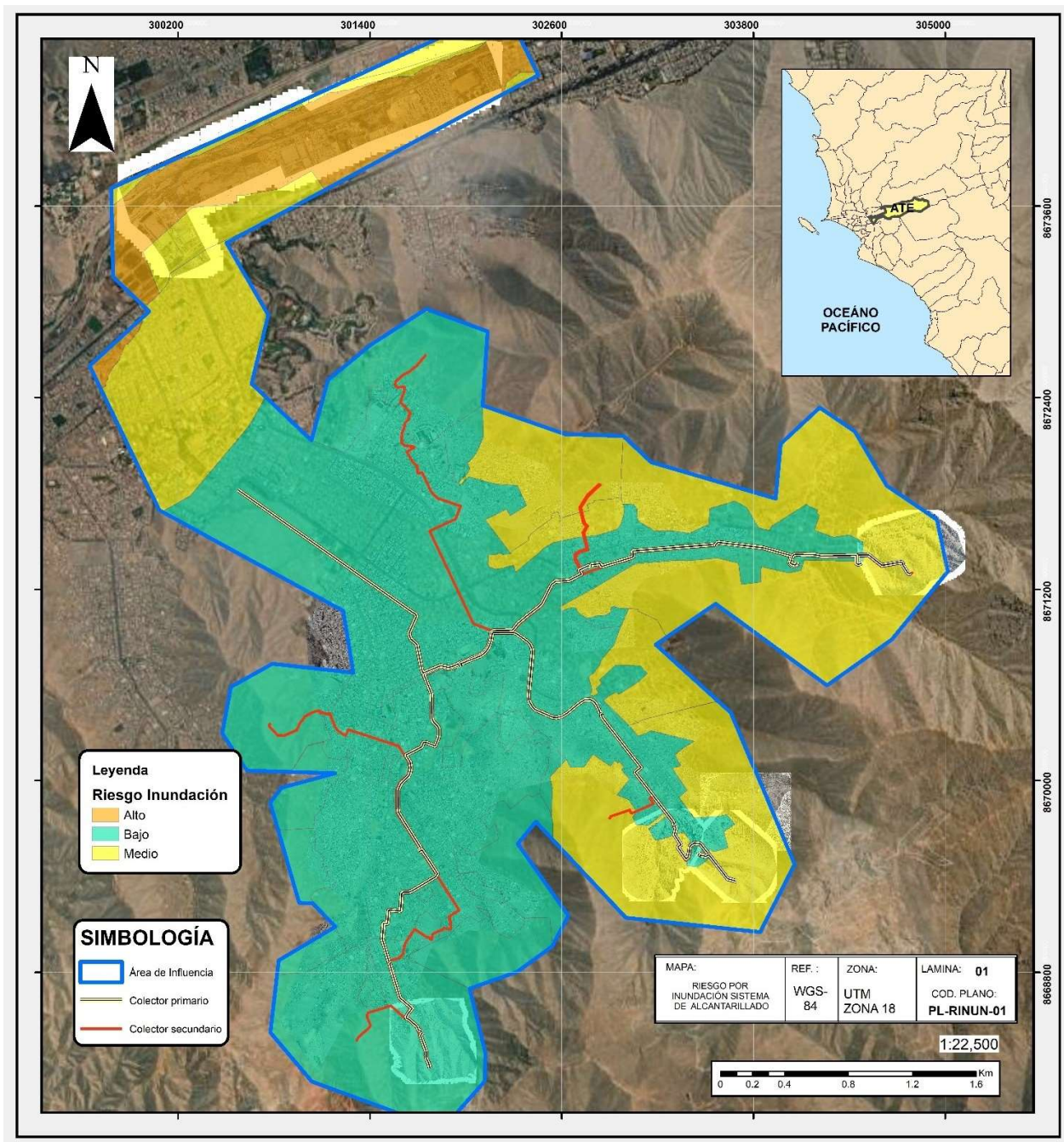


Figura 9. Mapa de riesgo por inundación del sistema de alcantarillado

3.6. Riesgo por sismo del sistema de agua potable y del sistema de alcantarillado

Este riesgo fue calculado de la multiplicación de la variable peligro sísmico por la variable vulnerabilidad, descrita en el CENEPRED (2018). Las Figuras 10 y 11 presentan los mapas de riesgo sísmico para los sistemas de agua potable (nivel Bajo) y alcantarillado (niveles Bajo y Medio) en Huaycán para el año 2024.

En el caso del sistema de agua potable, todos sus elementos (captaciones, líneas de impulsión y conducción, cisternas, reservorios, redes de distribución) presentaron riesgo bajo ($0.0050 \leq V < 0.0088$, Ver Tabla 7), mientras que para el sistema de alcantarillado se observó dos niveles de riesgo: i) Bajo ($0.0050 \leq V < 0.0088$, Ver Tabla 7) para una parte de las redes y colectores, y ii) Medio ($0.0088 \leq V < 0.0189$) para

otra sección de las redes y colectores. Estos resultados evidencian que, aunque los niveles actuales no son altos, un evento sísmico podría generar afectaciones importantes en cualquiera de los componentes evaluados (Figuras 10 y 11). En particular, un sismo con magnitud superior a 7.0 podría comprometer seriamente la integridad de ambas infraestructuras, ocasionando desabastecimiento de agua y fallas en el sistema de alcantarillado, con impactos directos sobre la población (CENEPRED, 2018).

A pesar de que el riesgo presenta nivel bajo y medio, es crucial que la infraestructura tenga mantenimiento continuo y mejoras en sus diseños estructurales para que se garantice su funcionamiento si ocurriese sismos de magnitudes fuertes (6.0 a 7.0) y de intensidades hasta 7 MM. Asimismo, es imprescindible que todas las obras se diseñen siguiendo las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, a fin de incrementar su capacidad de resistencia y asegurar su continuidad operativa durante eventos sísmicos.

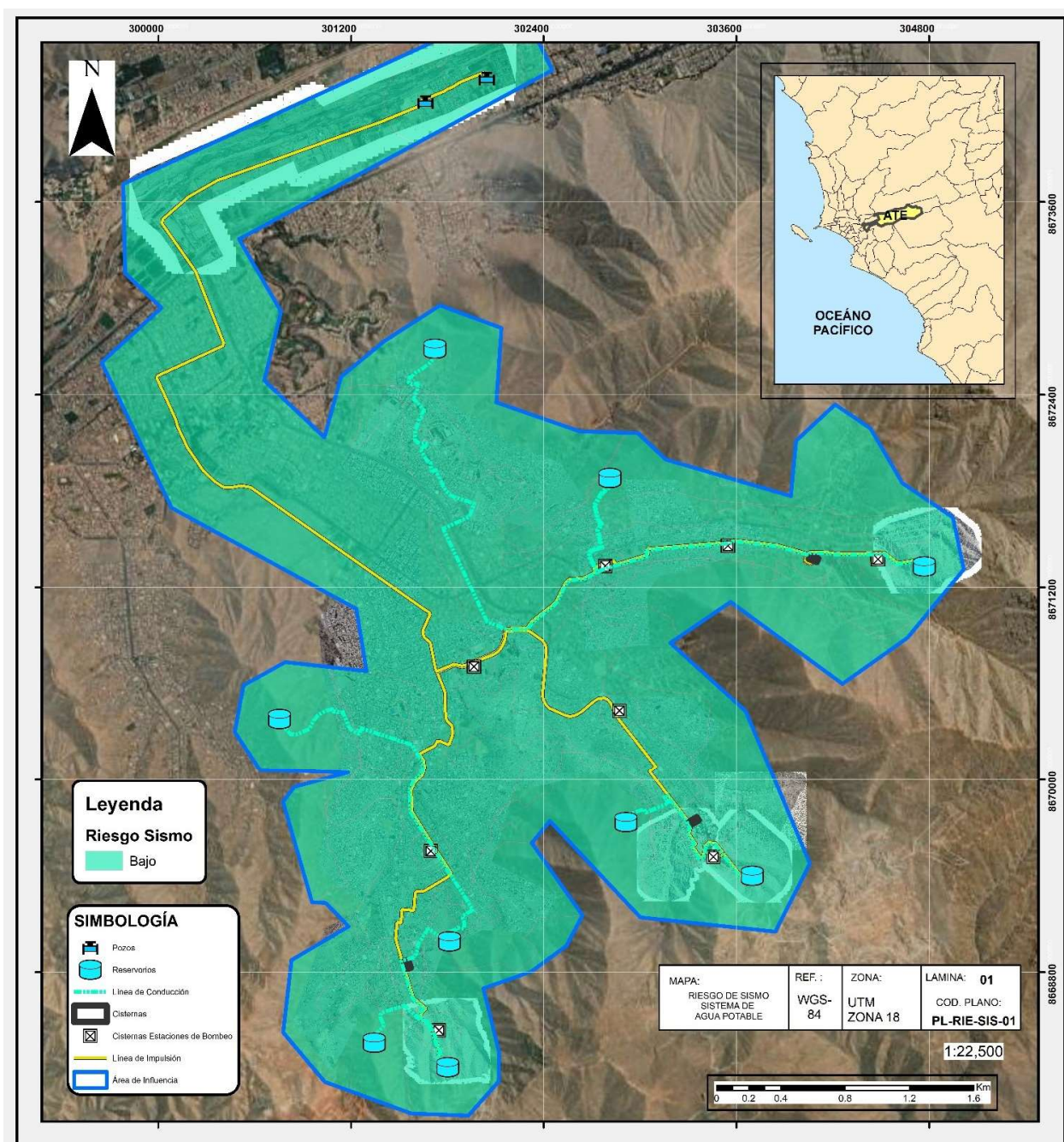


Figura 10. Mapa de riesgo sísmico de agua potable

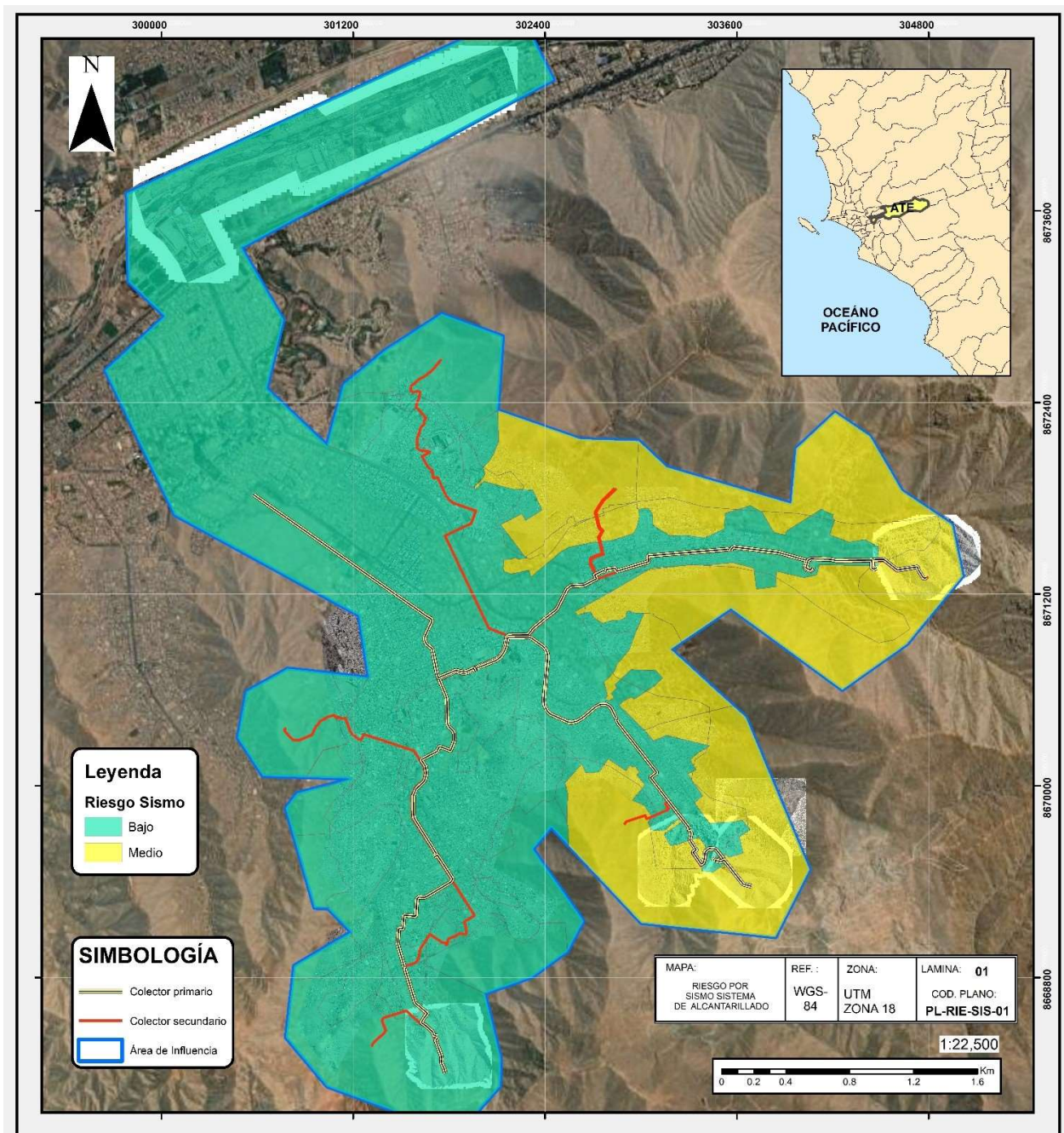


Figura 11. Mapa de riesgo sísmico del sistema de alcantarillado

3.7. Riesgo por deslizamiento del sistema de agua potable y del sistema de alcantarillado

El riesgo asociado a los deslizamientos se obtuvo mediante la multiplicación del nivel de peligro por la vulnerabilidad, conforme a lo establecido en la guía metodológica de CENEPRED (2018). La Figura 12 presenta el mapa de riesgo por deslizamientos para el sistema de agua potable, con categorías que abarcan los niveles Bajo, Medio y Alto. De manera similar, la Figura 13 muestra el mapa correspondiente al sistema de alcantarillado de Huaycán para el año 2024, también con estratos de riesgo Bajo, Medio y Alto.

Para el caso del sistema de agua potable, se encontraron tres niveles de riesgo: i) Bajo ($0.0048 \leq V < 0.0085$, Ver Tabla 7) para las captaciones de pozo y parte de las líneas de impulsión y conducción; ii) Medio ($0.0085 \leq V < 0.0183$), en partes de la línea de impulsión, cisternas, estaciones de bombeo y reservorios, y

iii) Alto ($0.0183 \leq V < 0.0629$) en un reservorio y una cisterna. El CENEPRED (2014) menciona que sistemas con riesgo bajo podrían sufrir daños leves, mientras aquellos con riesgo medio podría experimentar daños moderados. En el peor de los escenarios, estos sistemas enfrentarían daños estructurales significativos (CENEPRED, 2018).

Para el sistema de alcantarillado, se encontraron tres niveles de riesgo: i) Bajo ($0.0048 \leq V < 0.0085$) para una parte de las redes y colectores; ii) Medio ($0.0085 \leq V < 0.0183$), para otra sección de las redes y colectores, y iii) Alto ($0.0183 \leq V < 0.0629$) para otra parte de las redes y colectores. El CENEPRED (2018) menciona que si ocurren eventos de deslizamientos, las tuberías sufrirían daños parciales o totales, desencadenando problemas como: atascos debido a la acumulación de sedimentos, rotura de tuberías, contaminación por aguas residuales, falla de los colectores, entre otros.

Es fundamental implementar acciones preventivas orientadas a fortalecer la infraestructura existente y optimizar los mecanismos de monitoreo y atención ante situaciones de emergencia, con el fin de disminuir los niveles de riesgo y garantizar la continuidad del servicio. De igual manera, resulta indispensable contar con planes de contingencia que permitan actuar con eficacia frente a eventos adversos. Salomón (2019) señala que el reservorio analizado en su estudio presenta riesgo de deslizamientos debido a su ubicación en una ladera con taludes inestables. Como medida de mitigación, recomienda la implementación de muros de contención para estabilizar dichos taludes, además de la reforestación del área donde se proyecta el reservorio, acciones que contribuirían a mejorar la seguridad del sistema de agua potable.

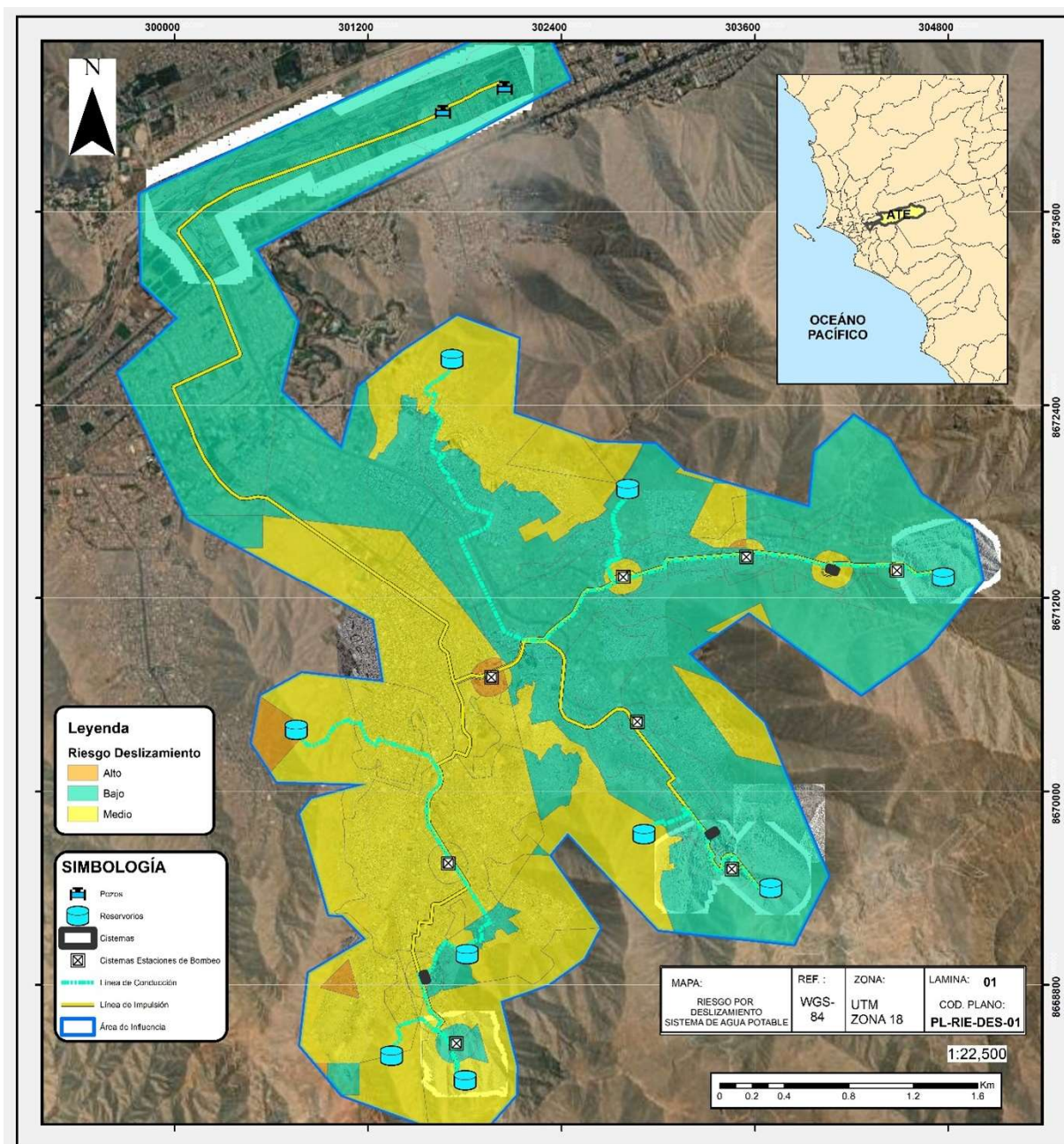


Figura 12. Mapa de riesgo de deslizamiento del sistema de agua potable

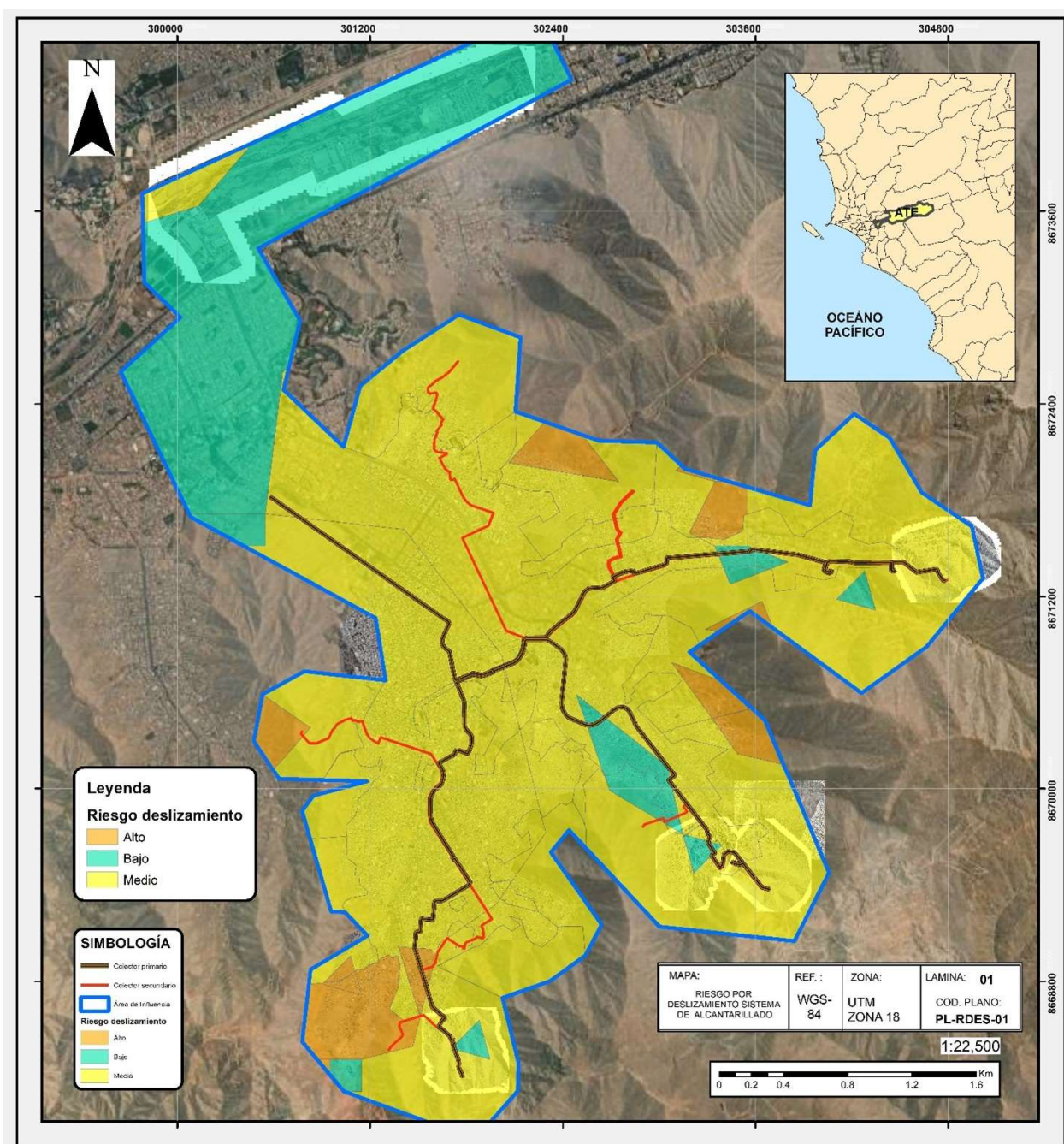


Figura 13. Mapa de riesgo de deslizamiento del sistema de alcantarillado

Conclusiones

La evaluación de riesgos constituye un elemento clave para asegurar la continuidad y seguridad de los servicios de agua potable y alcantarillado en zonas vulnerables. Por ello, se recomienda adoptar medidas preventivas que incluyan inspecciones regulares, mantenimiento y limpieza de las tuberías, planificación urbana que considere los riesgos geológicos y meteorológicos, además de implementar sistemas de alerta temprana y la participación de la población. Resulta igualmente importante considerar los cambios asociados al clima y la presencia periódica del fenómeno El Niño, ya que ambos pueden intensificar los peligros de inundaciones y deslizamientos, lo que hace necesario incorporar estrategias de adaptación en la planificación de la infraestructura. En este marco, la gestión del riesgo, al ser un proceso integral y multisectorial, requiere de la colaboración de diversos actores —autoridades locales, entidades responsables de la provisión de los servicios de agua potable y saneamiento, instituciones de investigación y la comunidad— para garantizar la aplicación de medidas efectivas de mitigación.

El estudio permitió identificar los niveles de riesgo asociados a los sistemas de agua potable y alcantarillado de Huaycán frente a los peligros de inundación, sismos y deslizamientos. En el caso de las inundaciones, el riesgo se distribuye entre las categorías bajo, medio y alto, principalmente debido a la proximidad al río Rímac y a la ocurrencia de precipitaciones intensas, especialmente durante episodios vinculados al fenómeno de El Niño. Este riesgo se ve acentuado en áreas con pendientes suaves y suelos de limitada capacidad de drenaje. Aunque Huaycán se ubica dentro de una zona sísmica, el riesgo asociado a los sismos se clasifica en niveles bajo y medio. Por su parte, el riesgo por deslizamientos —también categorizado como bajo, medio y alto— está directamente relacionado con las características geológicas del área, la presencia de pendientes pronunciadas, suelos poco estables y procesos intensos de erosión. De manera general, las zonas altas presentan mayor riesgo a deslizamientos, mientras que las zonas bajas muestran un mayor riesgo frente a inundaciones.

Contribuciones de los autores

(1) Conceptualización: EICG, CPSC; (2) Análisis o adquisición de datos EICG, CPSC; (3) Desarrollo metodológico/técnico: EICG, CPSC, AHDLC; (4) Redacción del manuscrito original: EICG, CPSC, AHDLC; (5) Redacción del manuscrito corregido y editado: EICG, CPSC, AHDLC.

Financiamiento

Esta investigación fue autofinanciada

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe algún conflicto de interés.

Referencias

- ABI. (2024). *Deslizamiento de talud entierra dos vehículos, afecta a cuatro casas y deja un herido en Sopocachi*. 16/02/2024. <https://www.abi.bo/index.php/seguridad2/47216-deslizamiento-de-talud-entierra-dos-vehiculos-afecta-a-cuatro-casas-y-deja-un-herido-en-sopocachi>
- Alfredo, C. O., David, G. M., Andrés, M. C., & Gabriel, Q. J. (2024). EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS NORMATIVAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE EN AMÉRICA LATINA. CASOS DE ESTUDIO: COLOMBIA, ECUADOR, PERÚ, CHILE. *Ingeniar*, 13, 24. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/200/290>
- Aponte, H., & Torrejón-Magallanes, J. (2023). Lluvias, inundaciones y su impacto en la población peruana: ¿Hemos aprendido la lección? *South Sustainability*, 4(1), e075. <https://doi.org/10.21142/ss-0401-2023-e075>
- Ayala, A. G., & O'Rourke, M. J. (1989). *Effects of the 1985 Michoacan Earthquake on the Water Systems and other buried pipelines in Mexico*. 138. <https://doi.org/10.1193/1.1585583>
- BID. (2019). *Guía para la gestión del riesgo en sistemas de agua y saneamiento ante amenazas naturales*. 1–47. <https://publications.iadb.org/es/guia-para-la-gestion-del-riesgo-en-sistemas-de-agua-y-saneamiento-ante-amenazas-naturales>
- Bolivia verifica. (2024). *Sismos en Bolivia: ¿cuántos ya se sintieron en este 2024?* 22/08/2024. <https://boliviaverifica.bo/sismos-en-bolivia-cuantos-ya-se-sintieron-en-este-2024/>
- CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales. *Cenepred*, 1–245. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-

- de-Riesgos_v2.pdf
- CENEPRED. (2018). *Guía para la Evaluación del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/R.050-2018_GUIA_DE_AGUA_Y_ALCANTARILLA.pdf
- CENEPRED. (2020). *ESCENARIO DE RIESGO POR SISMO Y TSUNAMI PARA LIMA Y CALLAO*. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/10354_escenario-de-riesgo-por-sismo-y-tsunami-para-lima-y-callao.pdf
- CEPAL. (1999). *El Terremoto de Enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero*. 93. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/60048abe-4fb6-4887-801c-ed6c544e5cbf/content>
- CEPAL. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/83da8118-b260-4555-8d46-a0b833906db7/content>
- CEPAL. (2014). *Manual para la evaluación de desastres*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/df2fa48c-418c-4b2a-957c-0bdd97181d27/content>
- CNN. (2024). *Cuerpos de rescate buscan a posibles víctimas tras deslizamiento de tierra en estado brasileño de Amazonas*. 07/10/2024. <https://cnnespanol.cnn.com/2024/10/07/rescate-victimas-deslizamiento-tierra-estado-amazonas-orix>
- COEN. (2023a). *Informe de Emergencia: Lluvias Intensas En El Departamento De Lima*. 1–44. <https://portal.indec.gov.pe/wp-content/uploads/2023/03/INFORME-DE-EMERGENCIA-Nº-682-23MAR2023-LLUVIAS-INTENSAS-EN-EL-DEPARTAMENTO-DE-LIMA-14-DEE.pdf>
- COEN. (2023b). *LLUVIAS INTENSAS EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA*. <https://portal.indec.gov.pe/wp-content/uploads/2023/03/INFORME-DE-EMERGENCIA-Nº-736-25MAR2023-LLUVIAS-INTENSAS-EN-EL-DEPARTAMENTO-DE-LIMA-16-DEE.pdf>
- Cooperativa CL. (2024). *Desprendimiento de rocas obligó a suspender tránsito entre Arica e Iquique*. 02/10/2024. <https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-arica/desprendimiento-de-rocas-obligo-a-suspender-transito-entre-arica-e/2024-10-02/213535.html>
- Correo. (2017). *Chosica: reportan desborde del río Rímac en Ñaña*. Diario Correo. <https://diariocorreop.pe/peru/chosica-reportan-desborde-del-rio-rimac-en-nana-741499/>
- Diario Correo. (2015). *Chaclacayo: Se registra deslizamiento de rocas en Carretera Central*. 16/12/2015. <https://diariocorreop.pe/ciudad/chaclacayo-se-registra-deslizamiento-de-rocas-en-carretera-central-640434/>
- El Tiempo. (2023). *¿Por qué en Colombia ocurren frecuentes deslizamientos y derrumbes?* 25/07/2023. <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/por-que-ocurren-frecuentes-deslizamientos-de-tierra-en-colombia-789577>
- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S., & Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 409–427. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222016000300409
- France24. (2023). *Miles de damnificados en Chile por las lluvias más fuertes en 30 años*. 28/06/2023. <https://www.france24.com/es/américa-latina/20230627-miles-de-damnificados-en-chile-por-las-lluvias-más-fuertes-en-30-años>
- IGEPN. (2024). *Informe Sísmico Especial No. 2024-003*. 01/07/2024. <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/2147-informe-sismico-especial-no-2024-003#:~:text=El día lunes 01 de,magnitudes menores a 3.5 MLv.>
- IGP. (2012). *Zonificación Sísmica – Geotécnica del Área Urbana de Huaycan - Ate. Igp & Minam*. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/1198>
- IGP. (2024a). *Sismos reportados en el año 2024*. *Página Web IGP*, 1. <http://intranet.igp.gob.pe/bdsismos/ultimosSismosSentidos.php>
- IGP. (2024b). *Sismos reportados*. Instituto Geofísico Del Perú. <https://www.igp.gob.pe/servicios/centro->

- 437 sismologico-nacional/ultimo-sismo/sismos-reportados
- 438 INDECI. (2023). *Compendio estadístico del INDECI 2023 - Gestión reactiva*.
439 [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5591372/4965310-compendio-final-af-2023-](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5591372/4965310-compendio-final-af-2023-indeci.pdf)
440 [indeci.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5591372/4965310-compendio-final-af-2023-indeci.pdf)
- 441 INDECI, & COEN. (2022). Reporte de emergencia por Deslizamiento en el Distrito de Ate vitarte - Lima.
442 *Indeci*, 1–3. [https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/01/REPORTE-](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/01/REPORTE-COMPLEMENTARIO-Nº-355-15ENE2022-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-ATE-VITARTE-LIMA-1.pdf)
443 [COMPLEMENTARIO-Nº-355-15ENE2022-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-ATE-](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/01/REPORTE-COMPLEMENTARIO-Nº-355-15ENE2022-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-ATE-VITARTE-LIMA-1.pdf)
444 [VITARTE-LIMA-1.pdf](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/01/REPORTE-COMPLEMENTARIO-Nº-355-15ENE2022-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-ATE-VITARTE-LIMA-1.pdf)
- 445 Infobae. (2023). *Tragedia en Ecuador: un deslizamiento de tierra dejó al menos 7 muertos y 46*
446 *desaparecidos*. 27/03/2023. [https://www.infobae.com/america/america-latina/2023/03/27/tragedia-](https://www.infobae.com/america/america-latina/2023/03/27/tragedia-en-ecuador-un-deslizamiento-de-tierra-dejo-al-menos-16-muertos-y-7-desaparecidos/)
447 [en-ecuador-un-deslizamiento-de-tierra-dejo-al-menos-16-muertos-y-7-desaparecidos/](https://www.infobae.com/america/america-latina/2023/03/27/tragedia-en-ecuador-un-deslizamiento-de-tierra-dejo-al-menos-16-muertos-y-7-desaparecidos/)
- 448 Infobae. (2024). *Sismo de magnitud 7.3 sacude a San Pedro de Atacama en Chile; “sin reporte de heridos.”*
449 18/07/2024. [https://www.infobae.com/noticias/2024/07/19/chile-sismo-de-magnitud-67-en-san-](https://www.infobae.com/noticias/2024/07/19/chile-sismo-de-magnitud-67-en-san-pedro/)
450 [pedro/](https://www.infobae.com/noticias/2024/07/19/chile-sismo-de-magnitud-67-en-san-pedro/)
- 451 INGEMMET. (2022). *Informe Técnico N° A7273 - Evaluación de peligros geológicos de las zonas de*
452 *Nacoreque, Chijisia, Apabuco, Huencala, Mororia y Cerro Ccatasuyo*.
453 [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14381_informe-tecnico-n0a7273-](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14381_informe-tecnico-n0a7273-evaluacion-de-peligros-geologicos-de-las-zonas-de-nacoreque-chijisia-apabuco-huencala-mororia-y-cerro-ccatasuyo-en-el-distrito.pdf)
454 [evaluacion-de-peligros-geologicos-de-las-zonas-de-nacoreque-chijisia-apabuco-huencala-mororia-y-](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14381_informe-tecnico-n0a7273-evaluacion-de-peligros-geologicos-de-las-zonas-de-nacoreque-chijisia-apabuco-huencala-mororia-y-cerro-ccatasuyo-en-el-distrito.pdf)
455 [cerro-ccatasuyo-en-el-distrito.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14381_informe-tecnico-n0a7273-evaluacion-de-peligros-geologicos-de-las-zonas-de-nacoreque-chijisia-apabuco-huencala-mororia-y-cerro-ccatasuyo-en-el-distrito.pdf)
- 456 Instituto Geofísico del Perú. (2022). *Análisis y evaluación histórica del fenómeno El Niño en Lima*
457 *Metropolitana: Un aporte a la gestión del riesgo de desastres*.
458 [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490_analisis-y-evaluacion-historica-del-](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490_analisis-y-evaluacion-historica-del-fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana-un-aporte-a-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-informe-tecnico-n0027-2022ig.pdf)
459 [fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana-un-aporte-a-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-informe-](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490_analisis-y-evaluacion-historica-del-fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana-un-aporte-a-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-informe-tecnico-n0027-2022ig.pdf)
460 [tecnico-n0027-2022ig.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490_analisis-y-evaluacion-historica-del-fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana-un-aporte-a-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-informe-tecnico-n0027-2022ig.pdf)
- 461 Kazama, M., & Noda, T. (2012). Damage statistics (Summary of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku
462 Earthquake damage). *Soils and Foundations*, 52(5), 780–792.
463 <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2012.11.003>
- 464 La República. (2024). *Carretera Central: deslizamiento de rocas gigantes aplasta a vehículos en*
465 *Huarocharí*. 04/03/2024. [https://larepublica.pe/sociedad/2024/03/02/huarochari-deslizamiento-de-](https://larepublica.pe/sociedad/2024/03/02/huarochari-deslizamiento-de-rocas-aplasta-a-vehiculos-en-km-97-de-carretera-central-san-mateo-de-huanchor-112128)
466 [rocas-aplasta-a-vehiculos-en-km-97-de-carretera-central-san-mateo-de-huanchor-112128](https://larepublica.pe/sociedad/2024/03/02/huarochari-deslizamiento-de-rocas-aplasta-a-vehiculos-en-km-97-de-carretera-central-san-mateo-de-huanchor-112128)
- 467 Martínez-Rivas, R., & María-Huertas, R. S. (2024). Gestión integral del agua: análisis y propuestas para
468 acceder al agua segura y reducir la vulnerabilidad hídrica en un sector del distrito de Lurigancho,
469 Chosica, Perú. *Paideia XXI*, 14(1), 9–59. <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v14i1.6443>
- 470 Martínez, A. (2020). ¿Podemos prevenir los desastres? Monitoreo del fenómeno El Niño y su impacto
471 socioeconómico en el Perú. In *Libros & Ciencias N°1* (Vol. 1, pp. 22–27).
472 <https://repositorio.igp.gob.pe/collections/d8a76649-30ad-466d-8bc6-b5305aa9d4d6>
- 473 MINSA. (2015). *Plan operativo reprogramado - Hospital de Huaycán*.
474 [https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/Portal_Transparencia/PlaneamientoOrgani-](https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/Portal_Transparencia/PlaneamientoOrganizacion/planeamiento-organizacion-240821373529734.pdf)
475 [zacion/planeamiento-organizacion-240821373529734.pdf](https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/Portal_Transparencia/PlaneamientoOrganizacion/planeamiento-organizacion-240821373529734.pdf)
- 476 MINSA. (2021). *Análisis situacional de salud Hospital de Huaycán 2021*.
477 [https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/epidemiologia/3.5.0.0/Analisis_Situaciona-](https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/epidemiologia/3.5.0.0/Analisis_Situacional-0912211271646644.pdf)
478 [l-0912211271646644.pdf](https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/epidemiologia/3.5.0.0/Analisis_Situacional-0912211271646644.pdf)
- 479 Montero, J. (2017). Clasificación de movimiento en masa y su distribución en terrenos geológicos de
480 Colombia. In *Clasificación de movimiento en masa y su distribución en terrenos geológicos de*
481 *Colombia*. <https://doi.org/10.32685/9789585978218>
- 482 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ATE. (2024). *BOLETÍN ESTADÍSTICO. Población de distrito de Ate*
483 *2022-2023*. https://www.muniate.gob.pe/areas/SGCGPI/BOLETIN_ESTADISTICO_V3.pdf
- 484 Noticias FIDES. (2024). *Lluvias y desborde de ríos dejan 15 840 familias damnificadas, La Paz es la región*
485 *más afectada*. 27/02/2024. [https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/lluvias-y-desborde-de-](https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/lluvias-y-desborde-de-rios-dejan-15-840-familias-damnificadas-la-paz-es-la-region-mas-afectada)
486 [rios-dejan-15-840-familias-damnificadas-la-paz-es-la-region-mas-afectada](https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/lluvias-y-desborde-de-rios-dejan-15-840-familias-damnificadas-la-paz-es-la-region-mas-afectada)
- 487 OPS. (2010). *El terremoto y tsunami del 27 de febrero en Chile*. <https://es.slideshare.net/opschi/el->

- terremoto-y-tsunami-del-27-de-febrero-en-chile-crnica-y-lecciones-aprendidas-en-el-sector-salud
- Perico-Granados, N., Arévalo, H., Reyes-Rodríguez, C., Perico-Martínez, C., Vera, M., & Monroy, J. (2020). Flood sites caused by the La Vega and Jordán rivers, Tunja(Boyacá). *Tecnura*, 25(67), 86–101. <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v25n67/0123-921X-tecn-25-67-86.pdf>
- Risco, C. (2021). Cadenas de Markov para la identificación de zonas de mayor riesgo de ocurrencia de sismos en Lima-Ica 2019. *Revista IECOS*, 20, 115–124. <https://doi.org/10.21754/iecos.v20i0.1187>
- Rubio-Herrera, G., & Guerrero-Padilla, A. (2015). Vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado ante inundaciones en el distrito de Trujillo, Perú. *Rebiol*, 35(2), 19–28. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/1845>
- Salomón, M. (2019). “*INCIDENCIA DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD, EN LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO CASO: SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO HUARACLLA, DISTRITO DE JESÚS, CAJAMARCA 2018.*” [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3762/Miranda Montoya%2C Salomón.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3762/Miranda_Montoya%2C_Salomón.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- SENAMHI. (2017). Atlas de erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú. *Senamhi*, 130. https://idsep.senamhi.gob.pe/portalesidsep/files/tematica/atlas/erosión_de_suelo/Atlas_Erosion_Suelos_por_Regiones_Hidrologicas_Peru.pdf
- SENAMHI. (2024). *Datos Hidrometeorológicos nivel nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Tavera, H. (2014). *EVALUACIÓN DEL PELIGRO ASOCIADO A LOS SISMOS Y EFECTOS SECUNDARIOS EN PERÚ*. <https://repositorio.igp.gob.pe/server/api/core/bitstreams/10765aa2-6055-40a3-9f74-a781b7758c9d/content>
- TV Perú. (2017). *Cupiche: desborde del río Rímac afecta varias viviendas*. Tv Perú Noticias. <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/locales/cupiche-desborde-del-rio-rimac-afecta-varias-viviendas>
- TV Perú. (2021). *Chosica: niña de 6 años fallece tras deslizamiento de piedras sobre su vivienda*. 11/03/2021. <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/locales/chosica-nina-de-6-anos-fallece-tras-deslizamiento-de-piedras-sobre-su-vivienda>
- TV Perú. (2024). *Lluvias en Perú: casas colapsan en Huancayo y Huancavelica por desborde de ríos*. Tv Perú Noticias. <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/nacionales/lluvias-en-peru-casas-colapsan-en-huancayo-y-huancavelica-por-desborde-de-rios>
- Volcano discovery. (2024). *Últimos sismos y temblores en Colombia*. 10/06/2024. <https://www.volcanodiscovery.com/es/sismos/colombia.html#sectionStrongest>