



Evaluación de riesgo por sismo en el centro histórico de Huaraz, distrito de Huaraz, Huaraz - Ancash

Earthquake risk evaluation in the Huaraz historic center, Huaraz district, Huaraz- Ancash

RUBÉN ARANDA ¹, ELIO MILLA ¹ y TITO TINOCO ¹

RESUMEN

El objetivo es identificar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo del centro histórico de Huaraz debido a la ocurrencia de un sismo. Mediante el uso del manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales en su segunda versión elaborada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED) se pudo determinar los niveles y mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo. Realizado el trabajo de campo se pudo obtener información de los factores, condicionantes y desencadenantes que fueron relacionados mediante el método multicriterio para un análisis semi cuantitativo, que influirán en los 152 lotes evaluados, fue así que se encontró que 70 lotes presentan un nivel de peligro muy alto y 82 lotes presentan un nivel de peligro alto. Además, se determinó que 55 lotes presentan vulnerabilidad muy alta, 84 lotes vulnerabilidad alta y 13 lotes vulnerabilidad media. La superposición del mapa de peligro y el mapa de vulnerabilidad determinó el riesgo sísmico, encontrándose que el 37 % de lotes están en riesgo muy alto y el 63 % de lotes están en riesgo alto.

Palabras clave: Sismo; peligro; vulnerabilidad; riesgo sísmico.

¹Universidad Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

ABSTRACT

The objective is to identify the hazard, vulnerability and risk in the historic center of Huaraz due to the occurrence of an earthquake. Through the use of the manual for the evaluation of risks originated by natural phenomena in its second version prepared by the National Center for Disaster Risk Estimation, Prevention and Reduction (CENEPRED) it was possible to determine the levels and maps of hazard, vulnerability and risk. Once the field work was carried out, it was possible to obtain information on the factors, conditioning factors and triggers that were related by the multi-criteria method for a semi-quantitative analysis, which will influence the 152 lots evaluated, so it was found that 70 lots present a level of hazard very high and 82 lots present a high level of hazard. In addition, it was determined that 55 lots have very high vulnerability, 84 lots have high vulnerability and 13 lots have medium vulnerability. The overlap of the hazard map and the vulnerability map determined the risk, finding that 37 % of lots are at very high risk and 63 % of lots are at high risk.

Keywords: earthquake; hazard; vulnerability and risk.

INTRODUCCIÓN

La evaluación del riesgo por fenómenos de origen natural, permite analizar el impacto probable de los fenómenos naturales, identificados en el área de influencia, en caso de presentarse estos fenómenos dados en un determinado escenario de riesgo que se plantea en este estudio.

[Sreejaya et al.\(2022\)](#), realizaron un análisis probabilístico del riesgo sísmico de la India y regiones cercanas, con el fin de obtener un mapa nacional de amenazas sísmicas. En los mapas se observa valores de riesgo más elevados en las regiones de Hindukush-Pamir y el noreste de la India, mientras que el centro de la India y las regiones del sur de la península son menos propensos a la amenaza sísmica, los aportes de la investigación son los mapas que se usaran en el diseño sísmico de estructuras, vulnerabilidad, y como insumo para actualizar las disposiciones del código existente.

[Sechi et al.\(2022\)](#), indican que para hacerle frente al sismo se debe de trabajar desde la identificación del peligro y la vulnerabilidad, indican que los gobiernos locales tienen la importancia de reducir los niveles de vulnerabilidad, además de contribuir con la elaboración de mapas, con-

cluyeron que los niveles de riesgo que se mapeo, son consecuencias de múltiples factores dentro de Tanzania.

[Talebi et al. \(2022\)](#), desarrollado en la región de Kerman en el centro-este de Irán, se logro dibujar los mapas donde están plasmados los resultados de los peligros sísmicos en la región. Así como el PGA horizontal con un 10 % de probabilidad de excedencia en 50 años, oscila entre (0,1-0,5) g. en las partes nororiental y suroccidental de la región, respectivamente. Con la investigación se pudo tener información y hacer transparente la imagen del nivel de riesgo sísmico en el centro-este de Irán y que serán muy útiles para posibles planes.

[Bertero A. y Bertero R. \(2022\)](#), en su investigación calcularon un riesgo sísmico probabilístico específico del sitio, se llevó a cabo considerando la tasa más alta de terremotos intraplaca locales moderados observados en esta área en comparación con el resto de la región estable de Argentina, la importante amplificación del sitio producida por el depósito del suelo, y la influencia de terremotos de larga distancia. Los resultados evidencian a Buenos Aires, zonificados en dos zonas, además de la creación de espectros uniformes de peligro.

[Dolce et al. \(2021\)](#), la investigación fue realizada en respuesta al requerimiento específico de SENDAI (Marco para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030), consistió en realizar la evaluación del riesgo sísmico y construir los mapas nacionales de riesgo sísmico. La metodología se basa en el consenso sobre los procedimientos para calcular el riesgo (Peligro Sísmico x Vulnerabilidad x Exposición) en términos de daños esperados para el parque de edificios residenciales y consecuencias (pérdidas económicas directas y cantidades de impacto tales como edificios inutilizables).

[Acevedo et al. \(2020\)](#), esta evaluación de riesgo sísmico fue realizado para el parque residencial de los tres centros metropolitanos más grandes de Colombia: Bogotá, Medellín y Cali. Para las tres ciudades se utilizó la metodología uniforme para el desarrollo de la amenaza sísmica, la vulnerabilidad, y modelos de exposición. La investigación generó funciones de fragilidad estructural desarrolladas como parte del Modelo Global de Riesgo Sísmico de GEM ([Martins y Silva, 2021](#)), y se exploró un modelo de siniestros para la estimación de fatalidades. Los resultados indican un índice de siniestralidad agregada media más alto para Cali e índices de siniestralidad agregada media similares para Bogotá y Medellín.

Rota et al. (2011), presentan la metodología para elaborar mapas de riesgo para Italia, en su definición clásica, el riesgo sísmico se obtiene de la convolución de la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición. Primero se realizó un estudio de peligrosidad específico en términos de PGA y luego los resultados han sido multiplicados con los datos de fragilidad, de los datos de fragilidad se extrajeron 11, que se derivaron de los datos recopilados durante las encuestas posteriores al terremoto, después de los principales acontecimientos italianos de los últimos 30 años. El mapa de riesgo sísmico tipológico, se viene empleando tanto para estrategias de mitigación de riesgo como para evaluaciones puramente económicas.

La identificación de peligros originados por la geodinámica interna es el principio para realizar la evaluación de riesgo de alguna localidad o sector en el cual permite conocer los niveles de riesgo ante el peligro considerado. El EVAR, se convierte en un insumo para que los tomadores de decisión elaboren sus planes de prevención y/o reducción.

El último sismo registrado en la ciudad de Huaraz, fue en el año 1970 el cual generó muchas pérdidas humanas y económicas, por lo que desde 1970 a la fecha no se ha tenido un sismo de las mismas características registradas en aquel fatídico año. En el centro histórico de la ciudad de Huaraz, se está pasando por un "Silencio Sísmico" terminología usada en la Sismología, para lugares que hace varios años no se tiene un sismo, por lo que debemos de estar preparados.

Se sabe por la información registrada en aquel fatídico desastre, la zona más afectada fue el centro de la ciudad de Huaraz, donde todas las viviendas de adobe fueron destruidas por varios motivos; siendo esta la razón principal para que el grupo considere hacer la evaluación de riesgo, para que más adelante el alcalde de la ciudad de Huaraz pueda tomar la decisión de prevención respectivamente.

La zona en estudio, presenta algunas características propias como tipo de suelo en función a su capacidad admisible, el nivel freático, su geología y geomorfología. La evaluación de riesgo por sismo en el centro histórico, describe las características demográficas de los lotes involucrados, luego se determina el peligro plasmado en niveles y mapas, posteriormente se realiza la evaluación estructural cualitativa de las viviendas y se determina los niveles y mapas de vulnerabilidad.

Finalmente se cruza la información del peligro y vulnerabilidad para determinar el riesgo y en base al resultado plantear el control del riesgo, todo este procedimiento se describirá a continuación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es descriptiva y no experimental. Así mismo, es transversal, porque el análisis del peligro y la vulnerabilidad se realizaron en un determinado momento. El área de estudio se encuentra ubicada en el centro histórico de la ciudad de Huaraz, fue seleccionado, ya que dicha zona fue la más devastada en el sismo de 1970 tal como se comprueba en el registro fotográfico y debido a que actualmente en dicha zona se desarrolla la mayor actividad económica de la ciudad de Huaraz.

Para la determinación del nivel de peligros, vulnerabilidad y riesgo se ha tenido en cuenta la metodología planteada en el manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales del [CENEPRED \(2014\)](#) donde a través de un procedimiento y flujogramas nos recomiendan como poder determinar el riesgo en un determinado sector. Para la elección de los factores condicionantes se trabajó con la información de mapas que se tiene en la municipalidad provincial de Huaraz, así como tesis de pregrado y posgrado hechas en la zona de estudio.

Finalmente, las zonas y lotes en riesgo por sismo fueron determinadas teniendo en cuenta la superposición del mapa de peligro y el mapa de vulnerabilidad, tal como manifiesta [CENEPRED \(2014\)](#).

RESULTADOS

1. Análisis de Susceptibilidad

1.1. Factores Condicionantes

Geología Local

El centro histórico de Huaraz se encuentra entre el valle del río Santa y el río Quilcay, por lo que según el trabajo de campo se encontró, sedimentos de depósitos aluviales, aluvionales, fluviales y volcánicos calipuy, que provienen de la erosión de morrenas y extensos mantos fluvio-glaciares y otros.

Geomorfología Local

La zona de estudio se encuentra asentada en terrenos compuestos por cono aluvional, aluvional antiguo y terrazas aluvionales, aluvional antiguo y fluviales, todos ellos a una elevación de 3050 m.s.n.m. Estos materiales han sido formados por acción torrencial, residuos de avalancha y residuos coluviales provenientes de las áreas más elevadas.

Capacidad Admisible

Según los estudios de mecánica de suelos realizado en la zona de estudio, se encontró la presencia de arenas limosas con arenas arcillosas, además de encontrarse saturadas, los tipos de suelos encontrados registran valores menores a 1 kg/cm² en cuanto a su capacidad admisible.

Profundidad de Napa Freática

En la zona de estudio se encontró en épocas de lluvia y estiaje, la presencia del nivel freático muy superficialmente, saturando los suelos sobre el cual han sido construidos muchas de las edificaciones, la altura más superficial que se encontró fue menor a 2 m, dicha altura fue registrada en la plaza de armas y en la zona donde se encuentra la mayoría de los bancos de la ciudad.

1.2. Factores Desencadenantes

Se ha considerado como factor desencadenante un sismo cuya liberación de energía acumulada por el proceso de subducción entre la placa de nazca y la sudamericana, tenga el mismo valor registrado en el sismo del 31 de mayo del 1970 para la evaluación se utilizó como unidad de medida de esta energía liberada la MAGNITUD (Mw).

Determinación del Peligro

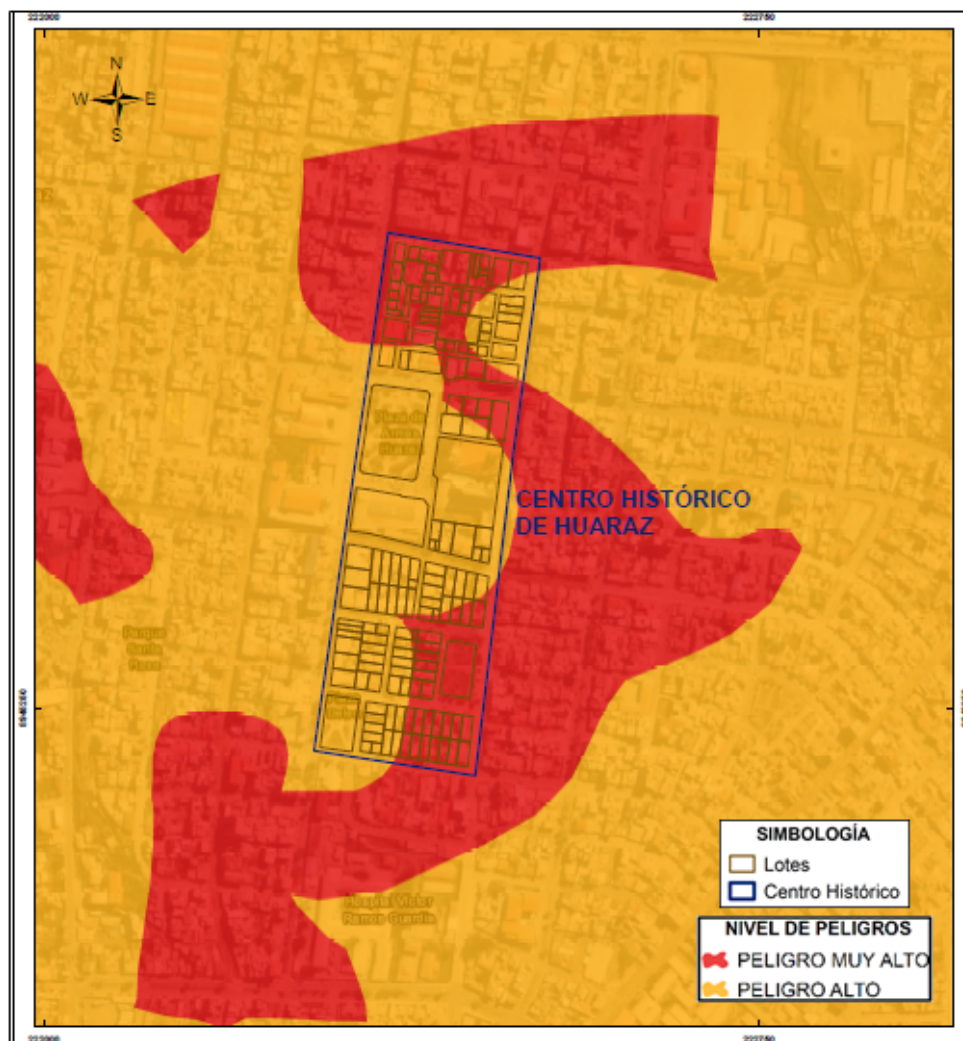
El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y los inducidos por la acción humana. Para la presente investigación solo se ha considerado los peligros originados por fenómenos de origen natural. El peligro identificado en la zona de estudio es: Sismo, fenómeno de origen natural debido a la geodinámica interna. Para el análisis del peligro, se utilizó el análisis multicriterio, denominado proceso jerárquico, que desarrolla el cálculo de los pesos ponderados de los parámetros que caracterizan el peligro (Saaty , 1980) cuyo resultado busca indicar la importancia relativa de comparación de parámetros, la misma que será utilizada para el cálculo de los ponderados de los demás peligros objeto del análisis de la presente evaluación de peligros. Donde dicho análisis combina la importancia de los factores condicionantes y desencadenantes.

Luego del análisis se encontró que la zona céntrica presenta dos niveles de peligro como se puede

apreciar en la figura 1, se tiene el peligro Muy Alto y Alto, debido a los factores condicionantes y desencadenantes, que fueron recopilados durante los trabajos de campo.

Figura 1

Mapa de Peligro por Sismo del centro Histórico de Huaraz



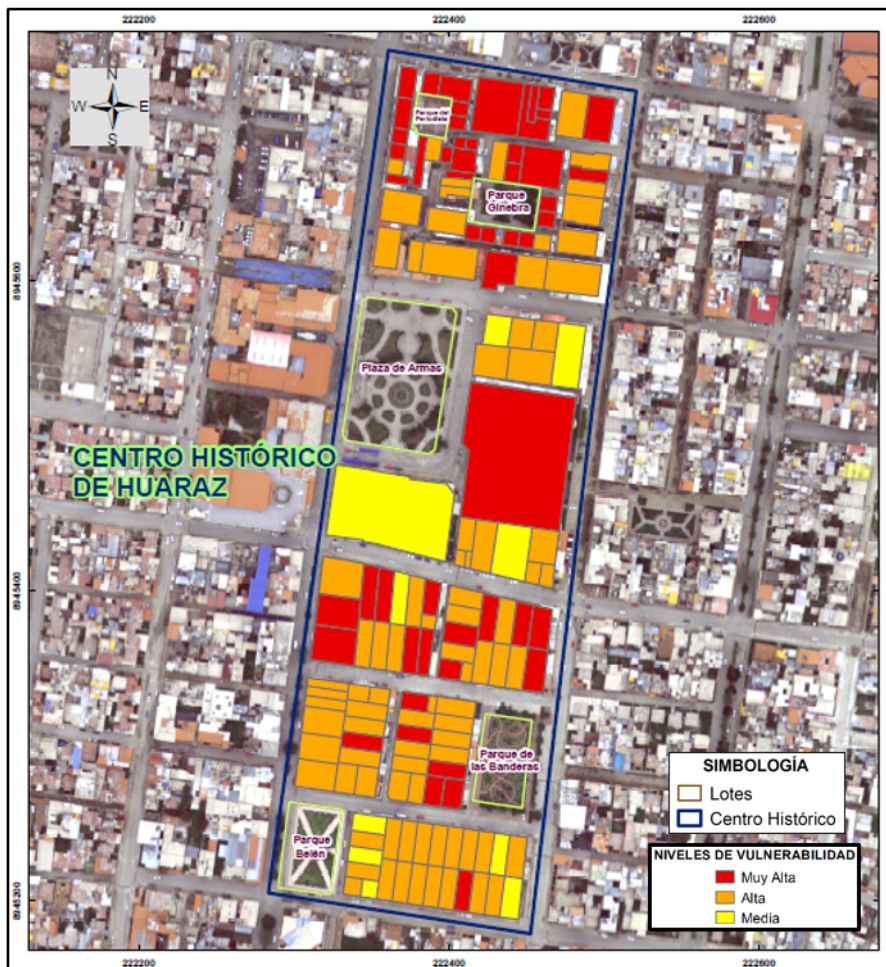
2. Análisis de la vulnerabilidad

Para determinar la vulnerabilidad, se evaluó en tres dimensiones como es la física, social y económica; se aplicó la ficha de encuesta a 152 lotes, según la información catastral de la municipalidad provincial de Huaraz, de los cuales 55 lotes se encuentran en vulnerabilidad muy alta, 84 lotes

en vulnerabilidad alta y 13 lotes, tal como se observa en la figura 2.

Figura 2

Mapa de Vulnerabilidad por Sismo del centro Histórico de Huaraz



Riesgo por Sismo

El riesgo por sismo fue obtenido mediante la superposición de las áreas de peligro de la figura 1 con los niveles de vulnerabilidad de la figura 2.

En la Tabla 1 se muestra la cantidad y porcentaje de viviendas e infraestructura en los diferentes niveles de riesgo en el área de estudio.

En la figura 3 se observa los niveles de riesgo en el área de estudio debido a la ocurrencia de un sismo de magnitud 7,5 Mw.

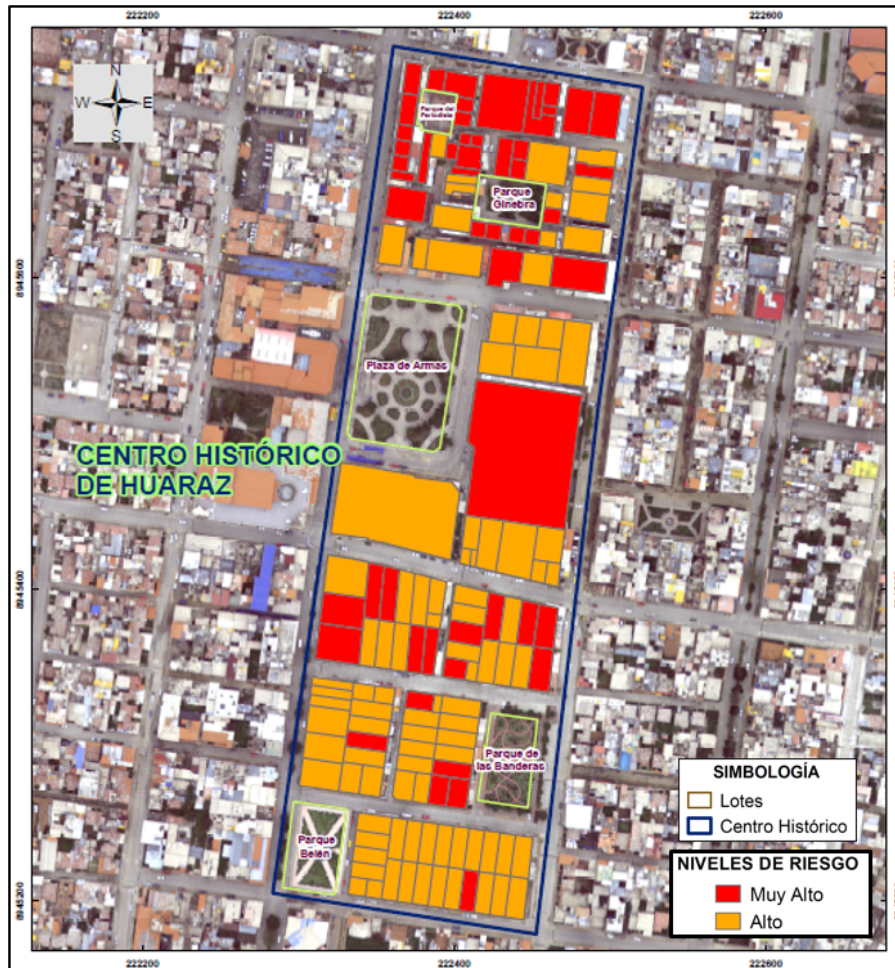
Tabla 1

Cantidad y porcentaje de lotes en los diferentes niveles de riesgo

Infraestructura	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Lotes			56 (37%)	96 (63%)

Figura 3

Mapa de riesgo por sismo del Centro Histórico de Huaraz



DISCUSIÓN

Para la determinación del peligro, vulnerabilidad y riesgo se utilizó manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales en su segunda versión elaborada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED), don-

de se trabajó con cuatro factores condicionantes como son: geología, geomorfología, capacidad admisible y profundidad de napa freática, cada uno de ellos con cinco descriptores, también se escogió el factor desencadenante de acuerdo a los antecedentes del sismo del 31 de mayo de 1970 y se utilizó la medida de la intensidad como parámetro de evaluación.

Se aplicó un análisis semi cuantitativo en base a un análisis jerárquico que desarrolla el cálculo de los pesos ponderados de los parámetros que caracterizan el peligro (Saaty, 1980) cuyo resultado busca indicar la importancia relativa de comparación de parámetros (descriptores) realizando dicho análisis se obtuvo el mapa de peligro por sismo donde en la figura 1, solo se observa dos niveles, como son el peligro Muy alto y Alto, además se comprueba que las zonas donde se tiene el peligro Muy alto, se tienen los peores factores condicionantes como tipo suelo y profundidad superficial de la napa freática, zona que se puede verificar con el mapa de microzonificación sísmica de la municipalidad provincial de Huaraz.

En el análisis de la vulnerabilidad, en el mapa mostrado en la figura 2, se determinó tres niveles, vulnerabilidad Muy alta, Alta y Media, las cuales fueron determinados mediante encuestas a cada uno de los 152 lotes, en base a tres dimensiones como son la física, social y económica y en cada uno de ellas, sus factores de exposición, fragilidad y resiliencia, siendo uno de los parámetros más importantes que se encuestó como el material de construcción, localización de las viviendas, tipo de suelo, estado de conservación, antigüedad y la percepción de la población frente a los diferentes instrumentos de gestión de riesgo. El resultado muestra que 55 lotes presentan vulnerabilidad muy alta, 84 lotes se encuentran en una vulnerabilidad alta y 13 lotes tienen una vulnerabilidad media.

La metodología planteada en la presente investigación consideró como herramienta central de análisis los SIG, tal como manifiesta Jiménez (2013) permitiendo la geoespacialización del peligro por sismo, el análisis de la vulnerabilidad y la elaboración del mapa de riesgo por sismo. Por otro lado, los SIG permitieron la minimización del tiempo para la elaboración y análisis del mapa de riesgo, cuyos resultados servirán para la toma de decisiones.

El análisis conjunto del peligro por sismo y la vulnerabilidad de los lotes permitió conocer que en el centro Histórico se obtuvo dos niveles de riesgo, donde el 37 % de los lotes se encuentran en un nivel de riesgo Muy alto y el 63 % de lotes se encuentran en un nivel de riesgo Alto.

CONCLUSIONES

Se tomó como zona de estudio el Centro Histórico de la Ciudad de Huaraz, ya que se cuenta con información acerca de la destrucción total que se dio en el sismo producido en el año de 1970, por ello se tomó como zona de estudio para ver el comportamiento a la fecha, de dicha zona ante el retorno de un sismo de características similares al ocurrido. En la investigación se realizó un análisis semi cuantitativo, se ha evaluado el peligro con información existente de las Instituciones Técnico ? Científicas y el análisis de la vulnerabilidad. Se ha realizado a nivel de lote realizando una encuesta a la población existente y recopilando información de las características de las edificaciones del centro histórico de la ciudad de Huaraz.

El centro histórico de la ciudad de Huaraz se encuentra ubicado geológicamente entre los Depósitos Aluviales (Qp-al), los cuales cubren en gran parte toda el área de estudio en forma de mantos o cubiertas delgadas de arenas limosas y arcillosas, en su gran mayoría saturadas.

En el mapa de peligro por sismo se determinó solo dos niveles o áreas como son el nivel de peligro Muy alto y alto, debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas, capacidad admisible del suelo y la profundidad de la napa freática que se tiene en la zona de estudio. En el mapa de vulnerabilidad se muestra que 55 lotes presentan un nivel de vulnerabilidad Muy alta, 84 lotes presentan un nivel de vulnerabilidad Alto y 13 lotes presentan un nivel de vulnerabilidad Media, según las encuestas realizadas, donde se evaluaron cada uno de los lotes.

De acuerdo a la definición de riesgo según el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales en su segunda versión elaborada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED), el riesgo es el producto del peligro y la vulnerabilidad, dicha evaluación permitió la localización de los diversos elementos expuestos en dos niveles de riesgo. Se encontraron que 56 lotes (37 %) se encuentran en un riesgo muy alto y 96 lotes (63 %) se encuentran en riesgo alto.

El cálculo de los efectos probables ante el impacto del peligro, asciende a un estimado total de S/16 700 903,39 Soles, dicho efecto económico probable corresponde a daños probables (pérdida de viviendas por colapso o afectación de viviendas) que suman un monto estimado de S/ 15 490 903,39 y Pérdidas probables (Gastos de atención de emergencia, adquisición de carpas, módulos, entre otros) que suman un monto estimado de S/ 1 210 00,00. Los resultados obtenidos en la presente investigación permitirán al gobierno local de Huaraz y a la población del centro histórico, priorizar e implementar medidas estructurales y no estructurales, mediante la formulación de proyectos de inversión a fin de salvaguardar a la población de posibles daños

ocasionados por la probable ocurrencia de un sismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A. B.; Yepes-Estrada, C.; González, D.; Silva, V.; Mora, M.; Arcila, M., y Posada, G. (2020). Seismic risk assessment for the residential buildings of the major three cities in Colombia: Bogota, Medellín, and Cali. *Earthquake Spectra*, (36), 98-320. <https://doi.org/10.1177/8755293020942537>
- Alvarado, Luis (1998). Vulnerabilidad y analisis de riesgo sismico en la ciudad de Huaraz. Tesis de Titulo, Facultad de Ingenieria Civil, Universidad Nacional de Ingenieria - Lima. <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/2881>
- Assaf, J.; Molnar, S.; El Naggar, M. H., y Sirohey, A. (2022). Seismic site characterization in Fraser River Delta in Metropolitan Vancouver. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107384>
- Bardales, Zenon y Roncal, Miguel (2017). Determinación del peligro sísmico en el territorio nacional y elaboración de aplicativo Web. Tesis de Titulo, Facultad de Ingenieria Civil, Universidad Nacional de Ingenieria - Lima. <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/12214>
- Bertero, A. y Bertero R. (2022). Seismic Hazard in Buenos Aires, Argentina, considering the influence of site effects and long-distance earthquakes. *Journal of South American Earth Sciences*. (117). <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103866>
- Calderon, A. y Silva, V. (2022). Forecasting seismic risk within the context of the Sendai framework: An application to the Dominican Republic. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. (82). <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103364>
- CENEPRED (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Editorial NEVA STUDIO SAC. <https://www.gob.pe/institucion/cenepred/informes-publicaciones/1867442-manual-para-la-evaluacion-de-riesgos-por-fenomenos-naturales-v-2>
- Dolce, M.; Prota, A.; Borzi, B.; da Porto, F.; Lagomarsino, S.; Magenes, G.; Moroni, Claudio; Enna, Andrea; Polese, Maria; Speranza, Elena; Verderame, Gerardo; y Zuccaro, G. (2021).

- Seismic risk assessment of residential buildings in Italy. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19. 2999-3032. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-01009-5>
- IGP. (2014). Evaluación del peligro sísmico del Perú. Manual técnico, Instituto Geofísico del Perú - Lima. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/773>
- Jiménez, D. (2013). Tecnología SIG en apoyo al análisis y desarrollo metodológico de riesgos ocasionados por fenómenos naturales para el cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador. Quito. [Tesis de Grado Magister en Sistemas de Información Geográfica, Colegio de Posgrados, Universidad San Francisco de Quito - Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3033>.
- Martins, L.; y Silva, V. (2021). Development of a fragility and vulnerability model for global seismic risk analyses. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(15), 6719-6745. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00885-1>
- Milla, Elio y De la Cruz, Italo (2011). *Peligro sísmico probabilístico y espectro uniforme en la región de Ancash* [Tesis de Título, Facultad de Ingeniería Civil]. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo - Huaraz.
- Olarte, Jorge y Marin, Felix (2012). *Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco* [Tesis de Maestro, Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil]. Universidad Nacional de Ingeniería - Lima. <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/1236>
- Reyes, R. y Reyes E. (2022). Evaluación preliminar de riesgo por inundación en el barrio Nueva Florida de la ciudad de Huaraz. *Aporte Santiaguino*. 15(1), 103-116. <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.926>
- Rota, M.; Penna, A.; Strobbia, C., y Magenes, G. (2011). Typological seismic risk maps for Italy. *Earthquake Spectra*, 27(3), 907-926. <https://doi.org/10.1193/1.3609850>
- Saaty T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. Ed. McGrawhill.
- Sechi, G. J.; Lopane, F. D., y Hendriks, E. (2022). Mapping seismic risk awareness among construction stakeholders: The case of Iringa (Tanzania). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103299>

- Sreejaya, K. P.; Raghukanth, S. T. G.; Gupta, I. D.; Murty, C. V. R. y Srinagesh, D. (2022). Seismic hazard map of India and neighbouring regions. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107505>
- Tinoco, T. (2019). Modelamiento del riesgo de inundación por la ocurrencia de descargas máximas del río Santa, sector Challhua, Huaraz-Ancash. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 2019, 214-227. <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.643>
- Talebi, M.; Sivandi-Pour, A.; Esmaeili, S.; Reza-Soghrat, M.; Safizadeh, H.; Ebrahimi, E.; Akbarpoor, M.; Sharifi-Rad, R.; Fallah, M. y Noroozinejad-Farsangi, E. (2022). Development of probabilistic seismic hazard microzonation maps at the surface level for central-east Iran (Kerman region), using a hybrid site condition model. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107354>
- Yu, R.; Song, Y.; Guo, X.; Yang, Q.; He, X., y Yu, Y. (2022). Seismic hazard analysis for engineering sites based on the stochastic finite-fault method. *Earthquake Science*, 35(5), 314-328. <https://doi.org/10.1016/j.eqs.2022.05.007>

Fecha de recepción: 13/12/2022

Fecha de aceptación: 17/04/2023

Correspondencia

Ruben Aranda Leiva

rubenic.26@gmail.com