

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE
RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Tesis

**Propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad física
ante un sismo de gran magnitud en las viviendas del barrio
Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín
en el periodo 2022-2024**

Pamela Rodriguez Perez

Para optar el Grado Académico de
Maestro en Ciencias con Mención en Gestión de
Riesgos de Desastres y Responsabilidad Social

Lima, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Mg. JAIME SOBRADOS TAPIA
Director Académico de la Escuela de Posgrado

DE : **DR. DENIS ENRIQUE CRUCES AGUIRRE**
Asesor del Trabajo de Investigación

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de Trabajo de Investigación

FECHA : **20 / 11 /2024**

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado Asesor del Trabajo de Investigación titulado "PROPUESTA PARA LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA ANTE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD EN LAS VIVIENDAS DEL BARRIO LAS LOMAS, DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, JUNÍN EN EL PERIODO 2022 – 2024", perteneciente a la MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado **16 %** de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



DR. DENIS ENRIQUE CRUCES AGUIRRE
DNI. N° 09483083

Arequipa
Av. Los Incas S/N,
José Luis Bustamante y Rivero
(054) 412 030

Calle Alfonso Ugarte 607, Yanahuara
(054) 412 030

Huancayo

Cusco
Urb. Manuel Prado - Lote B, N° 7 Av. Collasuyo
(084) 480 070

Sector Angostura KM. 10,
carretera San Jerónimo - Saylla
(084) 480 070

Lima

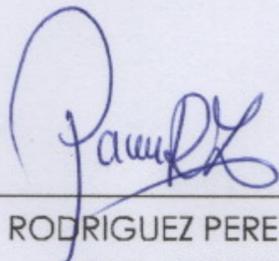
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, RODRIGUEZ PEREZ PAMELA, identificada con Documento Nacional de Identidad N° 71236271, egresada de la MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La Tesis titulada "PROPIUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA ANTE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD EN LAS VIVIENDAS DEL BARRIO LAS LOMAS, DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, JUNÍN EN EL PERIODO 2022 – 2024", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Grado Académico de MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL.
2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La Tesis es original e inédita, y no ha sido realizada, desarrollada o publicada, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicada ni presentada de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

Lima, 26 de Noviembre de 2024.



RODRIGUEZ PEREZ PAMELA
DNI. N° 71236271



Huella

Arequipa
Av. Los Incas S/N,
José Luis Bustamante y Rivero
(054) 412 030

Calle Alfonso Ugarte 607, Yanahuara
(054) 412 030

Huancayo
Av. San Carlos 1980
(084) 481 430

Cusco
Urb. Manuel Prado - Lote B, N° 7 Av. Collasuyo
(084) 480 070

Sector Angostura KM. 10,
carretera San Jerónimo - Saylla
(084) 480 070

Lima
Av. Alfredo Mendiolá 5210, Los Olivos
(01) 213 2760

Jr. Junín 355, Miraflores
(01) 213 2760

“PROPUESTA PARA LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA ANTE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD EN LAS VIVIENDAS DEL BARRIO LAS LOMAS, DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, JUNÍN EN EL PERIODO 2022 – 20

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
11	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	biblioteca.ciencialatina.org Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Femenina del Sagrado Corazón Trabajo del estudiante	<1 %
17	www.revistareder.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unp.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

<1 %

22

apirepositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

cenepred.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

www.doi.revistamqr.com

Fuente de Internet

<1 %

27

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

28

futur.upc.edu

Fuente de Internet

<1 %

29

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

<1 %

30

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

Asesor

Dr. Denis Enrique Cruces Aguirre

Agradecimiento

A mi amada familia, pilar fundamental en mi vida.

Índice

Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción	xii
Capítulo I Planteamiento del Estudio	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1. Planteamiento del problema.	14
1.1.2. Formulación del problema.	19
A. Problema general.	19
B. Problemas específicos.	19
1.2. Determinación de objetivos	19
1.2.1. Objetivo general de la investigación.	19
1.2.2. Objetivos específicos.	19
1.3. Justificación e importancia del estudio.	20
1.3.1. Teórica	20
1.3.2. Metodológica	22
1.3.3. Práctica	22
Capitulo II Marco Teórico	24
2.1. Antecedentes de la investigación	24
2.1.1. Internacionales.	24
2.1.2. Nacionales.	26
2.2. Bases teóricas	29
2.2.1. Vulnerabilidad física	29
A. Definición	29
B. Dimensión.	31
2.2.2. Sismo de gran magnitud.	38
A. Definición	38
B. Dimensión	39
2.3. Definición de términos básicos	44

2.3.1.	Dimensión Física	44
2.3.2.	Desastres.....	44
2.3.3.	Elementos Expuestos	45
2.3.4.	Exposición Física	45
2.3.5.	Fragilidad.....	45
2.3.6.	Fragilidad Física	45
2.3.7.	Gestión Correctiva	45
2.3.8.	Gestión del Riesgo de Desastres	45
2.3.9.	Gestión Prospectiva.....	45
2.3.10.	Gestión Reactiva	46
2.3.11.	Peligro.....	46
2.3.12.	Prevención.....	46
2.3.13.	Reducción.....	46
2.3.14.	Resiliencia	46
2.3.15.	Resiliencia Física	46
2.3.16.	Riesgo de Desastre	46
2.3.17.	Sismo.....	46
2.3.18.	Sistema de Fallas	47
2.3.19.	Vulnerabilidad	47
Capítulo III Hipótesis y Variables.....		48
3.1.	Hipótesis.....	48
3.1.1.	Hipótesis General.	48
3.1.2.	Hipótesis Especificas.....	48
3.2.	Operacionalización de variable.....	48
3.2.1.	Variable X (independiente)	48
3.2.2.	Variable Y (dependiente)	48
3.2.3.	Matriz de operacionalización de la variable.	49
Capítulo IV Metodología del Estudio		50
4.1.	Método, tipo o alcance de la investigación	50
4.1.1.	Método.....	50
4.1.2.	Tipo o alcance	51
4.2.	Diseño de la investigación	52
4.3.	Población y muestra	53

4.1.3.	Población.....	53
4.1.4.	Muestra.....	53
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
4.5.	Técnicas de análisis de datos.....	56
Capítulo V	Resultados y Discusión.....	61
5.1.	Resultados y Análisis.....	61
5.1.1.	Descripción de la zona de estudio.....	61
A.	Ubicación.....	61
B.	Dificultades de la investigación.....	62
5.1.2.	Resultados del análisis de vulnerabilidad física de la vivienda.....	62
A.	Material con predominancia en la construcción.....	62
B.	Construcción de las viviendas supervisada por especialistas.....	65
C.	Antigüedad de construcción de la vivienda.....	67
D.	Tipo de suelo de la vivienda.....	68
E.	Topografía del terreno de la vivienda.....	70
F.	Topografía del terreno que colinda con la vivienda.....	71
G.	Configuración geométrica en planta.....	72
H.	Configuración geométrica en elevación.....	73
I.	Juntas de dilatación.....	74
J.	Existencia de concentración de masas.....	75
K.	Condición de los elementos estructurales.....	76
L.	Otras características que influyen en la vulnerabilidad sísmica.....	77
M.	Pruebas aplicadas.....	78
N.	Análisis de la vulnerabilidad.....	81
O.	Resultados del análisis estático de una vivienda de albañilería bajo la Norma E.030.....	87
P.	Resultados del análisis sísmico de una vivienda de adobe, bajo la Norma E.080.....	91
Q.	Resultados de entrevistas a expertos.....	93
5.2.	Discusión de resultados.....	94
Conclusiones	100

Recomendaciones.....	101
Referencias Bibliográficas	102
Anexos	107
Anexo A: Matriz de consistencia.....	107
Anexo B: Instrumento (s) de recolección de datos.....	108
Anexo C: Instrumento (s) de recolección de datos	113
Anexo D: Instrumento (s) de recolección de datos	117

Índice de Tablas

Tabla 1. Estrato, descripción y valor de la Vulnerabilidad.....	30
Tabla 2. Categoría de las edificaciones y factor “U”	32
Tabla 3. Categoría y sistema estructural de las edificaciones	34
Tabla 4. Categoría y regularidad de las edificaciones	35
Tabla 5. Tipo de edificación	38
Tabla 6. Descripción cualitativa para cada grado de la escala de Mercalli Modificada	43
Tabla 7. Técnicas e instrumentos de recolección	54
Tabla 8. Técnicas e instrumentos de análisis de datos.....	60
Tabla 9. Características de la vivienda de acuerdo al tipo de material que predomina	63
Tabla 10. Participación de un Profesional especialista	65
Tabla 11. Antigüedad construcción de la vivienda	67
Tabla 12. Tipo de suelo	68
Tabla 13. Topografía del terreno	70
Tabla 14. Topografía del terreno colindante	71
Tabla 15. Configuración geométrica en planta	72
Tabla 16. Configuración en elevación.....	73
Tabla 17. Juntas de dilatación	74
Tabla 18. Concentración de masas.	75
Tabla 19. Condición de principales elementos estructurales	76
Tabla 20. Otros factores que pueden influir en la vulnerabilidad.	77
Tabla 21. Resultados prueba de normalidad..	80
Tabla 22. Resultados prueba de Rho de Spearman.....	81
Tabla 23. Matriz de normalización de la vulnerabilidad en su dimensión física... ..	84
Tabla 24. Resumen del nivel de vulnerabilidad física ante un sismo de gran magnitud.	84
Tabla 25. Estratificación de la vulnerabilidad física.....	86
Tabla 26. Resultado De Las Derivas Por Piso En X.	90
Tabla 27. Resultado De Las Derivas Por Piso En Y	90
Tabla 28. Parámetros para el cálculo de la fuerza sísmica.....	92
Tabla 29. Resistencia de los muros para ambas direcciones “X” y “Y”.....	92

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del Barrio Las Lomas – Distrito de Chilca	14
Figura 2. Sismógrafo típico para registrar sismos	42
Figura 3. Daños de estructuras debido a epicentros muy cercanos a zonas densamente pobladas	44
Figura 4. Resultado de prueba de Alfa de Cronbach.....	58
Figura 5. Ubicación del Barrio Las Lomas – Distrito de Chilca.....	62
Figura 6. Material que predomina en la vivienda	63
Figura 7. Participación de profesional especialista.....	65
Figura 8. Antigüedad de construcción de la vivienda	67
Figura 9. Tipo de suelo.....	68
Figura 10. Topografía del terreno de la vivienda	70
Figura 11. Topografía del terreno colindante.....	72
Figura 12. Configuración geométrica en planta	73
Figura 13. Configuración en elevación	74
Figura 14. Juntas de dilatación.....	75
Figura 15. Concentración de masas.....	76
Figura 16. Condición de principales elementos estructurales	77
Figura 17. Otros factores.....	78
Figura 18. Flujograma para Análisis de la Vulnerabilidad.....	81
Figura 19. Resumen del porcentaje de viviendas con el nivel de vulnerabilidad sísmica	84
Figura 20. Plano de vulnerabilidad de viviendas	86
Figura 21. Plano de la Vivienda de albañilería – primer piso.	87
Figura 22. Plano de planta de vivienda de albañilería 2° y 3° piso	88
Figura 23. Fotos de elevación de vivienda de albañilería.....	88
Figura 24. Imágenes de vivienda de adobe.....	91
Figura 25. Plano de la vivienda de adobe.	91

Resumen

La investigación se centra en evaluar la vulnerabilidad física de las viviendas en el Barrio Las Lomas, ubicado en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, ante un sismo de gran magnitud en el período 2022-2024. La metodología utilizada se enmarca en el método descriptivo y analítico, adoptando un tipo de investigación no experimental y un diseño transversal. La muestra está conformada por doscientas viviendas pertenecientes al Barrio Las Lomas, seleccionadas para representar adecuadamente las características de la población estudiada.

La información se recopiló a partir de los censos de vivienda, mapas catastrales de Google Maps y data recabada a través de visitas a campo en la zona de estudio y encuestas aplicadas a los habitantes. Se usaron diferentes técnicas e instrumentos de recopilación de data, incluyendo observación directa, entrevistas estructuradas y revisión de documentos. Para el procesamiento de la data, se utilizaron métodos estadísticos y el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty, complementados con sistemas de información geográfica (SIG) para modelar y visualizar la vulnerabilidad física de las viviendas.

Las conclusiones indican que, si ocurriera un sismo de gran magnitud, el grado de daño a las viviendas en el Barrio Las Lomas sería muy alto debido a las técnicas y materiales de construcción utilizados. Además, se identificaron patrones de vulnerabilidad vinculados con la antigüedad de las estructuras, la calidad de los materiales y el cumplimiento de las normativas de edificación.

En la investigación se recomienda cumplir estrictamente con la norma de edificación sismo-resistente en el Perú y fomentar la capacitación técnica en construcción segura para mitigar las pérdidas materiales y humanas.

Palabras clave: vulnerabilidad física, sismo, viviendas, construcción.

Abstract

The research focuses on evaluating the physical vulnerability of houses in Barrio Las Lomas, located in the Chilca district, Huancayo province, Junín, in the event of a major earthquake during the period 2022-2024. The methodology used is framed within the descriptive and analytical method, adopting a non-experimental type of research and a cross-sectional design. The sample consists of 200 houses in Barrio Las Lomas, selected to adequately represent the characteristics of the studied population.

Information was collected from housing censuses, Google Maps cadastral maps, and data obtained through field visits in the study area and surveys conducted with the residents. Various data collection techniques and instruments were used, including direct observation, structured interviews, and document analysis. For data analysis, statistical methods and Saaty's Analytical Hierarchy Process (AHP) were employed, complemented by geographic information systems (GIS) to model and visualize the physical vulnerability of the houses.

The conclusions indicate that, in the event of a major earthquake, the degree of damage to the houses in Barrio Las Lomas would be very high due to the construction techniques and materials used. Additionally, patterns of vulnerability related to the age of the buildings, the quality of the materials, and compliance with construction regulations were identified.

The research recommends strictly adhering to seismic-resistant construction standards in Peru and promoting technical training in safe construction practices to mitigate material and human losses.

Keywords: physical vulnerability, earthquake, houses, construction.

Introducción

Los movimientos sísmicos en Perú han causado significativas pérdidas humanas y materiales, subrayando la crucial importancia de la prevención en la construcción de edificaciones. Cumplir con las normas de construcción y evitar la autoconstrucción puede prevenir la mortalidad en caso de sismos. Es esencial comprender los elementos involucrados en la vulnerabilidad física de las viviendas, tales como los materiales empleados, el tipo de construcción, el número de pisos, el método de construcción, la zona o terreno, y la ubicación geográfica. Además, es fundamental adherirse a las normativas vigentes en materia de construcción antisísmica.

En Perú, la gestión de riesgos de desastres es esencial debido a la alta vulnerabilidad del país a fenómenos naturales destructivos como terremotos, inundaciones y el fenómeno de El Niño. Este proceso incluye un enfoque integral que abarca la prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad existente, prevenir nuevos riesgos y fortalecer la capacidad de respuesta ante desastres (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2020).

El Barrio Las Lomas, ubicado en la provincia de Huancayo, enfrenta una significativa vulnerabilidad física debido a la construcción informal de sus viviendas. De acuerdo con el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), el 54% de estas viviendas informales presentan una alta vulnerabilidad ante sismos por diversos factores. Esta investigación se propone analizar la vulnerabilidad física de las viviendas en el Barrio Las Lomas durante el periodo 2022-2024 (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2020).

Las construcciones precarias y autoconstruidas sin asesoría técnica son las más expuestas a situaciones de peligro, poniendo en riesgo la seguridad y bienestar de los habitantes. Este estudio es crucial para examinar la vulnerabilidad física de las estructuras en el Barrio Las Lomas, una zona particularmente expuesta a riesgos

sísmicos en la región de Junín. La identificación de los factores de vulnerabilidad y el análisis de su impacto son fundamentales para desarrollar estrategias de mitigación efectivas.

El primer capítulo aborda la formulación del estudio, incluyendo la definición del problema, los objetivos y la justificación desde perspectivas teóricas, metodológicas y prácticas. El segundo capítulo proporciona un panorama de los precedentes de la investigación a nivel nacional e internacional, así como los fundamentos teóricos y la descripción de conceptos clave. En el tercer capítulo se presentan las hipótesis y variables del estudio. El cuarto capítulo describe la metodología, especificando el tipo y alcance de la investigación, el diseño del estudio, la población y la muestra, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección y análisis de datos. El quinto capítulo expone los resultados y la discusión, incluyendo una descripción de la zona de estudio, los desafíos enfrentados y los hallazgos obtenidos. Finalmente, el estudio concluye con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Este trabajo no solo aporta un estudio detallado de las características actuales de las estructuras en el Barrio Las Lomas, sino que también ofrece una base sólida para la implementación de medidas de refuerzo y mejora en la construcción de viviendas, contribuyendo a la reducción del riesgo sísmico y a la preservación de la vida y la propiedad en la zona.

Capítulo I

Planteamiento del Estudio

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema.

Perú está ubicado en una de las regiones más activas sísmicamente del planeta, conocida como el Cinturón del Circumpacífico, el cual es responsable de alrededor del 85% de la actividad sísmica global. (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2020). Esta ubicación geográfica expone al país a la constante amenaza de terremotos de gran magnitud, que han causado históricamente significativas pérdidas humanas y materiales. Dada esta situación, es crucial que las edificaciones, especialmente las viviendas, sean construidas siguiendo estrictas normas de resistencia sísmica para minimizar los riesgos.

Figura 1. Ubicación del Barrio Las Lomas – Distrito de Chilca



Fuente: Elaboración Propia, Imagen obtenida de Google Maps.

El Barrio Las Lomas, situado en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, muestra una alta vulnerabilidad debido a deficiencias en la construcción de viviendas. Según el censo de viviendas de 2017, una gran parte de las viviendas en esta área se incumple con las normativas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017). La mayoría de estas casas fueron ejecutadas mediante autoconstrucción, sin supervisión técnica adecuada y utilizando materiales inadecuados para resistir sismos significativos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2018).

El Barrio Las Lomas enfrenta una crítica situación de vulnerabilidad física en sus casas ante posibles sismos de gran magnitud. Esta situación se debe a varios factores, como la autoconstrucción sin asesoramiento técnico, el uso de insumos de construcción de bajo estándar y la falta de cumplimiento de las normas sismo-resistentes actuales. Este escenario no solo aumenta el riesgo de colapso estructural durante un terremoto, sino que también pone en riesgo la vida de los residentes y puede causar pérdidas materiales significativas. Es crucial abordar estas deficiencias para reducir el riesgo y mejorar la seguridad de la comunidad.

La vulnerabilidad física se refiere a la susceptibilidad de una edificación a sufrir daños y pérdidas durante un sismo. Esta vulnerabilidad depende de varios factores, como la calidad de la construcción, el tipo de suelo, la antigüedad de la estructura, entre otros. Es crucial evaluar no solo la resistencia de las estructuras, sino también los elementos vulnerables, como muros no estructurales o conexiones débiles. El tipo de suelo es importante en la respuesta sísmica de una estructura; por ejemplo, los suelos blandos pueden amplificar las ondas sísmicas, aumentando la vulnerabilidad de las edificaciones (CENEPRED, 2014).

Un estudio de Cano (2019) en la subcuenca baja del río Shullcas, en la zona urbana de Huancayo, encontró que más del 18% de los residentes viven en casas con alta y muy alta vulnerabilidad debido a la antigüedad de las edificaciones, daños por sismos anteriores y técnicas de construcción deficientes. Asimismo, una evaluación de riesgo en caso de sismo en el Asentamiento Humano “Los Girasoles, Sector Pachacútec, distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao”, menciona que existe vulnerabilidad en el asentamiento, sus estructuras y las actividades socioeconómicas, debido a la posibilidad de sufrir daños por sismos (Lazo y Polanco, 2019).

Santos (2019) llevó a cabo un estudio sobre la vulnerabilidad sísmica de las residencias autoconstruidas en Chilca durante 2017. Este distrito tiene el gran número de viviendas autoconstruidas, y se encontró que el 52% de las casas de adobe presentan debilitamiento en las paredes debido a la erosión en la cimentación y en el área transversal, causada por el clima. Estas viviendas no tienen protección contra este problema, lo que podría resultar en un colapso total en caso de un sismo. Además, el estudio compara los límites de distorsión de entrepiso (deriva) en una casa de albañilería siguiendo el análisis estático sísmico y la resistencia última de las paredes de las casas con adobe. Los dos estudios se contrastaron con los requisitos de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente y la Norma E.080 de Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Esta comparación permitió evaluar el desempeño de las casas de albañilería y tierra reforzada en términos de deriva y resistencia de muros, respectivamente, en relación con los estándares de diseño sismorresistente y construcción con tierra reforzada.

La profundidad del sismo constituye un factor crítico para entender la dinámica de las ondas sísmicas, ya que la liberación de energía a grandes profundidades favorece una dispersión más amplia y vigorosa de estas ondas. En el sismo de gran magnitud de 1969 en la

región de Huancayo, la profundidad del foco determinó no solo la cantidad de energía emitida, sino también la frecuencia y duración de las vibraciones que alcanzaron la superficie. Esto provocó que las ondas recorrieran mayores distancias y se extendieran en áreas amplias, incrementando el potencial destructivo en edificaciones vulnerables, ya sea por su ubicación o por deficiencias constructivas. Aunque en ciertos contextos la profundidad puede contribuir a la atenuación de la energía, en eventos extremos, la combinación de una liberación energética elevada y un foco profundo genera vibraciones prolongadas que resultan particularmente dañinas (INGEMMET, 2020).

El suelo arcilloso, característico del Barrio Las Lomas, ejerce un impacto significativo en la respuesta sísmica de las estructuras. Estos suelos se distinguen por su alta compresibilidad y su limitada capacidad portante, lo que los hace propensos a asentamientos diferenciales y a amplificar las ondas sísmicas. Además, la retención prolongada de las vibraciones, especialmente en frecuencias bajas, puede resonar con las frecuencias naturales de las edificaciones, aumentando el riesgo de colapso o daños severos. La plasticidad inherente de la arcilla implica que, durante un sismo, el suelo puede experimentar deformaciones considerables sin llegar a fallar completamente, complicando aún más la respuesta estructural (INGEMMET, 2020).

Para enfrentar la problemática de los sismos, es crucial fomentar la construcción de viviendas sismorresistentes y realizar inspecciones y evaluaciones de la vulnerabilidad de las estructuras existentes. Es fundamental concienciar al público sobre la importancia de construir y mantener viviendas seguras, ya que el riesgo no solo depende de la peligrosidad del sismo, sino también de los niveles de vulnerabilidad. Al evaluar la vulnerabilidad física, se deben considerar tres aspectos clave: el nivel de exposición de las viviendas, la

fragilidad debido a condiciones desfavorables y la ubicación en relación con el peligro, y la capacidad de resiliencia de las viviendas para adaptarse y recuperarse del impacto del sismo. Analizar estos factores permite determinar la vulnerabilidad física de las estructuras y tomar medidas adecuadas para mitigar los riesgos (CENEPRED, 2014).

En el Barrio Las Lomas, del distrito de Chilca, provincia de Huancayo, los terrenos fueron construidos bajo la "construcción informal" que no ha sido regulada adecuadamente. Las propias familias, por necesidad, han construido sus viviendas con ayuda de un maestro de obra o incluso sin ellos, evitando los gastos de profesionales para optimizar recursos. Lamentablemente, este tipo de construcción no es adecuado, siendo uno de los elementos que favorecen la vulnerabilidad física.

En las últimas cinco décadas, la población en las áreas urbanas del Perú ha aumentado cuatro veces, incorporando cerca de 20 millones de habitantes a sus ciudades. Este rápido crecimiento urbano ha sido principalmente el resultado de la ocupación no planificada e informal del territorio, lo que ha dado lugar a ciudades con extensas zonas carentes de servicios básicos, espacios públicos, infraestructura urbana de calidad, seguridad y oportunidades económicas (Grupo de Análisis para el Desarrollo [GRADE], 2022).

Abordar la vulnerabilidad física para las viviendas en Huancayo a sismos requiere acciones que promuevan la construcción segura y la evaluación de la vulnerabilidad frente al sismo de las estructuras actuales. Es fundamental examinar la localización de la vivienda en relación con el peligro, el tipo de construcción, los materiales utilizados, el suministro de agua, el acceso a servicios sanitarios, el tipo de iluminación, los años de construcción, su estado de preservación, la topografía del terreno, la elevación y el porcentaje de

viviendas que se edificaron de acuerdo con las normativas o códigos de construcción. Esto permite comprender mejor los factores que influyen en la seguridad y la resiliencia en las viviendas ante posibles riesgos.

1.1.2. Formulación del problema.

A. Problema general.

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad física de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín ante un sismo de gran magnitud en el periodo 2022 – 2024?

B. Problemas específicos.

¿Cuáles son los materiales predominantes que se usan principalmente en la construcción de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden altamente en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud?

¿Qué sistemas constructivos se usan en las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden en la resistencia estructural frente a un sismo de gran magnitud?

1.2. Determinación de objetivos

1.2.1. Objetivo general de la investigación.

Evaluar la vulnerabilidad física de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín ante un sismo de gran magnitud en el periodo 2022 – 2024.

1.2.2. Objetivos específicos.

Identificar los materiales predominantes que se usan principalmente en la construcción de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de

Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden altamente en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

Conocer los sistemas constructivos que se usan en las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden en la resistencia estructural frente a un sismo de gran magnitud.

1.3. Justificación e importancia del estudio.

1.3.1. Teórica

Desde una perspectiva teórica, el análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas en el Perú se fundamenta en la interrelación entre las condiciones geológicas y la necesidad imperiosa de aplicar normativas de construcción sismo-resistentes. Se ha evidenciado que las edificaciones que no cumplen con estos estándares ni utilizan materiales adecuados presentan una mayor susceptibilidad al colapso durante eventos sísmicos (CENEPRED, 2014; IGP, 2020).

En el ámbito internacional, Chimbolema y Goyes (2023) llevaron a cabo una investigación en Ecuador que demostró que la vulnerabilidad sísmica de las construcciones patrimoniales aumenta significativamente cuando se descuida la actualización de las normas constructivas y se omiten los estándares de resistencia sísmica. Su estudio resalta la importancia de implementar políticas y prácticas constructivas rigurosas para mitigar los daños en zonas de alta actividad sísmica.

De igual forma, Sánchez et al. (2021) examinaron la pérdida de viviendas de adobe en Jojutla, Morelos, tras eventos sísmicos, y concluyeron que el uso de materiales tradicionales sin el refuerzo estructural adecuado incrementa notablemente la vulnerabilidad de estas construcciones. Los resultados de esta investigación enfatizan

la necesidad de modernizar las técnicas constructivas para lograr edificaciones más resistentes frente a sismos de gran magnitud.

A nivel nacional, Cruz y Max (2023) analizaron el desempeño sísmico de viviendas unifamiliares en Puyhuan Grande, Huancavelica, mediante la aplicación del método FEMA 154. Su estudio reveló que un elevado porcentaje de las estructuras evaluadas exhibe alta vulnerabilidad, lo que evidencia la urgencia de adoptar técnicas constructivas más robustas y de cumplir estrictamente con las normativas sismo-resistentes en el contexto peruano.

Asimismo, Cano (2019) examinó la vulnerabilidad física en la subcuenca baja del río Shullcas, en la zona urbana de Huancayo, y demostró que la autoconstrucción sin supervisión técnica y el uso de materiales inadecuados son factores críticos que aumentan el riesgo de colapso estructural durante sismos. Su investigación subraya la importancia de la asesoría técnica y del estricto cumplimiento de las normativas para mitigar dichos riesgos.

Complementariamente, Santos (2019) evaluó la situación de las viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca y encontró que un alto porcentaje de casas, especialmente aquellas construidas en adobe, presentan debilidades estructurales que las hacen extremadamente vulnerables a sismos. Estos hallazgos respaldan la necesidad de mejorar las técnicas de construcción y reforzar las normativas de edificación para disminuir la exposición al riesgo sísmico.

En el ámbito local, tanto el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2020) como el INGEMMET (2020) han documentado la alta actividad sísmica en el país, enfatizando la necesidad de adoptar normas de construcción sismo-resistentes para salvaguardar a las poblaciones expuestas. Estos organismos destacan que una gestión adecuada del

riesgo y la implementación de políticas públicas orientadas a la resiliencia estructural son fundamentales, especialmente en regiones vulnerables como Huancayo.

En conjunto, la teoría derivada de estos estudios proporciona una base sólida para futuras investigaciones sobre la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. Conocer detalladamente las condiciones específicas del Barrio Las Lomas en Huancayo permitirá no solo prevenir daños y minimizar las consecuencias de posibles sismos, sino también orientar la formulación de políticas y estrategias de construcción sismo-resistente en otras áreas del país.

1.3.2. Metodológica

Metodológicamente, la investigación se centra en su contribución al avance del conocimiento sobre la vulnerabilidad y la gestión del riesgo de desastres. La recopilación de datos sobre el tipo de material de construcción, la metodología empleada (construcción profesional o empírica) de las viviendas es crucial para la apreciación de la vulnerabilidad física de las construcciones. Esta metodología no solo permitirá una evaluación detallada y precisa en el Barrio Las Lomas, sino que también servirá como referencia para estudios similares en otras áreas vulnerables.

Además, la investigación fomentará la concientización de la población sobre lo importante de construir viviendas seguras y siguiendo normativas sismo-resistentes. Los datos obtenidos podrán ser usados en la creación de programas de educación y capacitación en construcción segura, así como la implementación de políticas públicas con el fin de reducir la vulnerabilidad sísmica.

1.3.3. Práctica

La justificación práctica del estudio es evidente dado que el Perú se ubica en el Cinturón Circumpacífico, área propensa a terremotos con

particularidades geográficas, hidrometeorológicas y geológicas que incrementan el riesgo de desastres naturales. La investigación contribuirá en promover la construcción de casas que sean sismorresistentes y la realización de inspecciones y evaluaciones de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas construidas, siendo esencial para reducir la vulnerabilidad física y proteger a las personas.

Analizar la vulnerabilidad física en el Barrio Las Lomas proporcionará una comprensión detallada del nivel de riesgo al que se enfrentan las casas en caso de un sismo. Los resultados permitirán proponer medidas concretas para la preparación y respuesta ante sismos de gran magnitud, mejorando así la seguridad y resiliencia de la comunidad. Este enfoque práctico es crucial para implementar estrategias de mitigación efectivas y garantizar la seguridad de los residentes en áreas sísmicamente activas.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales.

(Chimbolema y Goyes, 2023) realizaron una investigación titulada *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas catalogadas como patrimonio cultural del casco urbano del Cantón Guaranda, Ecuador*, cuyo objetivo fue identificar la vulnerabilidad ante sismos en construcciones patrimoniales. En relación con el aspecto metodológico, se fundamentó en una revisión de la literatura científica y en la aplicación de matrices de evaluación ante sismos teniendo como objetivo determinar el nivel de riesgo en las construcciones, analizando tres aspectos: el valor patrimonial, la amenaza y la vulnerabilidad sísmicas de los bienes culturales. Los datos mostraron que las construcciones patrimoniales tienen una alta vulnerabilidad sísmica debido a su construcción original y a sus condicionantes como la filtración de agua por tuberías dañadas y las lluvias, que han afectado la integridad de las estructuras. El valor sociocultural y económico se evaluó en 0.72, el peligro sísmico en 0.63 y el nivel de vulnerabilidad en 0.5, resultando en un riesgo sísmico total de 0.95.

En un estudio realizado por (Sánchez et al., 2021), la cual lleva por título: "Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos del año 2017", siendo el principal objetivo realizar un estudio integro de la zona de Jojutla, Morelos y el daño recibido por el movimiento telúrico en las construcciones de adobe, se realizó un estudio mediante el sistemas de información geográfica, se caracterizó o detallaron los materiales de construcción de adobe en un laboratorio, la exploración de las medidas de construcción y los planes de gestión de riesgos en la localidad. En este estudio se pudo concluir que, existen serias deficiencias en la construcción de las edificaciones familiares, así

como una planificación urbana inadecuada y una gestión de riesgos deficiente en el lugar, condicionantes que contribuyeron a acrecentar la vulnerabilidad de las edificaciones. Según las investigaciones realizadas, se pudo concluir que las construcciones de adobe fueron abandonadas por las autoridades, junto con el abandono de los métodos constructivos tradicionales y las prácticas desfavorables, lo que llevó a la disipación de esta forma de construcción en la región investigada.

La investigación realizada por Cunalata y Caiza (2022) en su estudio “Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador”, describen las evaluaciones de vulnerabilidad sísmica en el país basándose en diversas metodologías como el proyecto SARA, FEMA P-154, NEC-15 y FUNVISIS. Se comparan estas metodologías para resaltar sus similitudes, diferencias y relevancia en el contexto ecuatoriano. Se concluye que son complementarias y se recomiendan su uso de al menos tres: NEC-15, FEMA P-154 y FUNVISIS. Además, se destaca la necesidad de prestar especial atención a las edificaciones vulnerables, ya que estas metodologías ayudan a determinar qué estructuras no se comportarán adecuadamente durante un evento sísmico. Este análisis es crucial debido a la alta incidencia sísmica en Ecuador, que se localiza en el anillo de fuego del Pacífico.

Otro estudio realizado en Ecuador, por Acosta y Quiroz (2021) realizaron un análisis documental sobre “los factores de vulnerabilidad física existentes en las edificaciones de Ecuador”. El estudio se centra en los riesgos sísmicos, analizando los fenómenos sísmicos, sistematizando la teoría de expansión de los fondos oceánicos y revisando la disminución de la vulnerabilidad en la edificación. Se evaluó la vulnerabilidad física y los niveles de peligro sísmico. Aunque las pruebas de laboratorio para evaluar la vulnerabilidad de edificaciones han sido escasas en América Latina

debido a su costo y complejidad, se ensayaron pruebas simples y de un precio más bajo el cual contribuye en diagnosticar la vulnerabilidad de edificaciones como las de adobe. Los avances tecnológicos en instrumentación sísmica y computación facilitan el análisis de la vulnerabilidad ante sismos en el lugar y mejoran la capacidad de respuesta ante eventos sísmicos.

Moposita, Guaranga, Mas y Noboa (2019) llevaron a cabo una “evaluación sísmica del edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador”. Utilizaron un esclerómetro para obtener datos sobre la resistencia o el aguante de la infraestructura y determinaron el índice de vulnerabilidad sísmica mediante una investigación de campo.

2.1.2. Nacionales.

Una investigación presentada por Cruz y Max (2023) realizaron una investigación titulada “Uso del método Fema 154 para evaluar el desempeño sísmico de viviendas unifamiliares en Puyhuan Grande, Huancavelica”, cuyo principal objetivo fue el análisis del comportamiento ante sismos de edificaciones en dicha área utilizando el método Fema 154. La investigación fue de tipo aplicada y de nivel descriptivo, por cuanto, se detallaron las propiedades estructurales. El diseño fue no experimental y descriptivo, empleando técnicas de observación y análisis documental. Se utilizaron fichas de recolección de datos para aplicar y realizar verificaciones estructurales en una muestra de 20 viviendas. Este estudio reveló preocupantes resultados sobre el comportamiento ante sismos, como lo son el hecho de que el 80% de las estructuras presentan alta o muy alta vulnerabilidad sísmica, con un 40% en cada categoría. Solo el 20% tiene una vulnerabilidad baja y además, que en la probabilidad de colapso, el 55% de las edificaciones tienen entre 1/1 y 1 en 10 de posibilidades de derrumbarse durante un sismo. El 25% tienen entre 1 en 11 y 1 en 100 de probabilidad, mientras que el 20% restante tienen más de 1 en 1000 de colapsar. La recomendación es que deben realizar una

evaluación exhaustiva teniendo como objetivo identificar los problemas específicos y tomas de acciones en pro de mejorar sustancialmente la resistencia sísmica de estas edificaciones.

El trabajo presentado por (Flores Olortegui, 2022) titulado: “Análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama - provincia de Mariscal Luzuriaga – Áncash”, busco determinar el nivel de vulnerabilidad física de las casas de adobe frente a un movimiento sísmico en el distrito de Llama-provincia de Mariscal Luzuriaga-Áncash. En cuanto a la recopilación de datos se llevó a cabo por medio de dos fichas de observación y una ficha de encuesta a las familias de 35 viviendas de tierra comprimida. Los resultados que se obtuvieron mediante el estudio pudieron revelar que el 88% de las viviendas presentaban un alto grado de vulnerabilidad física, mientras que el 12% presentó una vulnerabilidad física muy alta. Además, se identificó que en un 94% las edificaciones, se encuentran construidas sobre la topografía inicial con paredes desprotegidos ante las lluvias en un 100%. La mayoría de las casas tienen fisuras en las paredes, asimismo no cuentan con juntas y tampoco tienen planos ni asesoramiento técnico y no cumplen con las normativas legales. También se pudo identificar que el 65% de las edificaciones familiares presentaban fallas por tracción y el 28% por corte. Entre las conclusiones alcanzadas, se concluyó que, la mayoría de las casas mostraron un alto nivel de vulnerabilidad física, caracterizándose por fisuras en los muros y fallas por tracción, además de estar expuestas a la lluvia debido a su construcción en terrenos agrícolas, sin tener supervisión por especialistas ni un plan de diseño constructivo, lo que las hace propensas a colapsar ante un evento sísmico.

Asimismo, la investigación que presentó (Bernardo Reyes, 2019) titulada: “Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas Unifamiliares Mediante los Índices de Benedetti – Petrini en la Asociación los Libertadores –

Huancayo – Junín”, cuyo objetivo general fue: “Evaluar la vulnerabilidad sísmica de viviendas unifamiliares mediante los índices de Benedetti – Petrini en la asociación Los Libertadores – Huancayo – Junín”, utilizó una metodología basada en el científico, una investigación de tipo aplicada, el nivel fue descriptivo y el diseño no experimental; la población se conformó por 365 casas de la Asociación Los Libertadores, la muestra fue aleatoria, estableciendo un tamaño muestral de 61 casas. Concluyendo, se concluyó que el 36.07% de las casas presenta un alto grado de vulnerabilidad, mientras que el 60.66% tiene una vulnerabilidad media y únicamente el 3.28% muestra una vulnerabilidad baja.

El estudio realizado por (Santos, 2019) el cual llevó por título: “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017”, tuvo como objetivo “determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017”. En ese estudio se utilizó el método cualitativo bajo los razonamientos inductivo – deductivo, hipotético – deductivo y análisis – sintético, con un nivel descriptivo – explicativo y de diseño no experimental, transversal. La muestra fue conformada por 40 construcciones familiares autoconstruidas. Las técnicas utilizadas fueron la observación y se realizó una encuesta con el fin de recabar datos, además de una ficha de evaluación y verificación de INDECI. Guiados por el INDECI, se concluyó que el 54% de las casas construidas sin supervisión de profesionales muestran un grado de vulnerabilidad sísmica muy alta, el 38% grado alto y el 8% grado moderado. Además, utilizando el método ATC 21 (Ficha de Revisión por Filtro de Peligros Sísmicos Potenciales en Edificaciones Existentes), no se aplicó la ficha al 50% de las viviendas por estar construida con tierra comprimida, mientras que el 47% presenta un grado de vulnerabilidad media a alta y solo el 3% una vulnerabilidad baja a media. Las casas construidas de albañilería muestran una alta vulnerabilidad ante sismos por la falta de supervisión de un

profesional en su construcción. Además, el suelo en el que se ubican suele ser de material granular fino y arcilloso, con una resistencia del suelo baja de 0,89 kgf/cm², considerada crítica en contraste con otras localidades. Los tabiques carecen de arriostres, se utilizaron ladrillos en voladizos, debilitando estas áreas. Estos no califican con las especificaciones necesarias, se observó que los ladrillos presentaban diferentes tonos debido a variaciones en la cocción de ladrillos artesanales. Asimismo, las juntas en los ladrillos no fueron dosificados correctamente, lo que afectó la estabilidad y resistencia de las viviendas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Vulnerabilidad física.

A. Definición.

La vulnerabilidad física de las construcciones está asociada a la calidad de material empleado, así como al diseño y personal calificado en la construcción. Estos factores influyen por la capacidad de las viviendas y edificaciones para resistir los efectos de los peligros naturales, como los sismos. Por ejemplo, la investigación sobre el suelo, el diseño del proyecto y los materiales empleados, como ladrillo, bloques de concreto, acero y cemento, son determinantes en la vulnerabilidad de las edificaciones frente a sismos (García, 2017).

La vulnerabilidad puede dividirse en 4 categorías según el Manual básico para la estimación de riesgo (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2006): baja, media, alta y muy alta. Cada categoría se detalla en la tabla:

Tabla 1. Estrato, descripción y valor de la Vulnerabilidad

ESTRATO / NIVEL	DESCRIPCIÓN O CARACTERÍSTICAS	VALOR
<p>VB (Vulnerabilidad Baja)</p>	<p>Viviendas ubicadas en terrenos seguros y construidas con materiales duraderos o resistentes a sismos, que se encuentran en buen estado. La población que reside en estas áreas tiene un nivel de ingresos medio o alto, posee educación y conciencia sobre la prevención, y cuenta con acceso a servicios básicos. Además, hay un alto grado de organización y colaboración entre las instituciones y organizaciones presentes.</p>	<p>1 < de 25%</p>
<p>VM (Vulnerabilidad Media)</p>	<p>Viviendas situadas en terrenos de calidad intermedia, expuestas a aceleraciones sísmicas moderadas y con inundaciones poco frecuentes, de bajo nivel y velocidad. Estas casas están construidas con materiales duraderos y se encuentran en condiciones regulares o buenas. La población tiene un nivel de ingresos medio y está desarrollando una cultura de prevención, aunque cuenta con cobertura parcial de servicios básicos y acceso limitado a atención de emergencias. La comunidad está organizada, con una participación mayoritaria y una integración parcial entre las instituciones y organizaciones presentes.</p>	<p>2 < de 26% a 50%</p>
<p>VA (Vulnerabilidad Alta)</p>	<p>Las viviendas se encuentran en áreas con alta vulnerabilidad sísmica, construidas con materiales precarios y en condiciones deficientes. La población enfrenta hacinamiento, tiene recursos económicos limitados, carece de conocimientos sobre prevención de desastres y cuenta con acceso restringido a servicios básicos y atención de emergencias. La organización comunitaria es débil, con poca participación y escasa conexión entre instituciones. Este contexto se clasifica con una vulnerabilidad muy alta, con un índice de 51% a 75%.</p>	<p>3 < de 51% a 75%</p>
<p>VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)</p>	<p>Viviendas situadas en áreas con alta probabilidad de licuación del suelo o suelos colapsables, construidas con materiales precarios y en malas condiciones. Estas zonas sufren de hacinamiento y tugurización acelerados. La población tiene recursos económicos limitados y carece de una cultura de prevención, además de no contar con servicios básicos y tener acceso restringido a atención de emergencias. La organización comunitaria es inexistente, con mínima participación y sin vínculos entre las instituciones y organizaciones presentes.</p>	<p>4 < de 76% a 100%</p>

Fuente: (INDECI, 2009)

Climent, Salgado, Slob y Van Westen (2003) llevaron a cabo un estudio sobre el riesgo sísmico y la vulnerabilidad física en Cañas, Guanacaste, Costa Rica, en el cual se destaca que la vulnerabilidad física de las construcciones ante sismos es posible de predecir en función del nivel de daño esperado en diferentes sistemas constructivos, basándose en tipos históricos de sismos en la región. Además, la vulnerabilidad de las edificaciones está propensa a su antigüedad y su estado físico, siendo las construcciones más antiguas y deterioradas más vulnerables, y las más nuevas y en buenas condiciones, menos vulnerables. Sin embargo, no todas las viviendas más antiguas son necesariamente más vulnerables; las técnicas y materiales de construcción antiguos pueden haber sido adecuados si se siguieron buenas prácticas constructivas. Las construcciones modernas pueden ser vulnerables debido a malas prácticas de construcción, uso de materiales inadecuados, falta de cumplimiento de normativas o el tipo de terreno en el que se edifican.

B. Dimensión.

a) Materiales Predominantes.

Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Cada edificación debe ser evaluada conforme a las categorías especificadas en la Tabla N° 2. El factor de uso (U), que también se define en la Tabla N° 2 se aplicará de acuerdo con la clasificación realizada. Para edificios que cuentan con aisladores sísmicos se podrá establecer un valor del factor de uso igual a 1." (Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, 2016)

Tabla 2. Categoría de las edificaciones y factor “U”

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR “U”
A Edificaciones Esenciales	A1: Instituciones del Sector Salud, tanto públicas como privadas, que pertenecen al segundo y tercer nivel, de acuerdo con las regulaciones establecidas por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	<p>A2: Estructuras fundamentales cuya operación no debería cesar de inmediato tras un sismo severo, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centros de salud que no se clasifican en la categoría A1. • Infraestructura de transporte y seguridad, incluyendo puertos, aeropuertos, edificios municipales, centrales de comunicación, estaciones de bomberos, y cuarteles de las fuerzas armadas y de la policía. • Instalaciones eléctricas y de agua, que abarcan plantas de generación y transformación de electricidad, así como reservorios y plantas de tratamiento de agua. • Edificaciones que puedan funcionar como refugios tras un desastre, como escuelas, institutos tecnológicos y universidades. <p>Además, se consideran edificaciones cuyo colapso podría generar riesgos adicionales, como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Finalmente, también se incluyen edificios que resguardan archivos e información crítica del Estado.</p>	1,5
B Edificaciones Importantes	Estructuras que congregan a un gran número de personas, como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros y establecimientos penitenciarios, así como aquellas que resguardan patrimonios valiosos, como museos y bibliotecas. También se incluirán los depósitos de granos y otros almacenes que son cruciales para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Estructuras de uso común como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuyo colapso no conlleve peligros adicionales, tales como incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Estructuras temporales destinadas a almacenamiento, como depósitos, casetas y otras construcciones similares.	Ver nota 2

Fuente: MVCS. (2016). Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, que modifica la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada

por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA y modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA. Lima, Perú.

Según la normativa del MVCS (2016), todos los elementos de concreto armado en los sistemas estructurales sismorresistentes deben cumplir con los requisitos del Capítulo 21 de la Norma Técnica E.060 del RNE, que especifica los criterios para el diseño sísmico.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009), como mínimo el 80% del corte basal debe ser soportada por las columnas. Si existen placas, estos deben diseñarse para sostener una parte de la fuerza sísmica de acuerdo con su rigidez. En un sistema de placas, la capacidad ante sismos recae principalmente en los muros, que deben soportar como mínimo el 70% del corte basal. El sistema dual combina pórticos y muros estructurales para resistir las cargas sísmicas, con los muros absorbiendo entre el 20% y el 70% de la fuerza corte basal, y los marcos proyectados con el fin de soportar como mínimo el 30% de la carga sísmica.

Las edificaciones con muros de ductilidad limitada (EMDL) se distinguen por un sistema en el que la resistencia a sismos y cargas gravitacionales se obtiene mediante placas de grosor reducido, sin extremos empotrados y con acero longitudinal vertical de solo una capa. Este sistema permite la construcción de edificios de hasta ocho niveles (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

Los sistemas estructurales de acero en el contexto de resistencia sísmica son variados. Los pórticos especiales resistentes a momentos (SMF) están diseñados para permitir una alta resistencia a deformarse, conseguida a través de la

flexión de las vigas y una fluencia regulada en las secciones de las columnas. Las columnas se proyectan con el fin de ser más fuertes que las vigas en la curva esfuerzo-deformación. Por otro lado, Los pórticos intermedios (IMF) tienen una deformación inelástica limitada en sus componentes y uniones, mientras que los pórticos ordinarios (OMF) poseen una capacidad muy reducida de deformación inelástica en sus componentes y uniones. (MVCS, 2009).

Tabla 3. Categoría y sistema estructural de las edificaciones

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
B	1	Cualquier sistema. Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF.
	4, 3 y 2	Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: MVCS. (2016). *Decreto Supremo que modifica la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"*. Lima, Perú.

Tabla 4. Categoría y regularidad de las edificaciones

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: MVCS. (2016). Decreto Supremo que modifica la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA. Lima, Perú.

Los sistemas de construcción antisísmica incluyen diversas medidas y técnicas para reforzar la resistencia de las edificaciones frente a movimientos sísmicos. El diseño estructural sismorresistente implica el uso de sistemas estructurales que puedan absorber y disipar la energía generada por un sismo, como muros de corte, diafragmas, entrepisos y sistemas de anclaje adecuados (Magallanes, 2015). La selección de materiales adecuados es crucial; por ejemplo, en viviendas de adobe, se pueden utilizar técnicas de refuerzo con mallas metálicas y materiales compuestos para mejorar su comportamiento sísmico (Zamora y Aguirre, 2020). Es fundamental seguir procedimientos constructivos y normas legales sismorresistentes para asegurar la estabilidad de las edificaciones (Magallanes, 2015). La planificación urbana y el diseño de edificaciones deben considerar la amenaza sísmica, evitando la ejecución de edificaciones en zonas

de alto riesgo y aplicando medidas de refuerzo en estructuras existentes (Oshiro, 2018). Además, es crucial mantener la supervisión de calidad riguroso en el proceso de construcción para asegurar el cumplimiento de los estándares sismorresistentes (Garay, 2017).

En Perú, los sistemas de construcción antisísmica incluyen técnicas específicas para reforzar las edificaciones y hacerlas más resistentes a los sismos frecuentes. El uso de concreto armado es una técnica común en Perú, proporcionando mayor resistencia y ductilidad a las edificaciones, permitiendo así absorber la energía liberada durante un sismo (RNE, 2006). Los muros de corte se utilizan para reforzar la resistencia de un edificio ante sismos, ubicándose estratégicamente en la estructura para redistribuir las fuerzas sísmicas y minimizar los daños (Panchana Villón & Reyes Moreira, 2021). Los sistemas de disipación de energía, como los amortiguadores sísmicos, se emplean con el fin de captar y reducir la energía generada debido a las fuerzas sísmicas, reduciendo así las fuerzas que actúan sobre la estructura (Sierra Castellanos y Páez Duque, 2020). En Perú, existen normas y regulaciones específicas para la construcción antisísmica que establecen los parámetros para asegurar la resistencia de las construcciones frente a sismos, como la norma técnica E.080, E.031 y E.030 del RNE.

Estos sistemas y técnicas son fundamentales si se quiere mitigar la vulnerabilidad de las construcciones ante sismos, contribuyendo a la seguridad de las estructuras y la protección de las personas. Según el RNE del Perú, las edificaciones deben cumplir con normas sismorresistentes, que varían dependiendo del uso de la construcción y la

zona sísmica en la cual se ubiquen (Abad y Ramírez, 2023). Para edificaciones destinadas a vivienda, el reglamento establece requisitos específicos de diseño estructural para diferentes zonas sísmicas y alturas de edificación. Al aumentar el número de pisos, se requiere un mayor nivel de cumplimiento de las normas sismorresistentes, implicando el uso de sistemas estructurales más robustos y requisitos más estrictos de diseño y construcción (Iparraguirre, 2021). Es importante resaltar que el número de pisos está directamente relacionado con las normativas de diseño estructural y la clasificación de las zonas sísmicas, por lo que se debe seguir la fundamentación legal en materia de construcciones.

Para la designación del Programa de Investigación Mínimo (PIM) del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), las construcciones se categorizan de acuerdo con su importancia relativa en términos de estudios de suelos requerida para cada clase de edificación, con el nivel A siendo el más riguroso, seguido por los niveles B y C (Norma Legal de Diseño Sismorresistente E.030, 2006).

Tabla 5. Tipo de edificación

Clase De Estructura	Distancia mayor entre apoyos (m)	Número De Pisos			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
Aporticada de acero	< 12	C	C	C	B
Pórticos y/o muros de concreto	< 10	C	C	B	A
Muros portantes de albañilería	< 12	B	A	---	---
Bases de máquinas y similares	Cualquiera	A	---	---	---
Estructuras especiales	Cualquiera	A	A	A	A
Otras estructuras	Cualquiera	A	A	A	A
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura		> 9 m de altura	
		A		B	

* Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior (ver artículo 11 (11.2))

Fuente: MVCS. (2006). Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.

2.2.2. Sismo de gran magnitud.

A. Definición.

Los sismos son ondas resultado de la liberación repentina de la energía acumulada debido a la fractura de las rocas bajo tensión. Esta energía se propaga a través del interior terrestre, viajando por diversas trayectorias hasta llegar a la superficie (CENEPRED, 2017).

Los sismos se producen debido a los movimientos internos en la parte superior del estrato terrestre, que se denomina astenosfera. Además, pueden ser causados por eventos como explosiones o erupciones volcánicas. Los sismos más significativos suelen ocurrir en las zonas de contacto entre

placas tectónicas, aunque también pueden producirse dentro de las placas debido a fallas geológicas. Esta situación puede provocar daños en áreas urbanizadas con construcciones (Soto, 2022).

Las acciones preventivas frente a sismos son esenciales y están centradas en las técnicas y prácticas constructivas adecuadas. Esto incluye la correcta ejecución de obras civiles y la reducción de riesgos estructurales en edificios y otras construcciones existentes (Soto, 2022).

El hipocentro, o foco sísmico, es la posición dentro de la corteza terrestre en la cual inicia la liberación de energía que provoca un sismo. La hora de origen se refiere al momento en que inicia esta ruptura, generalmente expresada en Tiempo Universal Coordinado (UTC), que en Perú es 5 horas más que la hora local. El epicentro es la ubicación en la superficie terrestre directamente sobre el hipocentro y se indica mediante coordenadas geográficas (CENEPRED, 2017).

La magnitud de un sismo mide la fuerza emitida en el foco sísmico. Este valor es diferente para cada evento sísmico y no depende de la ubicación geográfica. La intensidad sísmica, por otro lado, evalúa cualitativamente las consecuencias del sismo en la población, edificaciones, infraestructura y el entorno natural. A diferencia de la magnitud, la intensidad puede variar en diferentes lugares; los efectos son mayores cuanto más cerca se esté del epicentro. La escala más comúnmente utilizada es la escala de Mercalli Modificada, que tiene 12° representados en números romanos (CENEPRED, 2017).

La distancia al epicentro se refiere al recorrido horizontal tomada en el foco hasta un sitio específico en la superficie (CENEPRED, 2017).

B. Dimensión

La magnitud (M) de un movimiento telúrico se suele determinar con la escala de Richter, que es una escala logarítmica sin un

límite máximo y que mide la energía liberada en el hipocentro del terremoto. Por otro lado, la escala modificada de Mercalli se subdivide en doce grados (12°) y mide la percepción y la energía específica destructiva del movimiento telúrico en relación a los efectos que produce en un lugar determinado (Minke, 2001).

La fuerza destructiva y los efectos dependen de varios factores, como la magnitud, la profundidad del punto de origen del sismo y la distancia al área afectada, las características geológicas y topográficas, y el tipo de suelo y subsuelo local, y la duración y frecuencia del movimiento sísmico en la zona afectada. En consecuencia, se resalta que la magnitud es solo uno de los varios elementos que afectan en las secuelas de un movimiento telúrico. La celeridad del terreno y la frecuencia con las que se presentan estas aceleraciones son determinantes en los daños estructurales, siendo los movimientos horizontales más impactantes para las construcciones que los movimientos verticales (Minke, 2001).

Las edificaciones familiares son especialmente sensibles a los sismos debido a que los muros tienden a colapsar hacia afuera, provocando el derrumbe de cubiertas y entrepisos. Para construcciones de hasta dos pisos, una solución técnica antisísmica incluye medidas para prevenir que las paredes se separen en el exterior y garantizar que las losas estén adecuadamente reforzadas (Minke, 2001).

La magnitud de las deformaciones horizontales, la velocidad horizontal y la aceleración horizontal en un movimiento telúrico moderado, representa que entre el 10 por ciento y el 30% de la carga de la carga de la edificación se convierte en una carga de empuje horizontal. Esta aceleración se utiliza en el dimensionamiento según el método de la fuerza equivalente,

donde la capacidad de resistir contra cargas horizontales se determina por una carga estática (Minke, 2001).

La ductilidad de una estructura, que es su capacidad para absorber energía a través de deformaciones plásticas, es crucial para el diseño antisísmico. Una mayor ductilidad permite a las estructuras absorber la energía producida por un movimiento telúrico, reduciendo la probabilidad de colapso y minimizando los daños. La interacción entre resistencia y ductilidad es crucial: una estructura puede exhibir alta capacidad de soportar cargas y baja deformación, baja capacidad de soportar cargas y alta deformación, o niveles intermedios de ambas propiedades, y aun así tener probabilidades comparables de soportar un sismo de gran magnitud sin sufrir colapsos (Minke, 2001).

Una posible solución sería edificar una estructura con suficiente aguante para soportar el sismo sin deformación plástica, aunque esto suele ser muy costoso. Alternativamente, una estructura de resistencia mediana puede aceptar deformaciones plásticas moderadas, manteniendo bajo el requerimiento de ductilidad. En caso de sismos de mayor intensidad, la estructura debe tener suficientes reservas plásticas para evitar el colapso, aunque con gran deformación y daños (Minke, 2001).

Richter es la escala creada por el sismólogo estadounidense Charles Richter en 1935, se utiliza para medir la magnitud de los sismos. Cada nivel en esta escala representa un aumento de diez veces en la fuerza emitida durante un movimiento telúrico, esto implica que un terremoto de magnitud 8 es diez veces más intenso que uno de magnitud 7 y a su vez el de magnitud 7 es cien veces más poderoso que uno de magnitud 6 (Soto, 2022). A diferencia de la escala de Mercalli, la de Richter es absoluta y se fundamenta en la liberación de energía producida, con cada aumento de una unidad representando un incremento de la

amplitud de la onda sísmica de diez veces y de la energía liberada de treinta y dos veces (Muñoz, 2021).

La Escala de Magnitud de Momento (M_w) es un método utilizado en sismología para cuantificar el tamaño de los terremotos en función de la energía liberada durante el evento sísmico. Desarrollada por Kanamori y Hanks en 1979, esta escala emplea un enfoque logarítmico basado en el cálculo del momento sísmico (M_0), el cual considera el área de la falla afectada, el desplazamiento promedio y la rigidez del material rocoso. A diferencia de la Escala de Richter, la Escala de Magnitud de Momento ofrece una mayor precisión al evaluar tanto sismos de gran magnitud como de menor intensidad (Kanamori & Hanks, 1979).

Figura 2. Sismógrafo típico para registrar sismos



Fuente: Soto (2022)

La escala de Mercalli, por su parte, mide la intensidad del movimiento telúrico en un punto dado, basada en los daños causados y la resistencia relativa de las estructuras afectadas.

Un mismo sismo puede tener diferentes intensidades Mercalli en distintos lugares. Esta escala va de 1 (mínima intensidad) a 12 (máxima intensidad) (Muñoz, 2021).

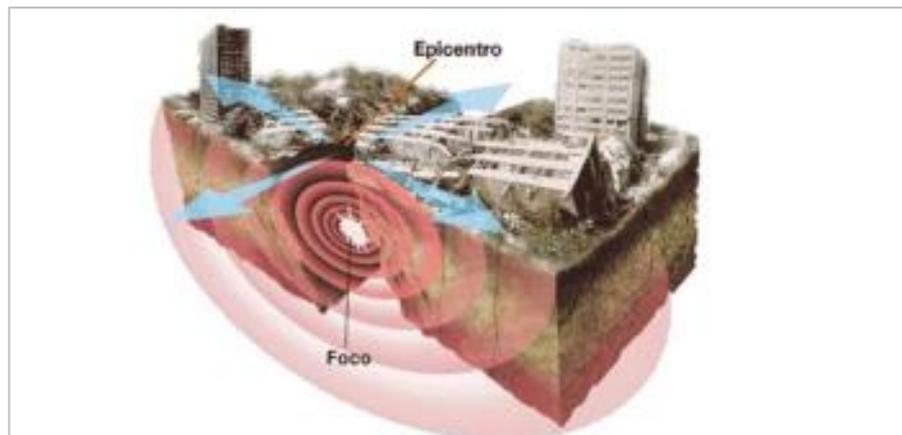
Tabla 6. Descripción cualitativa para cada grado de la escala de Mercalli Modificada

GRADO	DESCRIPCIÓN
I	No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido solo por muy pocas personas en reposo, especialmente en pisos altos. Objetos suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido por personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como las producidas por el paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos se despiertan. Ventanas y puertas son agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunas ventanas y puertas de vidrio se rompen; grietas en el revestimiento de algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y paredes inestables. Daño leve.
VII	Muchas personas corren al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; caída de paredes inestables. Notado por personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras de diseño especial; considerable en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de paredes inestables, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Posibles procesos de licuación de suelos. Cambios en niveles de agua en pozos. Conductores en automóviles entorpecidos. En zonas costeras generación de tsunamis. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas. Procesos de licuación de suelos. En zonas costeras generación de tsunamis y procesos de licuación de suelos. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
X	Algunos edificios bien construidos en madera, destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas con los cimientos; suelo muy agrietado. Carriles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. En zonas costeras generación de tsunamis de gran envergadura y procesos de licuación de suelos. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Carriles muy retorcidos. En zonas costeras generación de tsunamis y procesos de licuación de suelos. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
XII	Destrucción total

Fuente: Tavera (2006)

Los sismos pueden ser devastadores dependiendo de las condiciones como el tipo geológico, propiedades estructurales en el edificio, estándar constructivo y la distancia al epicentro. Los daños estructurales varían considerablemente según estos factores, y los sismos de gran intensidad cerca de zonas densamente pobladas pueden causar daños severos (Soto, 2022).

Figura 3. Daños de estructuras debido a epicentros muy cercanos a zonas densamente pobladas



Fuente: Soto (2022)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Dimensión Física

La dimensión física se refiere a las características particulares de las infraestructuras y la localización del lugar donde pueden ocurrir las consecuencias de un peligro, tales como daños y pérdidas (CENEPRED, 2017).

2.3.2. Desastres

Los desastres representan situaciones que ocasionan pérdidas en varios ámbitos, como la salud y el ambiente, debido a amenazas cuyo impacto excede la capacidad de respuesta local. Pueden ser tanto de

origen natural como resultado de actividades humanas (CENEPRED, 2014).

2.3.3. Elementos Expuestos

La exposición implica decisiones que colocan a personas y sus recursos en zonas de peligro, lo que es consecuencia de prácticas inadecuadas como la urbanización descontrolada. Al aumentar la exposición, aumenta la vulnerabilidad (CENEPRED, 2014).

2.3.4. Exposición Física

La exposición física abarca la localización de estructuras de uso doméstico, infraestructuras públicas, o centros médicos en áreas que podrían verse afectadas por peligros (CENEPRED, 2017).

2.3.5. Fragilidad

Se refiere es la susceptibilidad de las personas y sus recursos ante un riesgo, generalmente relacionada con la calidad de las construcciones y el incumplimiento de regulaciones de las normativas (CENEPRED, 2014).

2.3.6. Fragilidad Física

La fragilidad física describe la vulnerabilidad de las estructuras físicas y su localización ante el impacto de una amenaza (CENEPRED, 2017).

2.3.7. Gestión Correctiva

Consiste en implementar medidas para corregir o disminuir los riesgos que ya están presentes (CENEPRED, 2014).

2.3.8. Gestión del Riesgo de Desastres

Es un enfoque social que busca evitar y reducir los riesgos, además de preparar a la sociedad para enfrentar desastres, siguiendo lineamientos nacionales en sectores clave (CENEPRED, 2014).

2.3.9. Gestión Prospectiva

Consiste en un conjunto de acciones ejecutas previa planificación teniendo como fin de evitar y prevenir la generación que nuevos riesgos surjan a raíz del desarrollo de inversiones futuras en un territorio determinado (CENEPRED, 2014).

2.3.10. Gestión Reactiva

Se refiere a las estrategias implementadas para responder a desastres que ya han ocurrido o que están por suceder (CENEPRED, 2014).

2.3.11. Peligro

Es la probabilidad de que un fenómeno, ya sea natural o provocado, ocurra en un área determinada, con la capacidad de causar daños (CENEPRED, 2014).

2.3.12. Prevención

Son varias de acciones en conjunto que busca evitar la aparición de nuevos riesgos, en consonancia con el desarrollo sostenible (CENEPRED, 2014).

2.3.13. Reducción

Implica tomar medidas para disminuir los riesgos y vulnerabilidades que ya están presentes, en el ámbito de un sostenible desarrollo (CENEPRED, 2014).

2.3.14. Resiliencia

Es la capacidad de los habitantes y sus medios de vida para adaptarse y recuperarse tras un peligro, dependiendo de las condiciones sociales y la organización comunitaria (CENEPRED, 2014).

2.3.15. Resiliencia Física

Es la capacidad de las instituciones y estructuras físicas para resistir y recuperarse tras un peligro (CENEPRED, 2014).

2.3.16. Riesgo de Desastre

Es la posibilidad de que una comunidad y sus recursos sufran pérdidas debido a su vulnerabilidad frente a un peligro (CENEPRED, 2014).

2.3.17. Sismo

Los sismos ocurren cuando se libera energía en la corteza terrestre, provocando vibraciones transmitidas en forma de ondas sísmicas (CENEPRED, 2014).

2.3.18. Sistema de Fallas

Bernal y Tavera (2022) relacionan que el sistema de fallas en Perú se debe a la deformación de la corteza, y varía según la región geográfica. Por ejemplo, en Huancayo, el sistema de fallas inversas de Huaytapallana presenta un buzamiento hacia el noreste.

2.3.19. Vulnerabilidad

Se refiere a la probabilidad de que personas y estructuras sufran daños debido a su exposición a un peligro, lo cual es agravado por factores como el crecimiento poblacional y la mala planificación urbana (CENEPRED, 2014).

Capítulo III

Hipótesis y Variables

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General.

Las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín presentan una alta vulnerabilidad física ante un sismo de gran magnitud durante el periodo 2022-2024.

3.1.2. Hipótesis Específicas.

Los materiales predominantes usados en la construcción de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, son muros de adobe y albañilería sin confinamiento estructural que inciden altamente en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

La mayoría de las viviendas del Barrio Las Lomas han sido construidas sin la supervisión de especialistas, empleando sistemas constructivos empíricos, lo que disminuye su capacidad para disipar cargas sísmicas y aumenta el riesgo de daños severos o colapso ante un sismo de gran magnitud.

3.2. Operacionalización de variable

3.2.1. Variable X (independiente)

Se refiere a las condiciones de vulnerabilidad, fragilidad y ubicación desfavorable de la infraestructura frente a la influencia de un peligro. Incluye las características estructurales y la localización de viviendas, instituciones y otros elementos físicos que los hacen susceptibles a verse afectada cuando ocurra el desencadenante de un peligro (CENEPRED, 2017)

3.2.2. Variable Y (dependiente)

Un sismo se describe como un proceso gradual y continuo en el que se libera de manera repentina energía mecánica, resultado de variaciones en los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos que

se producen, los cuales están determinados por la resistencia de los materiales geológicos de la capa terrestre. Este fenómeno puede presentarse tanto en áreas donde interactúan las placas tectónicas como en su interior. La energía liberada se manifiesta a través de ondas sísmicas y, en parte, se convierte en calor debido a la fricción en el plano de falla. El efecto inmediato de un sismo es la transmisión de esta energía mecánica a través de la vibración del suelo cercano al epicentro, así como su posterior propagación mediante diferentes tipos de ondas sísmicas (ondas corporales y superficiales) a través de la corteza terrestre y, en ciertas ocasiones, en el manto (CENEPRED, 2014).

3.2.3. Matriz de operacionalización de la variable.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ TEMS	ESCALA DE VALORACION	INSTRUMENTO
Vulnerabilidad física (Variable Independiente)	Se refiere a las condiciones de vulnerabilidad, fragilidad y ubicación desfavorable de la infraestructura frente a la influencia de un peligro. Incluye características estructurales y localización de viviendas que las hacen susceptibles ante un sismo (CENEPRED, 2017).	Grado de susceptibilidad de las viviendas del Barrio Las Lomas frente a un sismo de gran magnitud, evaluado a través de características estructurales, materiales de construcción y condiciones del terreno.	Materiales Predominantes	Mampostería estructural	Deficiente Regular Bueno Muy Bueno	Observación directa. Encuestas Entrevistas a expertos.
				Mampostería no estructural		
			Sistema constructivo	Construcción supervisada por especialistas		
				Construcción sin supervisión de especialistas		
Sismo de Gran Magnitud (Variable Dependiente)	Es un proceso de liberación repentina de energía mecánica debido a tensiones en la corteza terrestre, generando ondas sísmicas que pueden causar daños en las estructuras y afectar la estabilidad del entorno construido (CENEPRED, 2014).	Impacto de un sismo en el Barrio Las Lomas en función de su magnitud, profundidad y distancia epicentral.	Magnitud del sismo (Magnitud máxima de 8)	Mayor a 8	Muy alto Alto Medio Bajo	Datos sísmológicos, Revisión documental (CENEPRED, IGP), Modelado SIG
				De 6 a 7.9		
				De 4.5 a 5.9		
				De 3.5 a 4.4		
				Menor a 3.4		

Capítulo IV

Metodología del Estudio

4.1. Método, tipo o alcance de la investigación

4.1.1. Método.

El presente estudio adopta un diseño metodológico descriptivo y analítico, ya que esta combinación resulta idónea para capturar la complejidad de la información necesaria y para analizar en profundidad la vulnerabilidad física de las edificaciones ante sismos. La metodología se fundamenta en enfoques que han demostrado eficacia en estudios previos: el método descriptivo permite documentar, a través de observación directa y recolección de datos, las características específicas de las edificaciones.

Abreu (2014) destaca que el método descriptivo es fundamental para obtener una “fotografía” detallada del estado actual de las infraestructuras. Según sus hallazgos, la observación directa y la recolección sistemática de datos permiten documentar las características constructivas de manera minuciosa, facilitando la identificación de variables críticas que inciden en la vulnerabilidad física de las edificaciones.

De igual forma, López y Ramírez (2018) señalan que el enfoque descriptivo permite no solo registrar las condiciones observables de las construcciones, sino también contextualizarlas en función de los factores de riesgo. Esta perspectiva es esencial para comprender las condiciones actuales de las viviendas en zonas con alta exposición sísmica, lo que respalda la utilización de este método en estudios de vulnerabilidad.

Por otro lado, el método analítico se emplea para examinar los datos recopilados y determinar la influencia de variables como el sistema constructivo, el número de pisos y otros factores estructurales en la fragilidad de las construcciones ante eventos sísmicos.

Tamayo-Tamayo (1994) argumenta que el método analítico complementa eficazmente al descriptivo al posibilitar el

procesamiento e interpretación de los datos recolectados. Su trabajo evidencia que mediante técnicas analíticas es posible discernir la influencia de variables como el sistema constructivo y el número de pisos en la fragilidad de las estructuras, justificando así su aplicación para evaluar la resistencia de las edificaciones ante eventos sísmicos. Además, Rodríguez et al. (2015) han demostrado que el análisis estadístico de los datos permite establecer correlaciones significativas entre las variables de estudio, lo que contribuye a una evaluación cuantitativa robusta de la vulnerabilidad estructural. Su investigación respalda la integración de métodos descriptivos y analíticos para lograr una comprensión integral del fenómeno.

En conjunto, estos enfoques y hallazgos de diversos autores respaldan la adopción de un método descriptivo y analítico, proporcionando una visión holística y dinámica de la vulnerabilidad física de las edificaciones, lo cual es esencial para desarrollar estrategias de mitigación efectivas y aumentar la resiliencia de las viviendas ante sismos.

4.1.2. Tipo o alcance

Hernández, Fernández y Bastida (1990) sostienen que la investigación no experimental se define por la observación de fenómenos en su entorno natural sin intervenir en las variables. Este enfoque permite evaluar la vulnerabilidad física de las viviendas al examinar el comportamiento de las estructuras en condiciones reales, sin alterar los factores inherentes al área de estudio, como es el caso del Barrio Las Lomas durante sismos de gran magnitud en el periodo 2022–2024.

Huaire Inacio (2019) complementa esta perspectiva al señalar que los estudios transversales, parte integral de la metodología no experimental, capturan una "fotografía en el tiempo" de las condiciones de la población sin la intervención del investigador. Este diseño es esencial para analizar variables como el tipo de construcción, los materiales empleados y otros factores estructurales,

facilitando la identificación de correlaciones significativas que fundamenten estrategias de mitigación de riesgos.

Rodríguez et al. (2015) argumentan que el uso de datos existentes en estudios no experimentales permite realizar un análisis cuantitativo sólido de las relaciones entre las características de las edificaciones y su respuesta ante eventos sísmicos. Su investigación demuestra que, mediante el análisis de datos históricos y actuales, es posible establecer vínculos claros entre las condiciones constructivas y la vulnerabilidad estructural, lo que respalda la aplicación de este enfoque en la presente tesis.

En conjunto, estos estudios justifican la elección de un diseño no experimental para la evaluación de la vulnerabilidad física de las viviendas en el Barrio Las Lomas. Esta metodología ofrece una base empírica robusta que facilita el desarrollo de planes de mitigación de desastres y la formulación de recomendaciones orientadas a reducir el riesgo sísmico en la región.

4.2. Diseño de la investigación

Huaire Inacio (2019) plantea que el diseño transversal ofrece la ventaja de capturar una "instantánea" de la realidad al recopilar datos en un único momento, lo que posibilita analizar las interrelaciones entre las variables sin la intervención directa del investigador. Este método resulta especialmente útil para investigaciones exploratorias y descriptivas, pues permite examinar las condiciones naturales en las que se encuentra la población estudiada.

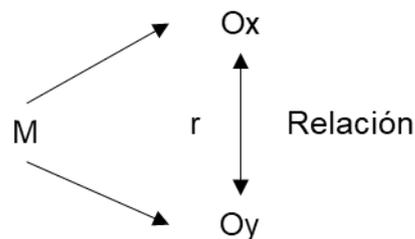
Rodríguez et al. (2015) sostienen que el enfoque no experimental, y en particular el diseño transversal, facilita la medición de variables en su estado natural. Esto es crucial para detectar correlaciones entre los factores estructurales y la vulnerabilidad física de las edificaciones, permitiendo así establecer vínculos entre elementos como el tipo de construcción y la resistencia sísmica sin alterar las condiciones originales.

Por su parte, Tamayo-Tamayo (1994) respalda la utilización del diseño transversal al indicar que esta metodología permite una descripción precisa de la distribución de las variables dentro de una población. Según sus

estudios, este enfoque resulta indispensable para comprender el comportamiento de las viviendas en condiciones reales, lo cual es fundamental para el desarrollo de estrategias de mitigación en contextos de riesgo sísmico.

En este estudio se adopta un diseño transversal no experimental para evaluar las características de las viviendas del Barrio Las Lomas en un punto específico en el tiempo. Esta metodología permite la recolección de datos relevantes sobre variables como el sistema constructivo y el tipo de materiales, lo que facilita el análisis de la vulnerabilidad física frente a sismos de gran magnitud.

Seguidamente se muestra, la representación del diseño:



Donde:

M = muestra 200 viviendas

r = relación entre las variables

Ox = Observación de la variable X Vulnerabilidad física

Oy = Observación de la variable Y Sismo

4.3. Población y muestra

4.1.3. Población.

En este estudio, la población está conformada por las 200 viviendas del Barrio Las Lomas, en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo.

4.1.4. Muestra.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) afirman que cuando la población de estudio es limitada y accesible, el muestreo censal resulta el método más adecuado, ya que permite incluir a todos los elementos sin dejar ninguno fuera.

En este estudio, aplicar un muestreo censal a las 200 viviendas del Barrio Las Lomas asegura una representatividad total, minimizando el error muestral y proporcionando datos precisos para analizar la vulnerabilidad física de las construcciones. Este enfoque posibilita además la comparación detallada de variables críticas, reforzando la validez de los resultados obtenidos.

Otzen y Manterola (2017) destacan que el uso del muestreo censal es especialmente beneficioso en contextos donde no existen grandes restricciones logísticas o financieras, ya que facilita el acceso completo a toda la población de estudio. En el caso del Barrio Las Lomas, esta metodología permite recolectar información de cada vivienda, lo que resulta fundamental para realizar un análisis integral de la vulnerabilidad frente a sismos. De esta forma, se obtiene una base de datos exhaustiva que respalda la formulación de estrategias precisas y recomendaciones de mitigación adaptadas a las condiciones reales del entorno.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron varias técnicas e instrumentos para recolectar datos de manera sistemática y efectiva, adaptando cada método a las necesidades específicas del estudio y asegurando la precisión y fiabilidad de la información obtenida.

Tabla 7. Técnicas e instrumentos de recolección

Técnicas	Instrumentos
Observación directa	Guía para observación y cuestionario a la muestra
Cuestionarios	Guía para observación y cuestionario a la muestra
Entrevista a Expertos	Entrevista a expertos de la construcción.
Entrevista a Expertos	Entrevista a expertos en gestión de riesgo.
Observación indirecta	Google Earth, plano catastral

Fuente. Elaboración propia

Observación directa

Se utilizó la observación directa para inspeccionar visualmente las viviendas del Barrio Las Lomas. Esta técnica implicó visitas in situ para evaluar el estado físico de las construcciones, identificando materiales predominantes y sistemas constructivos utilizados. Mediante una guía de observación estructurada, se registraron detalles específicos sobre la calidad de los materiales, el tipo de construcción y el estado integral de las viviendas. Esta técnica permitió obtener datos precisos y contextuales directamente desde el entorno de estudio, proporcionando una comprensión detallada y tangible de las características físicas de las edificaciones.

Cuestionarios

Se aplicaron cuestionarios a los ocupantes de las edificaciones para recopilar la información necesaria sobre sus características y métodos de construcción. Los cuestionarios incluyeron preguntas detalladas sobre el año de construcción, los materiales utilizados, y el estado actual de las viviendas. Este instrumento permitió obtener una cantidad considerable de datos de manera eficiente, brindando una perspectiva integral desde el punto de vista de los residentes sobre las condiciones estructurales de sus hogares.

El cuestionario utilizado en la investigación fue sometido a un proceso de validación por juicio de expertos, indicando que todos los ítems planteados fueron considerados relevantes por los expertos. Este resultado respalda la adecuación del instrumento para la recolección de datos en el estudio, se encuentra en el Anexo B.

Entrevista a Expertos

Se llevó a cabo entrevistas con profesionales en construcción y gestión de riesgos. Estos especialistas, elegidos por su experiencia y conocimientos en la materia, ofrecieron información crucial sobre las prácticas constructivas y las vulnerabilidades particulares de las viviendas frente a eventos sísmicos. Las entrevistas se basaron en un cuestionario semiestructurado, lo que permitió obtener respuestas tanto cerradas, para un análisis cuantitativo,

como abiertas, para profundizar en aspectos cualitativos. Esta mezcla de enfoques aseguró una visión amplia y bien fundamentada sobre los aspectos técnicos y la gestión de riesgos en la obra para construir viviendas.

La validación de las entrevistas por expertos se encuentra en los Anexos C y D.

Observación indirecta

Además de la observación directa, se empleó la observación indirecta mediante la revisión de fuentes secundarias como Google Earth y los planos catastrales proporcionados por la Municipalidad Distrital de Chilca. Esta técnica permitió verificar y complementar los datos recogidos en el campo, proporcionando una visión más detallada del entorno construido y su distribución espacial. La observación indirecta facilitó la identificación de patrones y características que podrían no ser evidentes a simple vista, enriqueciendo el análisis con información adicional sobre la densidad de las edificaciones y su disposición geográfica.

4.5. Técnicas de análisis de datos

Para examinar la información recopilada y buscar correlaciones entre las características de las viviendas y su vulnerabilidad física, se emplearon diversas técnicas estadísticas y herramientas metodológicas.

A continuación, se detallan las estadísticas utilizadas y el orden de análisis de datos para cada variable considerada en esta investigación.

Análisis Estadístico.

- Análisis Descriptivo:
 - Variables Evaluadas: Edad de las edificaciones, calidad de los materiales, tipo de suelo, tipo de construcción, número de pisos.
 - Estadísticas Utilizadas: Media, mediana, moda, desviación estándar, frecuencias y porcentajes.
 - Propósito: Describir las características generales de las viviendas en el Barrio Las Lomas y entender la distribución de las variables estudiadas.

- Análisis de Correlación:
 - Variables Evaluadas: Relación entre la antigüedad de las edificaciones y la calidad de los materiales.
 - Estadísticas Utilizadas: Coeficiente de correlación de Pearson.
 - Propósito: Determinar si existe relación entre la antigüedad de las edificaciones y la calidad de los insumos constructivos empleados.

- Análisis de Regresión:
 - Variables Evaluadas: Influencia de las características estructurales (número de pisos, tipo de construcción, sistema constructivo) en la vulnerabilidad sísmica.
 - Estadísticas Utilizadas: Regresión lineal múltiple.
 - Propósito: Evaluar la magnitud y dirección del impacto de las características estructurales en la vulnerabilidad física ante sismos.

- Prueba de confiabilidad: La confiabilidad del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, una medida ampliamente utilizada para determinar la consistencia interna de un instrumento de evaluación. Este coeficiente se basa en el análisis de la varianza de los ítems, proporcionando una estimación de la correlación promedio entre ellos.

Se recopilaron las respuestas de los expertos en relación con los ítems del cuestionario, los cuales fueron evaluados en función de cuatro criterios: claridad, relevancia, coherencia y adecuación. Posteriormente, se calculó el Alfa de Cronbach considerando los puntajes otorgados en cada uno de estos aspectos.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left(\frac{\sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right)$$

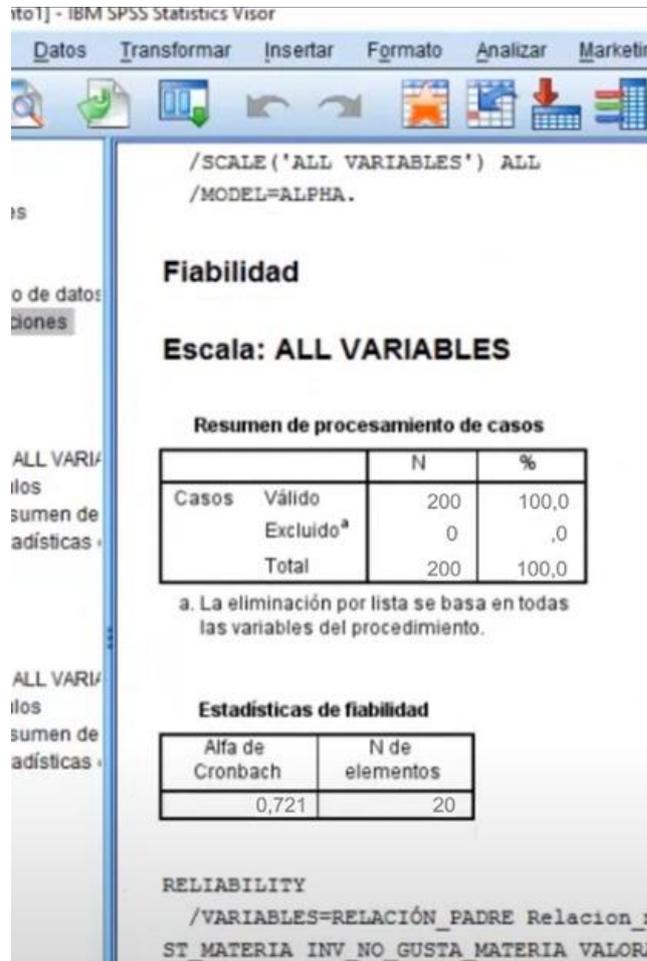
Donde:

K = número de ítems (en este caso, 200).

$\sigma_{Y_i}^2$ = varianza de cada ítem.

σ_X^2 = varianza del puntaje total (la suma de los ítems).

Figura 4. Resultado de prueba de Alfa de Cronbach



Fuente: Elaboración Propia

El resultado obtenido fue $\alpha = 0.72$, lo que indica un nivel de confiabilidad aceptable (George & Mallery, 2003). En términos metodológicos, un coeficiente superior a 0.7 sugiere que los ítems presentan una relación interna adecuada, garantizando que el instrumento mide de manera consistente el constructo evaluado.

Este resultado respalda la estabilidad y coherencia del cuestionario, permitiendo su aplicación en la investigación con un grado razonable de confianza en la fiabilidad de las respuestas obtenidas.

Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty

- Proceso de Análisis Jerárquico (AHP):
 - Variables Evaluadas: Factores que contribuyen a la vulnerabilidad sísmica, como la calidad de los materiales, tipo de construcción, y cumplimiento de normativas (sistema de construcción).
 - Estadísticas Utilizadas: Matriz de comparación por pares y cálculo de pesos relativos.
 - Propósito: Priorizar y ponderar los diferentes factores influyentes en la vulnerabilidad de las viviendas, facilitando la determinación de acciones en la gestión del riesgo.

- El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), creado por Thomas L. Saaty (1980), se trata de una metodología para la determinación de acciones que permite descomponer los problemas complejos en una estructura jerárquica de criterios y opciones. Este enfoque permite a los tomadores de decisiones evaluar y priorizar diferentes opciones de manera sistemática y cuantitativa. El AHP se basa en la comparación por pares de elementos en cada nivel de la jerarquía, utilizando una escala numérica para expresar la importancia relativa de un elemento sobre otro. Estas comparaciones se usan para construir matrices de comparación, que luego se analizan para obtener pesos o prioridades para cada elemento (Saaty, 1980).
Cada vivienda se evalúa en función de los criterios y subcriterios de la jerarquía, asignando valores numéricos. Se calcula un índice de vulnerabilidad para cada vivienda, lo que permite comparar y clasificar las viviendas según su nivel de vulnerabilidad física. Los resultados permiten identificar las viviendas más vulnerables y priorizar las intervenciones de refuerzo o mejora.

Análisis Geoespacial con SIG.

- Análisis Geoespacial con SIG:
 - Propósito: Modelar y visualizar la configuración geográfica de la vulnerabilidad física de las viviendas en el Barrio Las Lomas.

- Los datos recopilados se incorporan al SIG en formato digital, como capas de información georreferenciada. Las capas se superponen según los parámetros utilizados para identificar las áreas donde coinciden viviendas vulnerables con zonas expuestas. Se establecen categorías de vulnerabilidad (baja, media, alta, muy alta) en relación a los valores del índice calculado y se crean mapas temáticos que representan la distribución espacial de la vulnerabilidad física ante sismos.

Tabla 8. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Técnicas	Instrumentos
Decisión multicriterio	Matriz de <u>Saaty</u>
Análisis espacial	Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Fuente. Elaboración propia

Orden de Análisis de Datos.

Se llevó a cabo en el siguiente orden:

- Recopilación y limpieza de datos: Revisión de los datos obtenidos mediante censos, mapas catastrales y encuestas para asegurar su integridad y consistencia.
- Análisis descriptivo: Realización de estadísticas descriptivas para obtener perspectiva general de las características de las edificaciones o viviendas.
- Análisis de correlación: Evaluación de las relaciones entre variables clave para identificar patrones significativos.
- Análisis de regresión: Determinación de la influencia de múltiples variables estructurales en la vulnerabilidad sísmica.
- Aplicación del AHP: Priorizar y ponderar factores de vulnerabilidad utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico.
- Análisis geoespacial: Uso de Sistemas de Información Geográfica para modelar y visualizar lo vulnerable físicamente de las viviendas.

Capítulo V

Resultados y Discusión

5.1. Resultados y Análisis

5.1.1. Descripción de la zona de estudio.

A. Ubicación.

La investigación se desarrolló en el Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, departamento de Junín. En la figura 3 se puede observar la ubicación del Barrio Las Lomas, Distrito de Chilca – Huancayo y en esta se pueden apreciar las viviendas que fueron estudiadas y analizadas.

Figura 5. Ubicación del Barrio Las Lomas – Distrito de Chilca



Fuente: Elaboración Propia, Imagen obtenida de Google Maps.

El distrito de Chilca, establecido en 1957, forma parte de la provincia de Huancayo en el departamento de Junín, Perú. Su capital, también llamada Chilca, se sitúa a 3,275 msnm y abarca una superficie de 28.04 km². Con una población de 91,851 habitantes de acuerdo al censo de 2017, cuenta con una densidad poblacional de 11,066.39 hab/km². Chilca se localiza al sur del Valle del Mantaro, limitando con los distritos de Huancayo, Sapallanga y Huancán, así como con la provincia de Chupaca.

B. Dificultades de la investigación.

En el recorrido investigativo se presentaron los siguientes inconvenientes:

- Los propietarios de las viviendas son recelosos con cualquier información que se les solicite.
- Hay inexistencia de planos de muchas de las viviendas, indicándonos que la mayoría de ellas han sido desarrolladas mediante autoconstrucción.

5.1.2. Resultados del análisis de vulnerabilidad física de la vivienda

Seguidamente, se encuentra la hoja de evaluación que incluye las características clave para analizar el grado de vulnerabilidad física de la vivienda.

Se detallan los resultados a continuación:

A. Material con predominancia en la construcción.

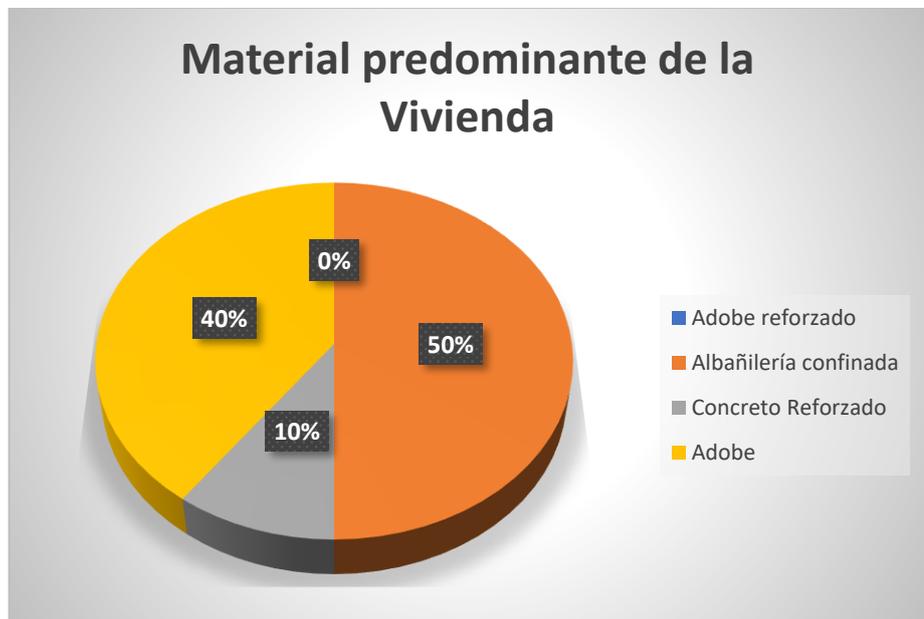
En la tabla 9, se presenta la cantidad de viviendas acorde al valor que se asigna por el material que predomina en las viviendas.

Tabla 9 Características de la vivienda de acuerdo al tipo de material que predomina.

Características de la Vivienda	Material predominante de la Vivienda				
	Adobe	Adobe reforzado	Albañilería confinada	Concreto Reforzado	Total
Número de viviendas	80	0	100	20	200
Porcentaje	40%	00%	50%	10%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6. Material que predomina en la vivienda



Fuente: Elaboración Propia.

En el Barrio Las Lomas; 100 viviendas (50%) fueron construidas de albañilería confinada, 80, es decir, el (40%) son de adobe y 20 (10%) son de concreto reforzado.

En las viviendas de albañilería confinada, que constituyen el 50% de la muestra, el sistema constructivo se destaca por su capacidad para disipar la energía sísmica mediante el confinamiento de sus muros, lo que aumenta tanto la ductilidad como la resistencia estructural. No obstante, cuando se ubican sobre suelos arcillosos y en contextos de lluvias intensas, la

saturación del terreno puede disminuir de manera considerable la capacidad portante y generar asentamientos diferenciales, afectando el desempeño del sistema de confinamiento. Estas condiciones requieren el diseño de cimentaciones que reduzcan la amplificación de las vibraciones y garanticen la estabilidad del suelo (CENEPRED, 2014; MVCS, 2016).

En el caso de las viviendas construidas con adobe, que representan el 40% de la muestra, se observa que este material tradicional no incorpora refuerzos suficientes para absorber la energía liberada durante un sismo. En contextos de suelos arcillosos, la capacidad del adobe para resistir cargas laterales se ve comprometida tanto por la amplificación de las ondas sísmicas como por la reducción en la capacidad portante del terreno, situación que se agrava durante periodos de lluvias intensas, ya que la saturación del suelo favorece la erosión. Estos factores combinados elevan el riesgo de fisuración y fallas estructurales en edificaciones de adobe (Santos, 2019; INGEMMET, 2020).

Por otra parte, las viviendas de concreto reforzado, que representan el 10% de la muestra, se benefician de la incorporación de armaduras de acero, lo que mejora su ductilidad y capacidad para absorber energía, resultando en un comportamiento más favorable frente a sismos. Sin embargo, cuando estas edificaciones se ubican sobre suelos arcillosos y están sometidas a lluvias intensas, se vuelve imprescindible adoptar soluciones de cimentación especializadas para contrarrestar la pérdida de capacidad portante y la amplificación de las fuerzas sísmicas. De no implementarse estas medidas, incluso las estructuras de concreto reforzado podrían experimentar deformaciones excesivas o asentamientos diferenciales que comprometan su integridad (MVCS, 2016; RNE, 2006).

- B. Construcción de las viviendas supervisada por especialistas.
 En la tabla 10, se puede ver el conjunto de viviendas acorde a la característica en relación con la supervisión de un profesional especialista en la construcción de la vivienda.

Tabla 10 Participación de un Profesional especialista

Características de la Vivienda	Conto con la supervisión de un profesional especialista.				
	No conto con un profesional en el diseño y/o construcción	Conto con un experto en la construcción	Conto con un profesional en el diseño	Conto con un profesional en el diseño y construcción	Total
Número de viviendas	140	0	25	35	200
Porcentaje	70%	0%	12.5%	17.5%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Participación de profesional especialista



Fuente: Elaboración Propia

En el Barrio Las Lomas; 120 viviendas (60%) no contó con un profesional experto en el diseño y construcción, 25 viviendas (12.5%) contó con un profesional solo en el diseño y 35 viviendas (17.5%) contaron con un experto profesional en diseño y/o construcción.

En el caso de las viviendas sin supervisión técnica, que constituyen el 60% de la muestra (120 viviendas), la ausencia de un profesional especializado en diseño y construcción se asocia con prácticas de autoconstrucción sin control adecuado. Esta carencia favorece el empleo de materiales y técnicas de construcción de menor calidad, lo que incrementa la vulnerabilidad de la estructura ante eventos sísmicos. Santos (2019) señala que la falta de supervisión técnica es un factor crítico que aumenta la probabilidad de fallas estructurales durante un sismo, ya que se omiten los controles necesarios para asegurar el cumplimiento de las normativas de diseño sismo-resistente.

En contraste, el 12.5% de las viviendas (25 viviendas) contó únicamente con la intervención de un profesional en la fase de diseño. Aunque un diseño adecuado es fundamental para prever las cargas sísmicas, la ausencia de supervisión técnica durante la ejecución puede conducir a desviaciones respecto al plan original y a la aplicación ineficiente de las estrategias de resistencia. Cano (2019) destaca que la supervisión continua es esencial para transformar un buen diseño en una construcción segura, pues sin verificación en obra existe el riesgo de que los materiales y técnicas utilizados no alcancen los estándares requeridos.

Por último, el 17.5% de las viviendas (35 viviendas) se benefició de la intervención integral de un profesional experto en diseño y construcción. La supervisión técnica constante garantiza que la ejecución se ajuste fielmente a los planos y a las normativas sismo-resistentes, optimizando la calidad constructiva y reduciendo significativamente la vulnerabilidad frente a sismos. Según INGEMMET (2020), la participación de expertos en todas las fases del proceso constructivo mejora notablemente la capacidad de las edificaciones para absorber y disipar la energía

sísmica, lo que disminuye el riesgo de colapso y daños estructurales durante eventos de gran magnitud.

C. Antigüedad de construcción de la vivienda.

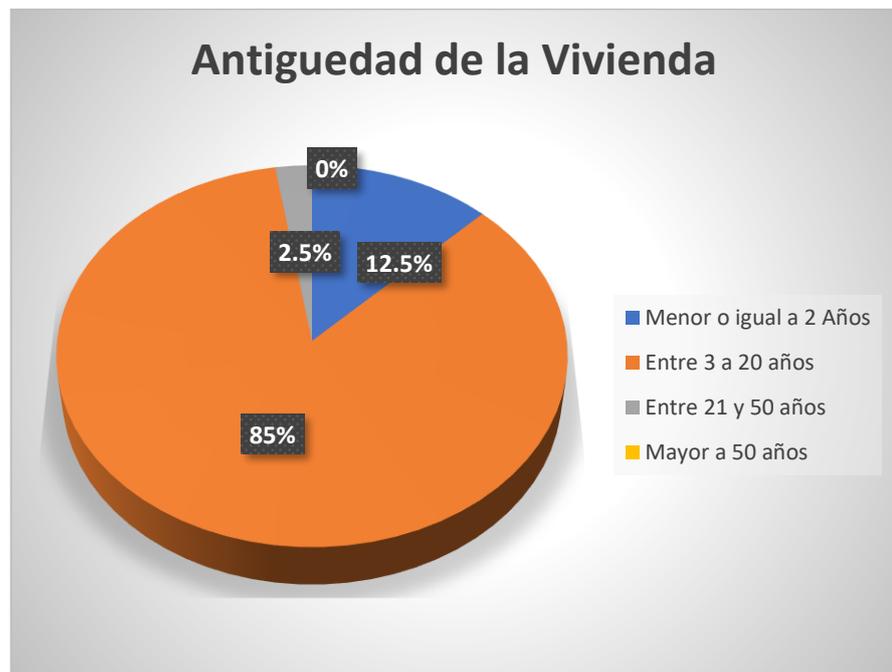
La tabla 11, muestra la cantidad de viviendas sobre la antigüedad de la vivienda.

Tabla 11 Antigüedad construcción de la vivienda

Características de la Vivienda	Antigüedad de la vivienda.				Total
	Mayor a 50 años	Entre 21 y 50 años	Entre 3 a 20 años	Menor o igual a 2 Años	
Número de viviendas	0	5	170	25	200
Porcentaje	0%	2.5%	85%	12.5%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8. Antigüedad de construcción de la vivienda



Fuente: Elaboración Propia

La figura 8, muestra que en el Barrio las Lomas la antigüedad de las viviendas se encuentra: 170 viviendas (85%) se construyeron de 3 a 20 años de antigüedad (son de adobe en la mayor parte), 5 viviendas (2.5%) fueron construidas de 21 a 50 años (que son de adobe) y 25 viviendas (12.5%) se construyeron hace 2 años (todas de albañilería).

D. Tipo de suelo de la vivienda.

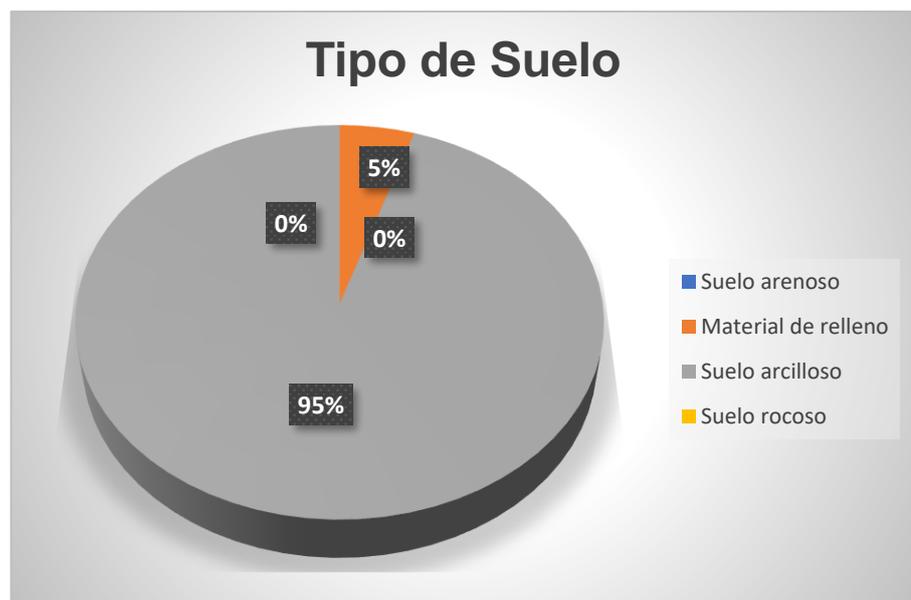
La tabla 12, se puede ver la cantidad de viviendas de acuerdo al tipo de suelo y sus características para la edificación.

Tabla 12 Tipo de suelo

Características de la Vivienda	Tipo de Suelo				Total
	Suelo arenoso	Material de relleno	Suelo arcilloso	Suelo rocoso	
Número de viviendas	0	10	190	0	200
Porcentaje	0%	5%	95%	0%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Tipo de suelo



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 9, se puede observar el resultado de: 190 viviendas (95%) construyeron en suelo de tipo arcilloso y 10 viviendas (5%) se construyeron en un suelo de material de relleno.

CENEPRED (2014) establece que el comportamiento de los suelos durante los eventos sísmicos está determinado por sus propiedades físicas y mecánicas. En particular, los suelos arcillosos, caracterizados por su alta compresibilidad y baja capacidad portante, tienden a amplificar las ondas sísmicas, lo que puede provocar asentamientos diferenciales y aumentar el riesgo de daño en las estructuras. Además, durante períodos de lluvia intensa, la saturación de estos suelos reduce drásticamente su capacidad portante, lo que puede conducir a asentamientos diferenciales e incluso a la licuefacción en casos extremos.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2016) enfatiza que las normativas de construcción sismo-resistentes deben considerar las propiedades geotécnicas del terreno. Según MVCS (2016), los suelos blandos, como los arcillosos, requieren diseños de cimentación especiales para mitigar la amplificación de las fuerzas sísmicas, lo cual es esencial para evaluar la vulnerabilidad física de las edificaciones. Asimismo, se advierte que la exposición prolongada a lluvias intensas puede desencadenar procesos de erosión y pérdida de estabilidad en estos suelos, afectando negativamente la seguridad estructural de las construcciones.

INGEMMET (2020) ha documentado que la presencia predominante de suelos arcillosos en determinadas zonas incrementa significativamente la vulnerabilidad estructural durante sismos de gran magnitud. Su análisis evidencia que estos suelos retienen y prolongan las vibraciones, lo que agrava el efecto destructivo de las ondas sísmicas y eleva el riesgo de colapso en las edificaciones expuestas. Además, en la región de Junín, la combinación de intensas precipitaciones y suelos

arcillosos aumenta aún más el riesgo de daños estructurales, ya que la saturación del terreno intensifica la respuesta sísmica y compromete la integridad de las construcciones.

E. Topografía del terreno de la vivienda.

La tabla 13, presenta la cantidad de viviendas acorde a la topografía del terreno de las mismas.

Tabla 13 Topografía del terreno

Características de la Vivienda	Topografía del terreno de la vivienda				
	Pendiente mayor a 45%	Pendiente hasta 10%	Pendiente entre 10% a 20%	Pendiente entre 20% a 45%	Total
Número de viviendas	0%	0%	0%	200	200
Porcentaje	0%	0%	0%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Topografía del terreno de la vivienda



Fuente: Elaboración Propia

La figura 10, demuestra que 200 viviendas, es decir, el 100% presentan una pendiente entre 20% a 45%.

Las 200 viviendas incluidas en este estudio se encuentran en terrenos con inclinaciones que oscilan entre el 20% y el 45%. Estas pendientes acentuadas intensifican la acción de las fuerzas sísmicas, facilitando la aparición de asentamientos diferenciales y deslizamientos (CENEPRED, 2014; MVCS, 2016). Además, en condiciones de lluvias intensas, las áreas inclinadas son especialmente vulnerables a la escorrentía y a la saturación del suelo, lo que incrementa el riesgo de deslizamientos y erosión, afectando la estabilidad de las estructuras (CENEPRED, 2014). El Reglamento Nacional de Edificaciones también destaca la necesidad de emplear soluciones específicas de cimentación y sistemas de drenaje en zonas con altas pendientes para contrarrestar los efectos combinados de la sismicidad y las precipitaciones intensas, garantizando así la integridad estructural de las construcciones (MVCS, 2016).

F. Topografía del terreno que colinda con la vivienda.

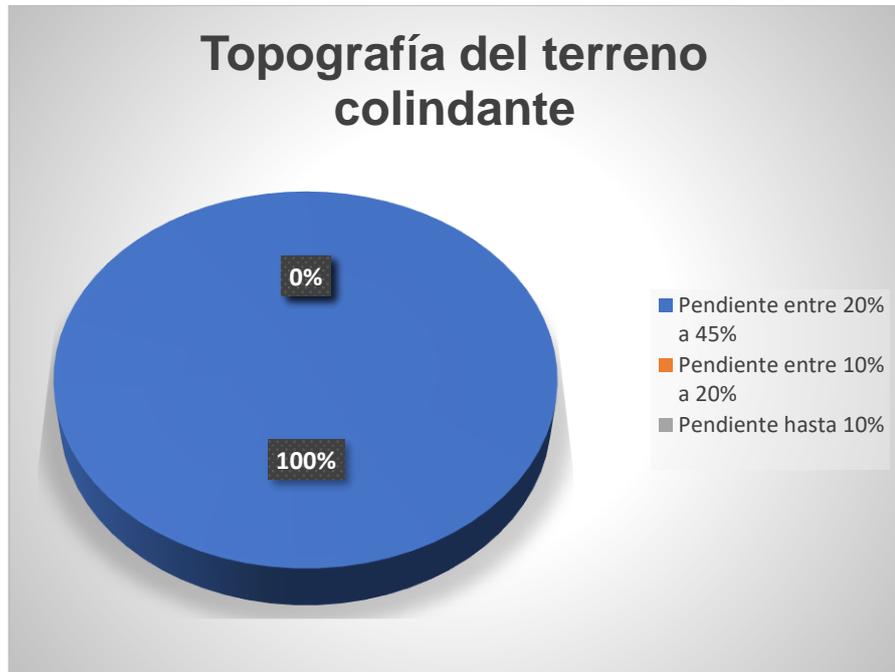
En la siguiente tabla N° 14, se encuentra representada el número de viviendas acorde a la topografía del terreno o cercano a la casa analizada.

Tabla 14 Topografía del terreno colindante

Características de la Vivienda	Topología del terreno colindante.				
	Pendiente mayor a 45%	Pendiente hasta 10%	Pendiente entre 10% a 20%	Pendiente entre 20% a 45%	Total
Número de viviendas	0	0	0	200	200
Porcentaje	0	0	0	100	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1. Topografía del terreno colindante



Fuente: Elaboración Propia

La figura 11, demuestra que, 200 viviendas, o sea, el 100% colindan con una topografía con pendiente entre 20% a 45%.

G. Configuración geométrica en planta.

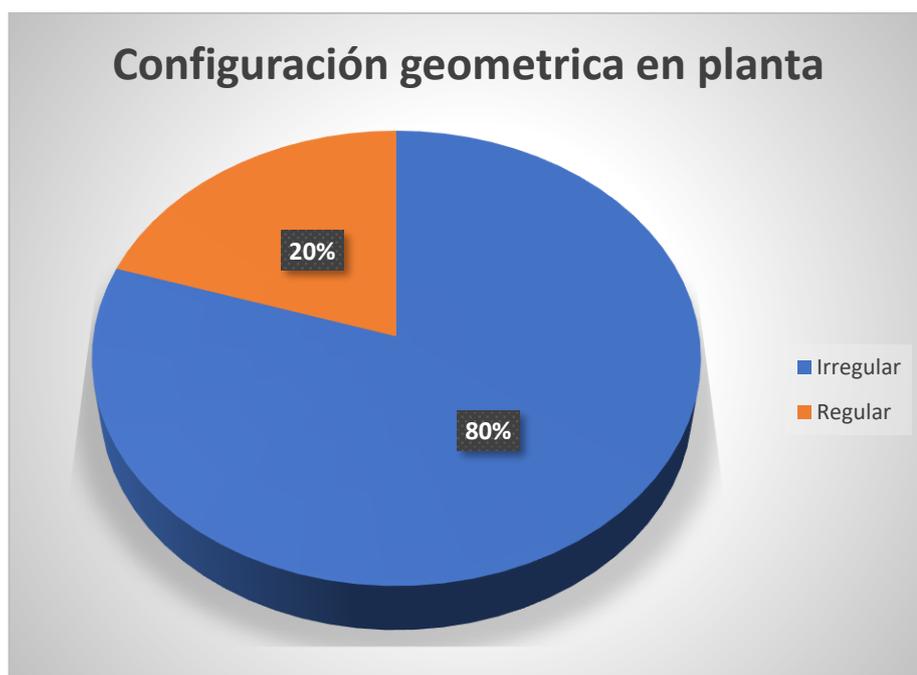
En la tabla 15, se presenta la cantidad de viviendas en relación a la proporción geométrica en planta de la vivienda.

Tabla 15 Configuración geométrica en planta

Características de la Vivienda	Configuración geométrica de la vivienda		
	Irregular	Regular	Total
Número de viviendas	40	160	200
Porcentaje	20%	80%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Configuración geométrica en planta



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 12, se observa que, 160 viviendas, un 80% presentan una regular configuración geométrica y 40 de las viviendas un 20% presenta una irregular configuración geométrica.

H. Configuración geométrica en elevación.

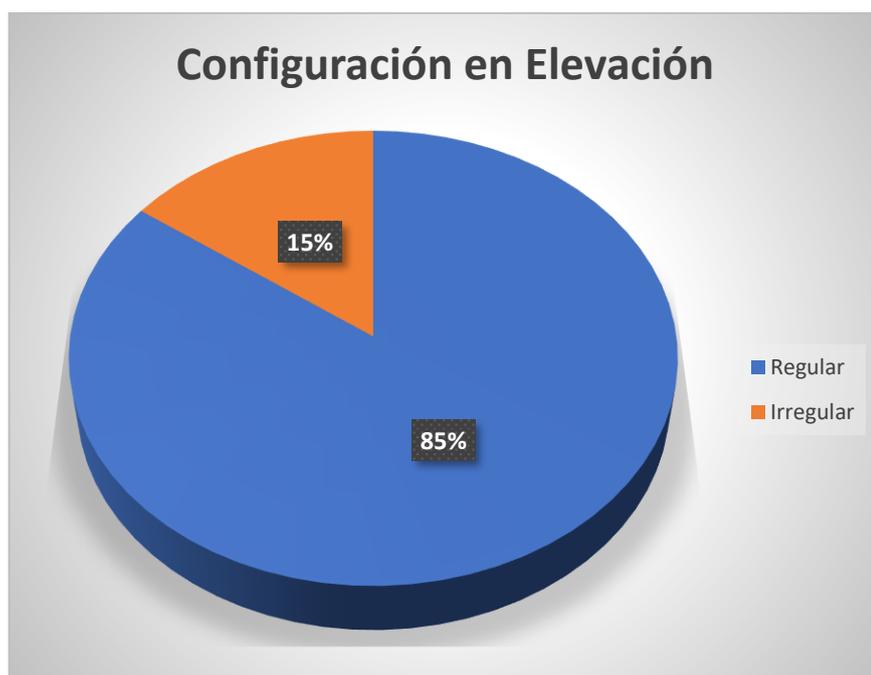
La tabla 16, representa la cantidad de viviendas con respecto a la configuración geométrica en elevación de la vivienda.

Tabla 16 Configuración en elevación

Características de la Vivienda	Configuración geométrica en Elevación		
	Irregular	Regular	Total
Número de viviendas	30	170	200
Porcentaje	15%	85%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13. Configuración en elevación



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 13, se demuestra que, 170 viviendas, un 85% poseen una elevación regular en su configuración geométrica y 15 de las otras viviendas (15%) poseen una configuración geométrica en elevación irregular.

I. Juntas de dilatación

Respecto a la tabla N° 17, se encuentra la representación de la cantidad de viviendas en cuanto a las que tienen de juntas de dilatación sísmica en las mismas.

Tabla 17 Juntas de dilatación

Características de la Vivienda	Juntas de Dilatación sísmica		
	No cuentan con juntas de dilatación	Cuentan con juntas de dilatación	Total
Número de viviendas	180	20	200
Porcentaje	90%	10%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14. Juntas de dilatación



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 14, se muestra que, 180 viviendas (90%) no cuentan con juntas de dilatación sísmica que se encuentren acordes a la estructura, y solo en 20 viviendas (10%) son las que cuentan con juntas de dilatación sísmica.

J. Existencia de concentración de masas

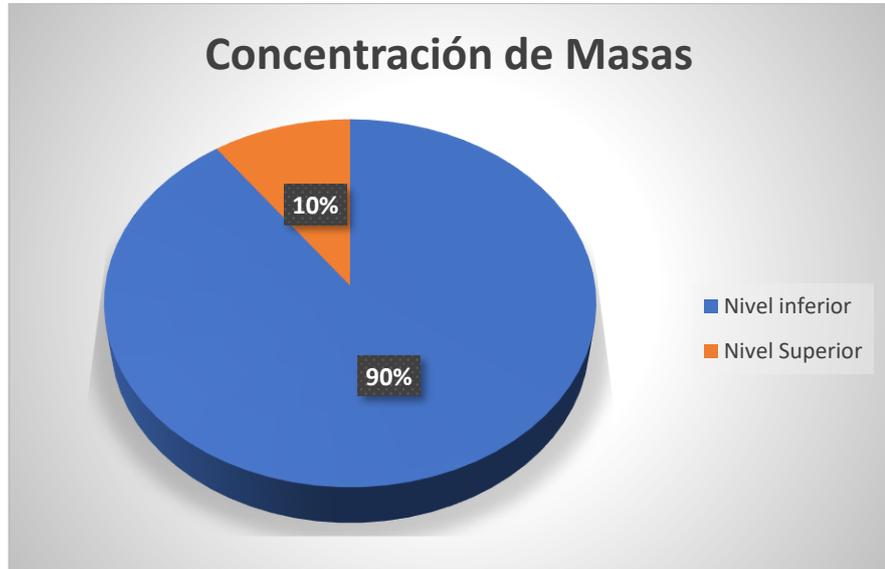
En cuanto a la tabla 18, es importante destacar que en ella se encuentra la representación de la cantidad de viviendas en relación a la presencia de acumulación de masas en niveles inferiores o superiores.

Tabla 18 Concentración de masas.

Características de la Vivienda	Existe concentración de masas en niveles.		
	Nivel Superior	Nivel Inferior	Total
Número de viviendas	20	180	200
Porcentaje	10%	90%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Concentración de masas



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 15, se puede observar que, 180 viviendas (90%) presentan una concentración de masas en los niveles inferiores, y en 20 viviendas (10%) se presenta una concentración de masas en los niveles superiores principalmente en las azoteas.

K. Condición de los elementos estructurales

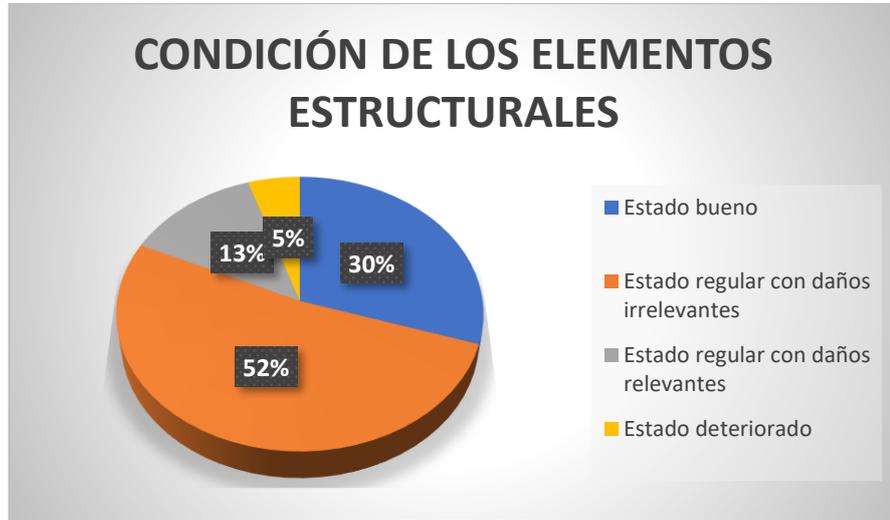
La tabla 19, presenta la cantidad de viviendas respecto al estado de conservación en las que se encuentran los principales elementos estructurales como: columnas, muros portantes, cimiento, vigas y techos.

Tabla 19 Condición de principales elementos estructurales

Características de la Vivienda	Principales elementos estructurales				Total
	Estado deteriorado	Estado regular con daños relevantes	Estado regular con daños irrelevantes	Estado bueno	
Número de viviendas	10	26	104	60	200
Porcentaje	5 %	13%	52 %	30 %	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16. Condición de principales elementos estructurales



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 16, se puede apreciar que, 104 viviendas (52%) se encuentran en estado regular con daños irrelevantes, en 60 viviendas (30%) se tienen los elementos de la estructura en buen estado, 26 viviendas (13%) se observan en estado regular con daños relevantes y 10 viviendas (5%) se encuentran en estado deteriorado.

- L. Otras características que influyen en la vulnerabilidad sísmica
- La Tabla N°20, presenta la cantidad de viviendas con respecto a otros factores que pueden influir en el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas, tales como: sobrecargas, cargas laterales, debilitamiento por modificaciones.

Tabla 20 Otros factores que pueden influir en la vulnerabilidad

Características de la Vivienda	Otros factores		
	Existen factores	No existen factores	Total
Número de viviendas	110	90	200
Porcentaje	55%	45%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17. Otros factores



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 17, se puede observar que, en 110 casas (55%) hay factores como: sobrecargas, cargas laterales, debilitamiento por modificaciones, que pueden tener influencia en la vulnerabilidad sísmica y en 90 casas, es decir, el 45% no presentan factor que pueda influir en la vulnerabilidad ante un sismo.

M. Pruebas aplicadas

PRUEBA DE NORMALIDAD

Se realizó la prueba de normalidad en esta investigación con el objetivo de determinar si los datos asociados a las variables de interés se distribuyen de forma normal. Este paso es esencial para definir la estrategia estadística a emplear en el análisis, ya que la mayoría de las pruebas paramétricas, como la correlación de Pearson, requieren que los datos sigan una distribución normal. En caso de que los datos no cumplan este supuesto, se opta por métodos no paramétricos, como la prueba del Rho de Spearman, que no dependen de la normalidad.

Tabla 21 Resultados prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
H0	.131	200	<.001	.916	200	<.001
H1	.249	200	<.001	.784	200	<.001

a. .

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla de “Pruebas de normalidad” (Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk) se observa lo siguiente:

Para Hipótesis que asume distribución normal (H0)

- Kolmogórov-Smirnov: estadístico = 0.131, $p < 0.001$
- Shapiro-Wilk: estadístico = 0.916, $p < 0.001$

Para Hipótesis que asume no distribución normal (H1)

- Kolmogórov-Smirnov: estadístico = 0.249, $p < 0.001$
- Shapiro-Wilk: estadístico = 0.784, $p < 0.001$

Para evaluar la normalidad se aplicaron dos pruebas estadísticas: Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk. En ambas pruebas se obtuvieron valores de p inferiores a 0.05 (en nuestros casos, $p < 0.001$), lo que indica que se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Es decir, los datos analizados no siguen una distribución normal.

Debido a estos resultados, y considerando la naturaleza ordinal de algunas de las variables en estudio, se optó por la prueba del Rho de Spearman para evaluar la relación entre ellas. Esto asegura que el análisis de correlación se realice con una metodología estadística adecuada a la distribución de los datos, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en la evaluación de la influencia de los materiales predominantes y la supervisión técnica sobre la vulnerabilidad

física de las viviendas del Barrio Las Lomas ante un sismo de gran magnitud.

PRUEBA DE RHO DE SPEARMAN

Se realizó la prueba de Rho de Spearman en esta investigación debido a la necesidad de evaluar la relación entre variables de tipo ordinal, como el material predominante en la construcción y la supervisión técnica (sistema constructivo), para determinar su influencia en la vulnerabilidad física de las viviendas del Barrio Las Lomas ante un sismo de gran magnitud.

Para llevar a cabo el cálculo del coeficiente de Rho de Spearman, se procedió a asignar valores del 1 al 4 a los materiales predominantes en la construcción, ordenándolos según su resistencia estructural; para la supervisión técnica, se establecieron categorías del 1 al 4, de menor a mayor intervención profesional.

Se aplicó la fórmula de Spearman que mide la dependencia entre ambas variables mediante la diferencia en los rangos de cada observación.

Tabla 22 Resultados prueba de Rho de Spearman

Correlaciones				
			Material Predominante	Sistema Constructivo
Rho de Spearman	Material Predominante	Coefficiente de correlación	1.000	.651
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	200	200
	Sistema Constructivo	Coefficiente de correlación	.651	1.000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	200	200

Fuente: Elaboración Propia

El coeficiente de Rho de Spearman obtenido es 0.65, lo que indica una correlación positiva moderada-alta entre el material predominante y la supervisión técnica. El valor de p es 1.58×10^{-25} (menor que 0.001), lo que significa que la relación

observada es estadísticamente significativa. En otras palabras, la probabilidad de que esta correlación haya ocurrido por azar es extremadamente baja.

Entonces, la interpretación correcta es:

$\rho=0.65 \rightarrow$ Indica que hay una relación positiva entre el tipo de material y la supervisión técnica.

$p < 0.001 \rightarrow$ Indica que la relación es estadísticamente significativa, es decir, no se debe al azar.

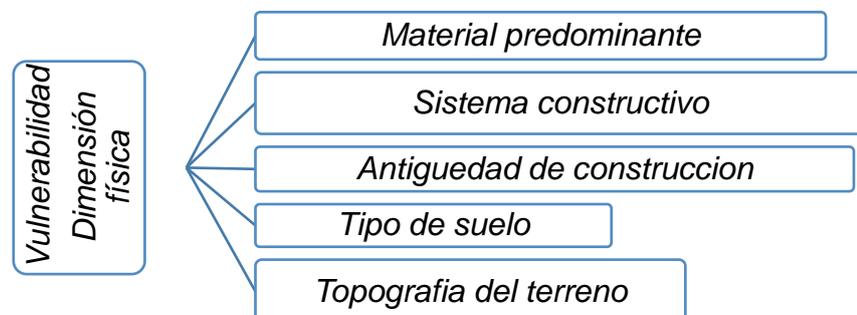
El resultado confirma que a medida que el material de construcción mejora en resistencia, también aumenta la probabilidad de haber contado con supervisión profesional.

La realización de esta prueba demuestra empíricamente que las viviendas construidas sin asesoramiento profesional presentan una mayor tendencia a utilizar materiales de baja resistencia estructural.

N. Análisis de la vulnerabilidad

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty es un método multicriterio que facilita la toma de decisiones complejas al descomponer un problema en una jerarquía de criterios y subcriterios.

Figura 18. Flujograma para Análisis de la Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración Propia

En este caso, la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del Barrio Las Lomas se evaluó considerando los siguientes factores: Material predominante de la vivienda (criterio clave en la fragilidad estructural), sistema constructivo (si fue supervisado o no por un especialista), antigüedad de la vivienda (mayor edad implica mayor deterioro y menor resistencia estructural), tipo de suelo (los suelos arcillosos y de relleno tienden a amplificar las ondas sísmicas, aumentando el riesgo de colapso), topografía del terreno (pendientes elevadas generan mayor inestabilidad en las estructuras), configuración geométrica (irregularidades en planta o elevación pueden concentrar esfuerzos estructurales y aumentar la vulnerabilidad), juntas de dilatación (su ausencia puede generar daños estructurales graves), condición de los elementos estructurales (deterioro o daños previos afectan la resistencia sísmica).

Se realizó una comparación de pares entre los criterios utilizando la escala de Saaty (de 1 a 9), donde se asigna mayor peso a los factores con mayor influencia en la vulnerabilidad sísmica. Mediante la matriz de comparación de AHP, se obtuvo el peso relativo de cada criterio, evidenciando que los factores con mayor impacto fueron: Material predominante y el sistema de constructivo.

Tabla 23 Matriz de normalización de la vulnerabilidad en su dimensión física.

VULNERABILIDAD - DIMENSIÓN FÍSICA												VALOR DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA
MATERIAL PREDOMINANTE DE LA VIVIENDA		SISTEMA CONSTRUCTIVO		Antigüedad construcción de la vivienda		Tipo de suelo		Topografía del terreno		Valor Fragilidad Física	Peso Fragilidad Física	
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			
0.06966	0.41598	0.03581	0.44631	0.29918	0.41598	0.15336	0.44631	0.44199	0.44631	0.43513	1.00000	0.43513
0.06966	0.21456	0.03581	0.21068	0.29918	0.21456	0.15336	0.21068	0.44199	0.21068	0.21211	1.00000	0.21211
0.06966	0.11274	0.03581	0.09750	0.29918	0.11274	0.15336	0.09750	0.44199	0.09750	0.10312	1.00000	0.10312
0.06966	0.05672	0.03581	0.04551	0.29918	0.05672	0.15336	0.04551	0.44199	0.04551	0.04965	1.00000	0.04965
0.06966	0.00000	0.03581	0.00000	0.29918	0.00000	0.15336	0.00000	0.44199	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000

Niveles de Vulnerabilidad			
0.21	≤ V ≤	0.44	Muy alto
0.10	≤ V ≤	0.21	Alto
0.05	≤ V ≤	0.10	Medio
0.00	≤ V ≤	0.05	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 21, se presenta la matriz de vulnerabilidad física realizada mediante la prueba de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty, obteniendo los valores respectivos para la evaluación de los niveles de vulnerabilidad en su dimensión física.

La aplicación del método AHP permitió identificar que la totalidad de las viviendas en el Barrio Las Lomas presentan condiciones estructurales, geotécnicas y constructivas desfavorables, lo que confirma la hipótesis de que existe una muy alta vulnerabilidad física ante un sismo de gran magnitud.

La tabla 22, representa un resumen del número de viviendas con el nivel de vulnerabilidad física de las 200 edificaciones observadas y analizadas.

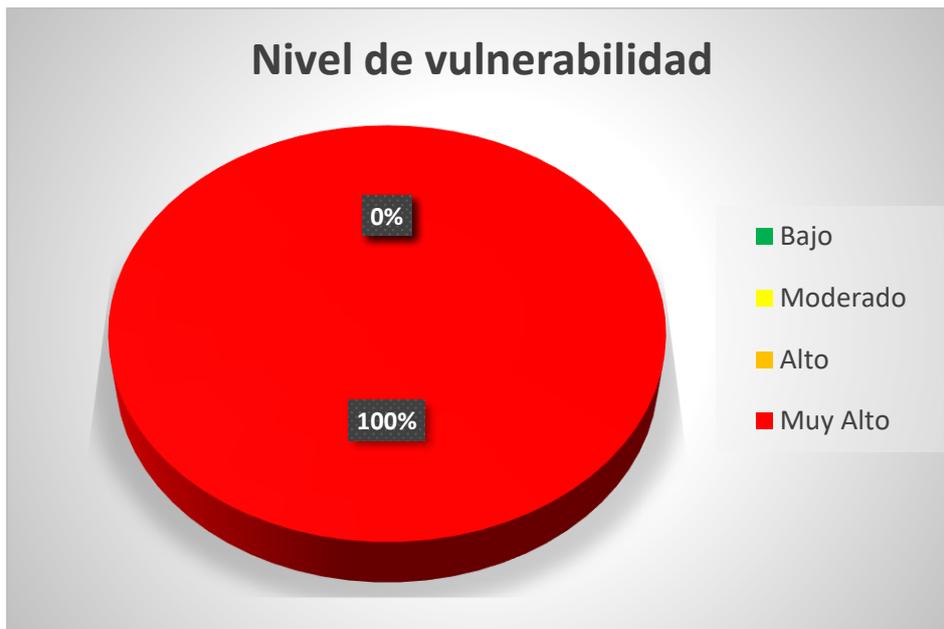
Tabla 24 Resumen del nivel de vulnerabilidad física ante un sismo de gran magnitud.

RESUMEN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD SISMICA					
	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	Total
Número de viviendas	0	0	0	200	200
Porcentaje	0%	0%	0%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 18, se muestra un resumen del porcentaje de viviendas con su nivel de vulnerabilidad física.

Figura 19. Resumen del porcentaje de viviendas con el nivel de vulnerabilidad sísmica.



Fuente: Elaboración Propia

La tabla 23, representa la estratificación de la vulnerabilidad obtenida, según sus valores y la descripción de sus condicionantes.

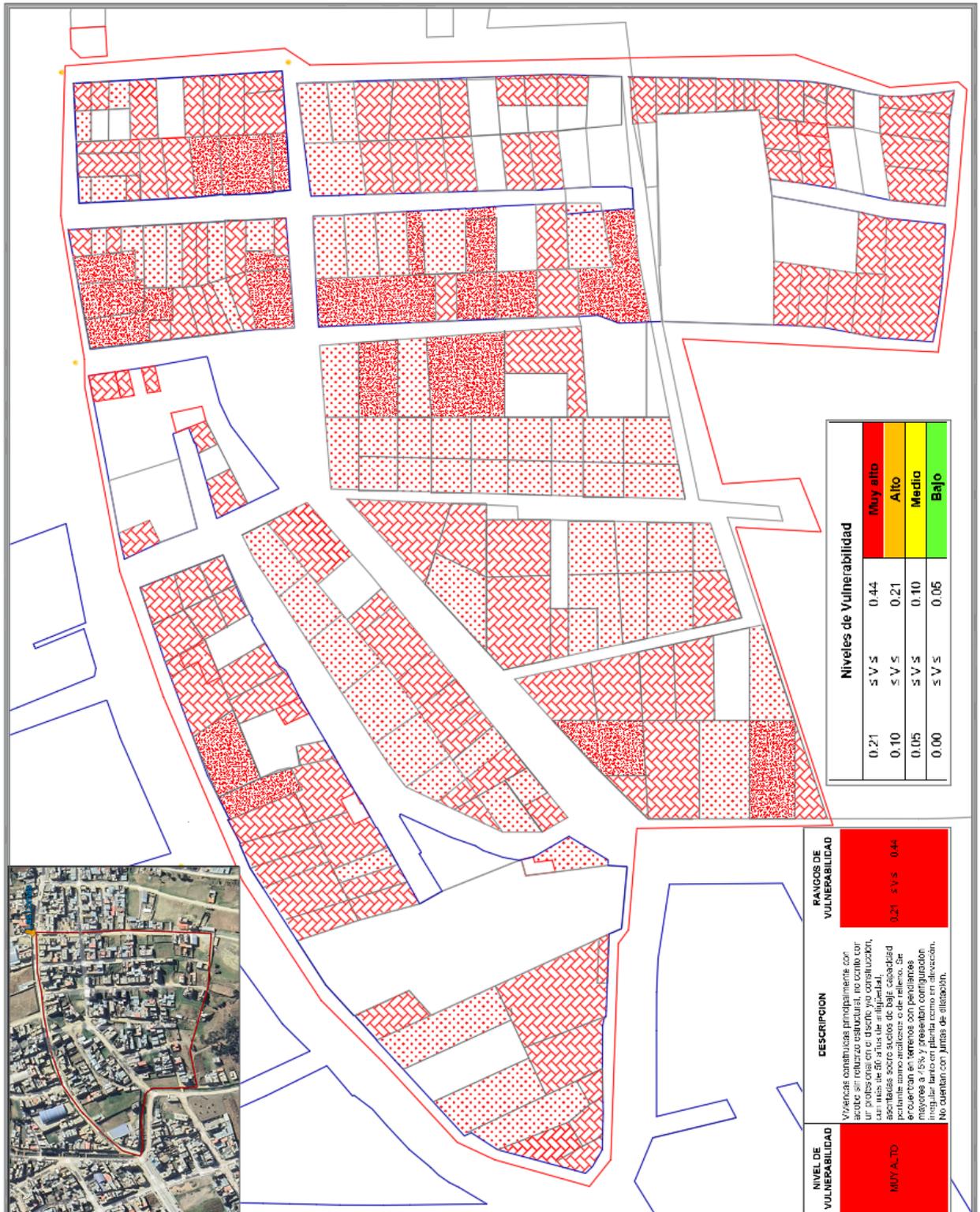
Tabla 25 Estratificación de la vulnerabilidad física.

NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION	RANGOS DE VULNERABILIDAD
MUY ALTO	Viviendas construidas principalmente con adobe sin refuerzo estructural, no conto con un profesional en el diseño y/o construcción, con más de 50 años de antigüedad, asentadas sobre suelos de baja capacidad portante como arcillosos o de relleno. Se encuentran en terrenos con pendientes mayores a 45% y presentan configuración irregular tanto en planta como en elevación. No cuentan con juntas de dilatación.	0.21 ≤ V ≤ 0.44
ALTO	Viviendas construidas con adobe reforzado, conto con un profesional en el diseño, con una antigüedad entre 20 y 49 años. Están asentadas sobre suelos predominantemente arcillosos y en terrenos con pendientes entre 20% y 45%. Presentan irregularidad en planta o en elevación, tienen ausencia de juntas de dilatación.	0.10 ≤ V ≤ 0.21
MEDIO	Viviendas construidas con albañilería confinada en su mayoría, conto con un profesional en la construcción, con una antigüedad entre 3 y 19 años. Se ubican sobre suelos arcillosos o de mejor calidad, con pendientes entre 10% y 20%. La configuración geométrica es mayormente regular en planta y elevación, presentan juntas de dilatación en algunos casos.	0.05 ≤ V ≤ 0.10
BAJO	Viviendas construidas con concreto armado, conto con un profesional en el diseño y construcción, con una antigüedad menor a 2 años. Se ubican sobre suelos de buena capacidad portante y en terrenos con pendiente menor al 10%. La configuración geométrica es regular tanto en planta como en elevación, cuentan con juntas de dilatación.	0.00 ≤ V ≤ 0.05

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 19, se demuestra que, de las 200 edificaciones analizadas y observadas, 200 viviendas tienen vulnerabilidad muy alta ante un sismo de gran magnitud.

Figura 20. Plano de vulnerabilidad de viviendas

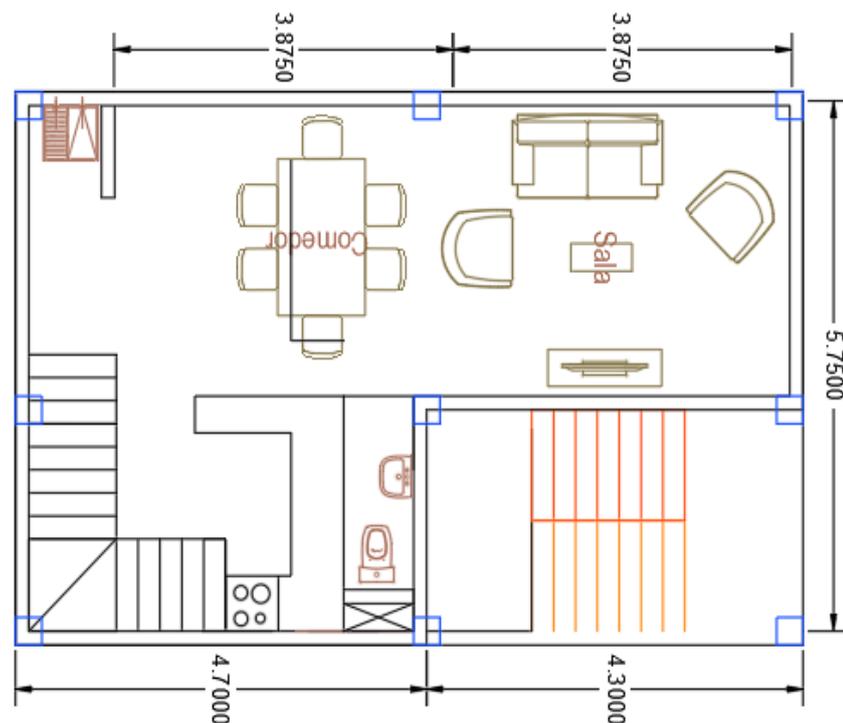


Fuente: Elaboración Propia

O. Resultados del análisis estático de una vivienda de albañilería bajo la Norma E.030.

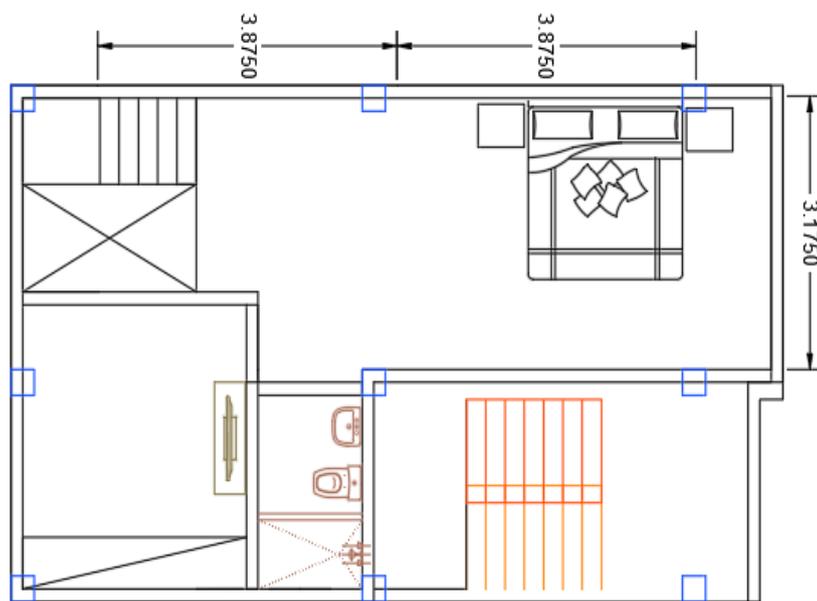
En el presente estudio se obtuvo los "Resultados del análisis estático de una vivienda de albañilería bajo la Norma E.030" correspondiente al análisis sísmico de una vivienda de tres pisos de albañilería. En este análisis se determinó que las dimensiones de las columnas y vigas son de 25 x 30 cm. Para realizar el estudio, se calcularon diferentes parámetros basados en la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030.

Figura 21. Plano de la Vivienda de albañilería – primer piso.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22. Plano de planta de vivienda de albañilería 2° y 3° piso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23. Fotos de elevación de vivienda de albañilería



Fuente: Elaboración Propia

La vivienda analizada es de tres pisos, y las cotas de las columnas y vigas es de 25 x 30 centímetros. Para realizar los cálculos de peso, se usaron las siguientes características:

- Categoría del suelo tipo C (1000 kgf/cm²)
- Alturas del primer piso de 3.00 metros
- Alturas del segundo y tercer piso de 2.50 metros
- Alturas de la azotea de 1.00 metros
- Resistencia del concreto 210 kgf/cm²
- Peso de piso terminado 0.10 tonf/m²
- Peso del concreto 2.40 tonf/m²
- Peso de parapeto 0.06 ton/m²
- Sobrecarga 0.2 tonf/m²

Se obtuvo un peso total de la vivienda de 238.60 toneladas, sumando la carga muerta y la carga viva para cada piso.

Se calcularon las cortantes basales, que corresponden a las fuerzas sísmicas distribuidas en los pisos. En la dirección X, la cortante basal total fue de 33.35 toneladas. En la dirección Y, la cortante fue de 44.46 toneladas.

Se realizó el análisis por piso, este análisis evalúa cuán rígidos o flexibles son los pisos de la estructura frente a movimientos sísmicos. Los resultados mostraron diferencias en las rigideces de los distintos niveles en ambas direcciones:

- Dirección X: Rigidez del primer piso tiene un valor de 39.87 tonf/cm, el segundo y tercer piso tienen el valor de 52.11 tonf/cm.
- Dirección Y: Rigidez del primer piso = 18,357 ton/cm, segundo piso = 7,675 ton/cm, tercer piso = 3,841 ton/cm.

Las derivas miden cuánto se desplazan lateralmente los pisos uno respecto al otro durante un sismo. En la dirección X, los

valores de las derivas por piso excedieron el límite según la norma E.030, que es de 0.007. Esto significa que la vivienda presenta vulnerabilidad sísmica en esa dirección, lo que podría resultar en daños significativos durante un sismo.

En cambio, en la dirección Y, las derivas sí cumplieron con los límites normativos, indicando que la estructura es más resistente en esa dirección.

Tabla 26

Resultado de Las Derivas Por Piso En X.

NIVEL	RIGIDEZ TOTAL	CORTANTE POR NIVEL	DEF. POR PISO (m) ($\delta=V/K$)	DEF. TOTAL	DESPL. LATERAL ($0.75 \times R \times \delta$)	ALTURA	DERIVAS POR NIVEL	CONDICIÓN -DERIVAS
1°	39.87	33.3456	0.0084	0.0084	0.0400	3.04	0.0132	NO CUMPLE
2°	52.11	27.5672	0.0053	0.0137	0.0286	2.50	0.0114	NO CUMPLE
3°	52.11	17.1170	0.0033	0.0169	0.0177	2.50	0.0071	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27

Resultado De Las Derivas Por Piso En Y

NIVEL	RIGIDEZ TOTAL	CORTANTE POR NIVEL	DEF. POR PISO (m) ($\delta=V/K$)	DEF. TOTAL	DESPL. LATERAL ($0.75 \times R \times \delta$)	ALTURA	DERIVAS POR NIVEL	CONDICIÓN DERIVAS
1°	18357.03	44.461	0.000024	0.00002	0.0001	3.04	0.000043	CUMPLE
2°	7675.04	36.756	0.000048	0.00007	0.0003	2.50	0.000103	CUMPLE
3°	3841.15	22.823	0.000059	0.00013	0.0003	2.50	0.000128	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

El análisis revela que la vivienda no cumple con los límites de distorsión entre pisos en la dirección X, lo que sugiere vulnerabilidad sísmica y potenciales daños ante un sismo en esa orientación. La dirección Y mostró un mejor comportamiento estructural, cumpliendo con las normas establecidas.

P. Resultados del análisis sísmico de una vivienda de adobe, bajo la Norma E.080.

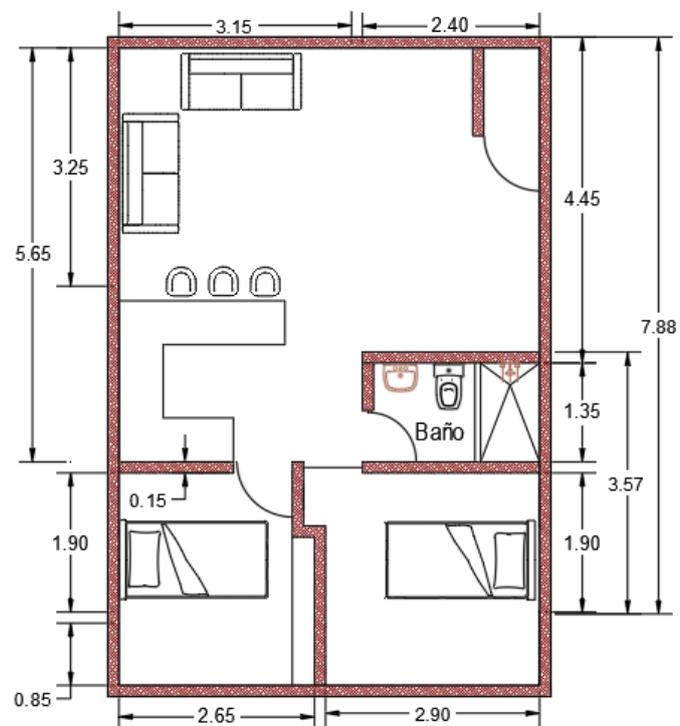
En el presente estudio se realizó un análisis ante sismos de una estructura hecha en material de adobe.

Figura 24. Imágenes de vivienda de adobe



Fuente: Elaboración Propia

Figura 25. Plano de la vivienda de adobe.



Fuente: Elaboración Propia

Se detallan las medidas para analizar una vivienda de tierra reforzada bajo la norma E.080. En la Tabla N° 30, se muestran los parámetros utilizados para el cálculo de la fuerza sísmica a la estructura o vivienda hecha en material de adobe.

Tabla 28

Parámetros para el cálculo de la fuerza sísmica

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR
FACTOR DE SUELO	S	1.4
FACTOR DE USO	U	1
COEFICIENTE SÍSMICO	C	0.2

Fuente: Elaboración Propia

Estos parámetros son claves para calcular la fuerza sísmica (H) que la vivienda deberá soportar. El peso total de la edificación se calculó sumando la carga muerta (102.04 toneladas) y el 50% de la carga viva (16.73 toneladas), resultando en un peso total de 110.40 toneladas.

La fuerza sísmica “H” obtenida fue de 30.91 toneladas, esta es la fuerza que tendría que soportar la vivienda durante un evento sísmico.

El área de los muros en la dirección X es de 38.4540 m², mientras que en la dirección Y es de 30.9140 m².

La resistencia en la dirección X es de 0.8039 toneladas/m² y en la dirección Y es de 1.0000 toneladas/m².

Tabla 29

Resistencia de los muros para ambas direcciones “X” y “Y”.

Área del muro x	38.4540	Área del muro y	30.9140
=		=	
σ_x	0.8039 ton/m ²	σ_y	1.0000 ton/m ²
σ_x	0.7886 kgf/m ²	σ_y	0.9810 kgf/m ²
NO CUMPLE		NO CUMPLE	

Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos de resistencia mostraron que la vivienda no cumple con los requisitos de resistencia establecidos por la norma E.080, que exige una resistencia mínima de 0.025 MPa (0.25 kgf/cm²) para los muros de adobe.

Dado que los valores de resistencia obtenidos no alcanzan los requerimientos de la norma, la vivienda de adobe analizada es vulnerable ante un sismo de gran magnitud. Esto indica que la estructura presenta un riesgo significativo de colapso en caso de un terremoto

Q. Resultados de entrevistas a expertos.

a) Expertos en construcción.

Los expertos en construcción consultados fueron profesionales ingenieros civiles y arquitectos, los cuales coinciden en que la vulnerabilidad sísmica es muy alta en el caso de las viviendas o edificaciones construidas sin cumplir las normas de construcción sismo-resistentes, el uso de materiales inadecuados como el adobe y la albañilería no confinada, y la construcción informal sin supervisión técnica.

Los profesionales entrevistados destacan la importancia de utilizar sistemas constructivos como la albañilería confinada o los pórticos de concreto armado, que ofrecen una mayor resistencia a las fuerzas sísmicas. También enfatizan la necesidad de realizar estudios de suelo adecuados antes de construir, ya que, el tipo de suelo puede influir significativamente en la respuesta de una estructura ante un sismo.

En cuanto a los materiales, recomiendan el uso de concreto armado y acero, que son más dúctiles y resistentes que el adobe y la albañilería no confinada.

Además, sugieren que se implementen programas para fomentar la construcción de viviendas cumplimiento con las exigencias que se requieren de la norma técnica y con supervisión de profesionales, así también enfatizan en que se debe de realizar evaluaciones a las viviendas construidas a fin de reforzar sus estructuras ante un evento sísmico.

b) Expertos en gestión de riesgos.

Los expertos en gestión de riesgos destacan la importancia de realizar evaluaciones de vulnerabilidad física en zonas propensas a sismos como el Barrio Las Lomas. Señalan que estas evaluaciones deben considerar no solo las características de las viviendas, sino también factores como la topografía del terreno y la calidad del suelo.

Recomiendan la implementación de programas de mitigación que incluyan el reforzamiento de viviendas existentes, la promoción de la construcción sismo-resistente y la capacitación de la comunidad sobre medidas de preparación y respuesta ante sismos. También sugieren elaborar mapas de riesgo y rutas de evacuación, así como la realización de simulacros periódicos para preparar a la población ante la eventualidad de un sismo.

5.2. Discusión de resultados.

La evaluación de la vulnerabilidad física de las viviendas del Barrio Las Lomas ha permitido responder de forma clara a la pregunta principal y a los interrogantes específicos de la investigación.

Relación con la pregunta principal:

Los resultados evidencian que la vulnerabilidad física de las viviendas es muy alta teniendo como resultado que el 100% de viviendas presentan vulnerabilidad muy alta, lo que indica que estas estructuras presentan un riesgo crítico ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Esta

conclusión se fundamenta en el análisis conjunto de la calidad de los materiales, las técnicas constructivas empleadas, la deficiente supervisión técnica y la influencia de las condiciones geotécnicas del área.

Respuestas a las preguntas específicas:

Materiales predominantes.

El estudio determinó que el 40% de las viviendas están construidas con adobe, un material reconocido por su baja resistencia y alta fragilidad ante esfuerzos sísmicos. Por otro lado, el 50% de las viviendas utilizan albañilería confinada. Aunque este sistema ofrece una mayor resistencia comparado con el adobe, la deficiente aplicación técnica, por ejemplo, fallas en la compactación del mortero y la ausencia de refuerzos estructurales limita significativamente su desempeño ante eventos sísmicos. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos (López et al., 2018; CENEPRED, 2017).

Sistemas constructivos utilizados.

El análisis reveló que el 70% de las viviendas fueron edificadas sin supervisión técnica especializada. Esta falta de asesoría profesional se traduce en errores de diseño estructural y en la ejecución empírica de las técnicas constructivas, disminuyendo la capacidad de disipar las cargas sísmicas y aumentando el riesgo de colapso. Además, la antigüedad de las viviendas (con un 85% construido entre diez y veinte años atrás) sugiere que muchas edificaciones fueron realizadas en un contexto normativo menos estricto, lo que agrava su vulnerabilidad actual.

Implicancias prácticas y análisis crítico:

Tipo de suelo y su impacto.

Otro factor crítico identificado es la condición geotécnica del área de estudio. Se observó que el 95% de las viviendas están asentadas sobre suelos arcillosos, conocidos por su alta capacidad de amplificación sísmica. Esta característica incrementa la intensidad de las vibraciones durante un sismo, generando un mayor efecto destructivo en las estructuras. Además, la

ubicación de las viviendas en terrenos con pendientes entre el 20% y el 45% favorece fenómenos como deslizamientos y asentamientos diferenciales, lo que se suma a la vulnerabilidad estructural ya presente. La ausencia de juntas de dilatación adecuadas en el 90% de las edificaciones también se evidencia como un factor que agrava el impacto de las condiciones del suelo en el comportamiento de las construcciones durante un sismo.

Opinión de expertos.

Las entrevistas a especialistas en construcción y gestión de riesgos corroboraron los hallazgos anteriores. Los expertos señalaron que la elección de materiales de baja resistencia (como el adobe y la albañilería no confinada) y la falta de supervisión técnica son elementos determinantes en la alta vulnerabilidad sísmica de las viviendas. Además, enfatizaron la importancia de realizar estudios de suelo y de incorporar medidas correctivas en edificaciones existentes para mejorar su capacidad de absorción de energía sísmica. En este sentido, se recomendó el uso de materiales más resistentes (como concreto armado y acero) y la implementación de técnicas constructivas modernas que consideren la interacción entre el terreno y la estructura, tal como se ha evidenciado en investigaciones recientes (Chávez & Aguirre, 2020; CENEPRED, 2017).

El conjunto de los resultados no solo confirma un muy alto nivel de vulnerabilidad, sino que también permite identificar áreas específicas de intervención. La prevalencia del adobe y la ejecución empírica de la albañilería confinada, sumado a la baja supervisión técnica, constituyen barreras para la implementación de normativas sismo-resistentes en el barrio. Por otro lado, la influencia del tipo de suelo, su capacidad de amplificación sísmica y la presencia de pendientes pronunciadas subraya la necesidad de incluir estudios geotécnicos como parte integral del proceso de evaluación y planificación urbana.

El contraste con estudios previos evidencia que, a pesar de los avances en normativas constructivas, persisten desafíos en la aplicación práctica de

dichas normas en contextos de construcción informal. La opinión de expertos refuerza la urgencia de promover programas de capacitación técnica y la actualización de métodos constructivos, para lograr edificaciones más seguras y resilientes.

Contraste con hipótesis

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis general de la investigación, evidenciando que la vulnerabilidad física de las viviendas en el Barrio Las Lomas es muy alta. Este hallazgo se sustenta en el análisis de múltiples factores estructurales y geotécnicos, evaluados mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty y la prueba de Spearman, lo que permitió una priorización objetiva de los elementos que contribuyen a la vulnerabilidad física ante un sismo.

El método AHP permitió asignar pesos relativos a los criterios de evaluación, identificando que los factores con mayor impacto en la vulnerabilidad sísmica fueron: el material predominante en la construcción (40% de las viviendas están construidas con adobe y 50% con albañilería confinada sin refuerzo adecuado) y la falta de supervisión técnica (70% de las viviendas fueron construidas sin la intervención de un profesional especializado).

Además, la prueba de Rho de Spearman confirmó una relación positiva moderada-alta entre el material predominante en la construcción y el sistema constructivo, lo que indica que las viviendas construidas sin asesoramiento profesional presentan una mayor tendencia a utilizar materiales de baja resistencia estructural. Este hallazgo valida empíricamente la influencia del sistema constructivo y el material predominante en la vulnerabilidad física de las edificaciones.

En contraste con la primera hipótesis específica, que planteaba que los materiales predominantes utilizados en la construcción (adobe y albañilería sin confinamiento estructural) incidían altamente en la vulnerabilidad sísmica, los resultados confirman esta afirmación, ya que la mayor parte de las

viviendas evaluadas presentan estructuras de baja resistencia sin refuerzos adecuados, lo que incrementa su fragilidad ante un sismo.

Respecto a la segunda hipótesis específica, que sostenía que la mayoría de las viviendas fueron construidas sin supervisión de especialistas y con sistemas constructivos empíricos, los datos obtenidos también respaldan esta afirmación. El análisis reveló que el 70% de las viviendas no contaron con intervención de un profesional, lo que reduce su capacidad de disipar cargas sísmicas y aumenta el riesgo de daños severos o colapso estructural.

Asimismo, se aplicó la prueba de confiabilidad de Cronbach a los instrumentos utilizados en la investigación, obteniendo un coeficiente alto, lo que indica un alto nivel de consistencia interna en las mediciones realizadas. Esto refuerza la fiabilidad de los datos recopilados y la validez de los análisis efectuados.

El análisis jerárquico permitió estructurar estos factores en una matriz de comparación por pares, destacando que los materiales de baja resistencia y la ausencia de refuerzo estructural son las principales causas de la alta vulnerabilidad física ante un sismo en la zona de estudio. Además, el índice de vulnerabilidad de las viviendas se encuentra en el rango de "muy alta" vulnerabilidad, lo que respalda la hipótesis planteada.

Estos resultados coinciden con estudios previos (Cano, 2019; Santos, 2019; CENEPRED, 2017), que han demostrado que la autoconstrucción, la ausencia de planificación y la falta de aplicación de normativas sismo-resistentes incrementan significativamente el riesgo estructural.

Por ello, los expertos consultados recomiendan la implementación de estrategias de reforzamiento estructural, programas de capacitación en construcción sismo-resistente y la supervisión obligatoria por parte de profesionales en nuevas construcciones, tal como sugieren Lavell (2020) y CENEPRED (2017) en investigaciones sobre gestión del riesgo en infraestructura urbana.

En conclusión, se confirma la hipótesis general: la alta vulnerabilidad física de las viviendas evaluadas es consecuencia de la autoconstrucción, el uso de materiales inadecuados y la falta de supervisión profesional. La integración del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la prueba de Spearman ha permitido una valoración objetiva y cuantificable de esta vulnerabilidad, mientras que la aplicación de la prueba de Cronbach respalda la confiabilidad de los datos obtenidos. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar medidas urgentes para mitigar los efectos de la vulnerabilidad en la comunidad del Barrio Las Lomas

Conclusiones

- La evaluación realizada confirma que la vulnerabilidad física de las viviendas del Barrio Las Lomas es muy alta, lo que representa un riesgo significativo ante un sismo de gran magnitud. Este resultado se debe a la combinación de materiales de baja resistencia, sistemas constructivos empíricos sin supervisión técnica adecuada y condiciones geotécnicas desfavorables. Se verificó que el 100% de las viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad muy alto, lo que indica que estas estructuras tienen un alto riesgo de colapso ante un evento sísmico severo.
- El análisis determinó que el 40% de las viviendas están construidas con adobe y el 50% con albañilería confinada sin refuerzo adecuado, lo que incrementa significativamente la vulnerabilidad sísmica. Se evidenció que las deficiencias en la calidad del mortero y la falta de refuerzos estructurales agravan la fragilidad de estas edificaciones ante eventos sísmicos.
- El estudio confirmó que el 70% de las viviendas fueron construidas sin intervención de un profesional, lo que derivó en estructuras con deficiencias técnicas como irregularidades geométricas, ausencia de juntas de dilatación y una inadecuada distribución de cargas, incrementando su nivel de vulnerabilidad.
- En el Barrio Las Lomas las viviendas se asientan sobre un suelo arcilloso de alta compresibilidad, lo cual disminuye la capacidad portante y amplifica las vibraciones sísmicas. Además, la topografía irregular y con pendientes pronunciadas agrava la inestabilidad estructural, incrementando significativamente el riesgo de daños en caso de un sismo.

Recomendaciones

- Es imprescindible que las autoridades locales implementen programas de inspección y reforzamiento estructural en las viviendas del Barrio Las Lomas, priorizando aquellas con mayor vulnerabilidad. Se recomienda la actualización de normativas sismo-resistentes y la ejecución de campañas de concienciación dirigidas a la población para promover la construcción segura y el cumplimiento de estándares técnicos.
- Se recomienda fomentar el uso de materiales con mayor resistencia estructural, como el concreto armado y el ladrillo con confinamiento adecuado. Además, se deben gestionar programas de mejoramiento de vivienda para facilitar el acceso a materiales de construcción de calidad a familias en situación de vulnerabilidad.
- Es fundamental establecer programas de capacitación en técnicas de construcción sismo resistente dirigidos a los maestros de obra y habitantes del Barrio Las Lomas. Asimismo, se sugiere la creación de un sistema de asesoría técnica a bajo costo, que incentive a los propietarios a contar con especialistas en la construcción de sus viviendas, reduciendo así la vulnerabilidad estructural del sector.
- Se recomienda realizar un estudio de suelo detallado que permita caracterizar de manera precisa el comportamiento del suelo arcilloso y evaluar la influencia de la topografía en la respuesta sísmica de las viviendas. Con base en estos resultados, es crucial implementar medidas de estabilización del terreno, como drenajes y refuerzos del suelo, y promover la planificación urbana que considere la reubicación o adecuación de edificaciones en áreas de riesgo.

Referencias Bibliográficas

- Abreu, J. L. (2014). El Método de la Investigación Research Method. Daena: International Journal of Good Conscience, 9(3), 195-204.
- A. Climent, D. Salgado, S. Slob y C. J. van Westen. (2003). *Amenaza Sísmica y Vulnerabilidad Física en la ciudad de Cañas, Guanacaste, Costa Rica* (p. 9). UNESCO. <https://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/CEDO-CRID%20v2.0/CEDO/pdf/spa/doc15075/doc15075-a.pdf>
- Abad, J., & Ramírez, I. (2023). *Análisis vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú* [Tesis, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/111172/Abad_AJC-Ram%C3%ADrez_VIV-SD.pdf?sequence=1
- Acosta, M., & Quiroz, S. (2021). Análisis de vulnerabilidad física frente a eventos sísmicos. *Revista Científica Investigar MQR*, 5(4), 473-489. http://www.doi.revistamqr.com/V5_4_ART_25.pdf
- Angrosino, M. V. (2007). *Ethnography and participant observation in research practice*. SAGE Publications.
- Bernardo Reyes, Y. L. (2019). *Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas Unifamiliares Mediante los Índices de Benedetti – Petrini en la Asociación los Libertadores – Huancayo – Junín*. Universidad Peruana Los Andes. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1308>
- Cano, T. (2019). *Estimación del riesgo de desastres en la subcuenca baja del Río Shullcas zona urbana de la ciudad de Huancayo* [Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5447>
- CENEPRED. (2020). *Escenario de riesgo por sismo de gran magnitud seguido de tsunami frente a la costa central del Perú* (p. 71). Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//10810_escenario-de-riesgo-por-sismo-de-gran-magnitud-seguido-de-tsunami-frente-a-la-costa-central-del-peru.pdf

- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales* (Evaluación de riesgos 02; p. 248). https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- Chimbolema Cacuango, E., & Estuardo Goyes Noboa, J. (2023). Vulnerabilidad sísmica de las viviendas catalogadas como patrimonio cultural del casco urbano del cantón Guaranda. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 8(1), 212-233. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8874100>
- Chuy, T. (2013). *Sismos. Ciencia y comunidad en la Gestión de los Riesgos Naturales. Una responsabilidad compartida.* (p. 14). Ayuda Humanitaria y Protección Civil. https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/CaribeHerramientasydocumentos/Capacitacion/CARE_CENAIIS_Cuba_SismoCienciaycomunidadenlagestiondelosriesgosnaturales.pdf
- Cruz, R. D. la, & Max, G. (2023). *Uso del método Fema 154 para evaluar el desempeño sísmico de viviendas unifamiliares en Puyhuan Grande Huancavelica.* <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/6013>
- Cunalata, F., & Caiza, P. (2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(1), 55-64. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>
- Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-vivienda, modificada con decreto supremo N° 002-2014-vivienda, Pub. L. No. 003-2016, Normas Legales. Separata especial 32 (2016). <https://museos.cultura.pe/sites/default/files/item/archivo/Norma%20t%C3%A9cnica%20E.030%20Dise%C3%B1o%20sismorresistente.pdf>
- Flores Olortegui, P. L. (2022). Análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama—Provincia de Mariscal Luzuriaga—Áncash. *Universidad San Pedro*. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/21122>
- Fowler, F. J. (2014). *Survey research methods* (5th ed.). Sage Publications.

- Garay, M. (2017). *Grupo Graña y Montero Temblores Geofísica*.
<https://es.scribd.com/document/391037145/Grupo-Grana-y-Montero>
- García, G. (2017). *Estudio de vulnerabilidad* (p. 39) [Evaluación de riesgos].
 Consorcio Universitario Villareal.
https://web.unfv.edu.pe/facultades/fopca/images/2022/Proyecto_de_Facultad_en_Oquendo/6.Estudio_de_Vulnerabilidad.pdf
- Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). (2022). *Urbanización y ciudades sostenibles | GRADE*. <https://www.grade.org.pe/areas-de-investigacion/urbanizacion-y-ciudades-sostenibles/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Huaire Inacio, E. J. (2019). *Método de investigación*.
<https://www.aacademica.org/edson.jorge.huaire.inacio/78>
- Hurtado, J. (1998). *Metodología de la investigación aplicada a la educación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2009). *Gestión del Riesgo de Desastres para la planificación del desarrollo local* (Primera edición). Servicios Educativos El Agustino (SEA).
https://www.mesadeconcertacion.org.pe/sites/default/files/guia_de_gestion_de_riesgos.pdf
- Iparraguirre, C. (2021). *Diseño estructural sismorresistente de un edificio multifamiliar de concreto armado de siete pisos y una azotea* [Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú].
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/20398/IPARRAGUIRRE_SALVADOR_CHRISTIAN_ORLANDO_DISE%C3%91O_ES TRUCTURAL_SISMORESISTENTE.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Kanamori, H., & Hanks, T. C. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research*, 84(B5), 2348–2350.
<https://doi.org/10.1029/JB084iB05p02348>
- Lazo, J., & Polanco, A. (2019). *Informe de evaluación de riesgo por sismos en el asentamiento humano Los Girasoles, sector Pachacútec, distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao, Región Callao* (p. 87) [Gubernamental]. SIGGRID Sistema de Información para la Gestión de

Riesgos y Desastres.

https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//7031_informe-de-evaluacion-de-riesgo-por-sismos-en-el-asentamiento-humano-los-girasoles-sector-pachacutec-distrito-de-ventanilla-provincia-constitucional-d.pdf

- López, A. (1998). *Estadística para las ciencias sociales*. Editorial Tecnos.
- Magallanes, A. (2015). *Diseño Sísmico de Edificios en El Perú*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/283654160/Diseno-Sismico-de-Edificios-en-El-Peru>
- McLeod, S. A. (2015). Observation methods. *Simply Psychology*. <https://www.simplypsychology.org/observation.html>
- Minke, G. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra* (p. 51). Universidad de Kassel, Forschungslabor für Experimentelles Bauen. <https://www.ecosur.org>
- Muñoz, J. O. (2021). *Principios de geología y exploración minera* (Primera Edición). Editorial Universidad de La Serena. <https://cutt.ly/CwLQ0dql>
- Norma Legal de Diseño Sismorresistente E.030, 320743 8 (2006). https://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/RNE_parte%2008.pdf
- Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, Pub. L. No. 010-2009, E.060 201 (2009). https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf
- Oshiro, D. (2018). *Diseño de una edificación antisísmica, Tarapoto 2018* [Tesis, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/49704/Oshiro_PDNP-SD.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Padrón Chacón, C. A. (2015). *Propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad física ante movimientos en masa* [Tesis, Universidad Central de Venezuela]. <http://saber.ucv.ve/handle/10872/18746>
- Panchana Villón, L. J., & Reyes Moreira, B. A. (2021). *Análisis y diseño sismorresistente y estimación de costo de un edificio de planta irregular de 12 pisos con sistema de muros de corte, en la provincia de Santa Elena*. [bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5964>

- Ramírez, J. (2010). *Diseño y análisis de encuestas*. Editorial Académica Española.
- Reboredo, A. (s. f.). *El diseño estructural*.
- Reboredo, A. (2021). *El diseño estructural* (Primera Edición). CP67.
<https://cutt.ly/XwLQhaq0>
- Reglamento Nacional de Edificaciones, 011-2006 DECRETO SUPREMO N° 011-2006—VIVIENDA 439 (2006). <https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- Sánchez, A., Alonso, E., & López, M. del C. (2021). Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 10, 22.
<https://doi.org/10.32870/rvcs.v2i10.162>
- Santos, D. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017* [Tesis, Universidad Continental]. <https://core.ac.uk/download/pdf/266975184.pdf>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Sierra Castellanos, D. Y., & Paez Duque, D. V. (2020). *Aisladores sísmicos de base: Un compendio de alternativas* [Tesis, Universidad Militar Nueva Granada]. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36948>
- Soto, H. (2022). *Manual de criterios generales para la estructuración de edificios de acero* (Primera Edición). Centro Regional de Desarrollo en Ingeniería Civil.
<https://cutt.ly/EwLmitmi>
- Tamayo-Tamayo, M. (1994). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Norma.
- Tamayo Tamayo, M. (2007). Tipo de Investigación. Abouhamad, Apuntes de invetsigación en ciencias sociales, 52.
- Zamora, G., & Aguirre, M. del C. (2020). Consideraciones sobre la vulnerabilidad del patrimonio arquitectónico. Estudio de caso: La iglesia de El Sagrario, Cuenca, Ecuador. *Intervención*, 11(21), 257-293.
<https://doi.org/10.30763/Intervencion.229.v1n21.08.2020>

Anexos

Anexo A: Matriz de consistencia

TÍTULO: "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA ANTE SISMO DE GRAN MAGNITUD EN LAS VIVIENDAS DEL BARRIO LAS LOMAS, DISTRITO DE CHILCA, HUANCAYO, JUNÍN: 2022 – 2024"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES / ITEMS	ESCALA DE VALORACION
Problema general: ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad física de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín ante un sismo de gran magnitud en el periodo 2022 – 2024?	Objetivo general: Evaluar la vulnerabilidad física de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín ante un sismo de gran magnitud en el periodo 2022 – 2024.	Hipótesis General: Las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín presentan una alta vulnerabilidad física ante un sismo de gran magnitud durante el periodo 2022-2024.	Vulnerabilidad física	Materiales Predominantes.	Mampostería estructural	Deficiente Regular Bueno Muy Bueno
					Mampostería no estructural	
				Sistema constructivo	Construcción supervisada por especialistas	
					Construcción sin supervisión de especialistas	
Problemas específicos: <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los materiales predominantes que se usan principalmente en la construcción de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden altamente en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud? ¿Qué sistemas constructivos se usan en las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden en la resistencia estructural frente a un sismo de gran magnitud? 	Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> Identificar los materiales predominantes que se usan principalmente en la construcción de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden altamente en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Conocer los sistemas constructivos que se usan en las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, que inciden en la resistencia estructural frente a un sismo de gran magnitud. 	Hipótesis Específicas: <ul style="list-style-type: none"> Los materiales predominantes usados en la construcción de las viviendas del Barrio Las Lomas, distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Junín, son muros de adobe y albañilería sin confinamiento estructural que inciden altamente en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. La mayoría de las viviendas del Barrio Las Lomas han sido construidas sin la supervisión de especialistas, empleando sistemas constructivos empíricos, lo que disminuye su capacidad para disipar cargas sísmicas y aumenta el riesgo de daños severos o colapso ante un sismo de gran magnitud. 	Sismo de Gran Magnitud	Magnitud del sismo (Magnitud máxima de 8)	Mayor a 8	Muy alto Alto Medio Bajo
					De 6 a 7.9	
					De 4.5 a 5.9	
					De 3.5 a 4.4	
					Menor a 3.4	
METODOLOGÍA						
Método	Descriptivo - Analítico					
Tipo o alcance	No experimental					
Diseño	Transversal					
Población	200 viviendas del barrio Las Lomas					
Muestra	200 viviendas del barrio Las Lomas					
Instrumentos	Censo de vivienda y encuestas, entrevista a expertos, Google Earth, mapas catastrales, GIS.					

Anexo B: Instrumento (s) de recolección de datos

GUIA PARA OBSERVACION Y CUESTIONARIO A LA MUESTRA

1. Nombre del propietario o habitante: _____
2. Dirección de la vivienda: _____
3. Número de habitantes en la vivienda: _____
4. Número de pisos de la vivienda _____
5. ¿En qué año fue construida la vivienda? _____
6. ¿Su vivienda fue construida?
 Con profesional especialista _____
 Sin profesional especialista _____
7. ¿Cuál es el material predominante de las paredes?
 Adobe _____
 Ladrillo _____
 Concreto _____
 Madera _____
 Otro: _____
8. Estado de los materiales (bueno, regular, malo): _____
9. Presencia de grietas visibles:
 Sí _____
 No _____
10. Condición del techo (bueno, regular, malo): _____
11. Topografía del terreno:
 Plano _____
 Ladera _____
 Otros: _____
12. ¿Cuál es el tipo de construcción de su vivienda? _____
13. ¿Qué elementos estructurales tiene su vivienda?
 Zapatas _____
 Columnas _____
 Vigas _____
 Losas _____
 Placas: _____
14. ¿Ha realizado algún tipo de mejora o reforzamiento en la vivienda desde su construcción?
 Sí _____
 No _____
15. Si la respuesta anterior fue sí, indique cuáles: _____

Columnas _____

Vigas _____

Placas _____

Otros: _____

16. ¿Considera que su vivienda está preparada para soportar un sismo de gran magnitud?

Sí _____

No _____

17. ¿Ha recibido alguna capacitación o información sobre construcción sismorresistente?

Sí _____

No _____

18. ¿Ha recibido alguna capacitación o información sobre medidas de preventivas ante un sismo?

Sí _____

No _____

19. ¿Cómo calificaría su conocimiento sobre las técnicas de construcción sismo-resistente?

Muy bueno _____

Bueno _____

Regular _____

Malo _____

Muy malo _____

20. Indique alguna observación adicional

Realice un croquis

FORMATO DE VALIDACIÓN DE CUESTIONARIO

TÍTULO DEL ESTUDIO:

Propuesta para evaluar la vulnerabilidad física ante sismos en las viviendas del Barrio Las Lomas, Distrito Chilca – Huancayo – Junín, Periodo 2022 – 2024

DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Especialidad	Años de experiencia	Grado académico alcanzado

INSTRUCCIONES PARA EL EXPERTO

Estimado(a) experto(a), le solicitamos evaluar la claridad, relevancia, coherencia y adecuación de los ítems del cuestionario utilizando la siguiente escala de calificación:

Puntuación	Interpretación
1	No relevante
2	Poco relevante
3	Aceptable
4	Muy relevante

TABLA DE EVALUACIÓN DE LOS ÍTEMES DEL CUESTIONARIO

Item	Pregunta del cuestionario	Claridad (1-4)	Relevancia (1-4)	Coherencia (1-4)	Adecuación (1-4)	Observaciones
1	Nombre de propietario o habitante					
2	Dirección de la vivienda					
3	Número de habitantes de la vivienda					
4	Número de pisos de la vivienda					
5	¿En qué año fue construida su vivienda?					
6	¿Su vivienda fue construida con supervisión de un especialista?					
7	¿Qué tipo de material predomina de las paredes?					
8	¿Cómo describiría el estado de los materiales de construcción de su vivienda?					
9	¿Presenta grietas visibles en su vivienda?					
10	¿Cómo describiría la condición del techo de su vivienda?					
11	¿Cuál es la topografía de su terreno?					
12	¿Cuál es el tipo de construcción de su vivienda?					
13	¿Qué elementos estructurales cuenta en su vivienda?					
14	¿Realizo mejoras o reforzamiento de su vivienda desde su construcción?					
15	Si, la respuesta anterior fue si, indique cuales son.					

16	¿Considera que su vivienda está preparada para soportar un sismo de gran magnitud?					
17	¿Ha recibido alguna capacitación o información sobre medidas de prevención ante un sismo?					
18	¿Cómo califica su conocimiento sobre las técnicas de construcción sismorresistente?					
19	Indique alguna observación adicional					
20	Realice un croquis de su vivienda					

COMENTARIOS GENERALES DEL EXPERTO

1. ¿Considera que algún ítem debe reformularse o eliminarse?

✍ _____

2. ¿Sugiere agregar alguna pregunta para mejorar la evaluación de la vulnerabilidad física?

✍ _____

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Nombres y Apellidos		DNI N°	
Dirección domiciliaria		Teléfono / Celular	
Título profesional / Especialidad		Firma	
Grado Académico			
Lugar y fecha			

FIRMA DEL EXPERTO

Firma: _____

Fecha: ___ / ___ / 2024

OPINION DE APLICABILIDAD PARA LA GUIA DE OBSERVACION Y CUESTIONARIO A LA MUESTRA

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Gianswen Kevin Meza Terbullino	DNI N°	72753877
Dirección domiciliaria	Jr. Montani 343 - Huancayo	Teléfono / Celular	954145712
Título profesional / Especialidad	Ingeniero Civil / Profesional registrado como evaluador de riegos y desastres en CENEPRED	Firma	
Grado Académico	Titulado		
Lugar y fecha	Huancayo, 10 de julio del 2024.		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Roy Luis Alegre Freyre	DNI N°	19870033
Dirección domiciliaria	Jr. Los Rosales 205 - Huancayo	Teléfono / Celular	944180085
Título profesional / Especialidad	Arquitecto / Especialista en Construcción de Edificaciones	Firma	
Grado Académico	Doctor		
Lugar y fecha	Huancayo, 07 de julio del 2024.		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Giancarlo Fernando Meza Terbullino	DNI N°	46088256
Dirección domiciliaria	Pje. Antúnez de Mayolo 241 - Huancayo	Teléfono / Celular	971711655
Título profesional / Especialidad	Ingeniero Civil / Especialista en Estructuras.	Firma	
Grado Académico	Maestro		
Lugar y fecha	Huancayo, 02 de julio del 2024.		

Anexo C: Instrumento (s) de recolección de datos

ENTREVISTA A EXPERTOS DE LA CONSTRUCCION

Gracias por participar en esta entrevista. Su experiencia como ingeniero civil es crucial para nuestra investigación sobre la vulnerabilidad física de las viviendas ante sismos.

Preguntas

1. ¿Qué factores de construcción considera que aumentan la vulnerabilidad ante un sismo de las viviendas?
2. ¿Qué técnicas de construcción recomienda para mejorar la resistencia sísmica?
3. ¿Cómo evalúa la calidad de los materiales utilizados en las viviendas?
4. ¿Qué materiales serían más adecuados para resistir sismos?
5. ¿Qué tipo de construcción recomendaría para resistir sismos?
6. ¿Según su experiencia, el incremento del número de pisos de una edificación es un factor determinante para el comportamiento de la estructura ante un sismo?
7. ¿Según su experiencia, que factor sería determinante en el comportamiento de una estructura ante un sismo?
8. ¿Cree que las viviendas en el distrito de Chilca cumplen con las normativas de construcción sismo-resistente?
9. ¿Cómo afecta el tipo de suelo a la vulnerabilidad de las viviendas?
10. ¿Qué mejoras sugeriría para reducir la vulnerabilidad de una estructura ante un sismo?

Cuestionario para entrevista a expertos de la construcción

Fuente: Elaboración propia

FORMATO DE VALIDACIÓN DE ENTREVISTA A EXPERTOS EN LA CONSTRUCCION

TÍTULO DEL ESTUDIO:

"Propuesta para evaluar la vulnerabilidad física ante sismos en las viviendas del Barrio Las Lomas, Distrito Chilca – Huancayo – Junín, Periodo 2022 – 2024"

DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Especialidad	Años de experiencia	Grado académico alcanzado

INSTRUCCIONES PARA EL EXPERTO

Estimado(a) experto(a), le solicitamos evaluar la claridad, relevancia, coherencia y adecuación de los ítems del cuestionario utilizando la siguiente escala de calificación:

Puntuación	Interpretación
1	No relevante
2	Poco relevante
3	Aceptable
4	Muy relevante

TABLA DE EVALUACIÓN DE LOS ÍTEMS DE LA ENTREVISTA

Ítem	Pregunta del cuestionario	Claridad (1-4)	Relevancia (1-4)	Coherencia (1-4)	Adecuación (1-4)
1	¿Qué factores de construcción considera que aumentan la vulnerabilidad ante un sismo de la vivienda?				
2	¿Qué técnicas de construcción recomienda para mejorar la resistencia sísmica?				
3	¿Cómo evalúa la calidad de los materiales utilizados en las viviendas?				
4	¿Qué materiales serían más adecuados para resistir sismos?				
5	¿Qué tipo de construcción recomendaría para resistir sismos?				
6	¿Según su experiencia, el incremento del número de piso de una edificación es un factor determinante para el comportamiento de la estructura ante un sismo?				
7	¿Según su experiencia, que <u>factor sería</u> determinante en el comportamiento de una estructura ante un sismo?				
8	¿Cree que las viviendas en el distrito de Chilca cumplen con las normativas de construcción sismo - resistente?				
9	¿Cómo afecta el tipo de suelo a la vulnerabilidad de las viviendas?				
10	¿Qué mejoras sugeriría para reducir la vulnerabilidad de una estructura ante un sismo?				

COMENTARIOS GENERALES DEL EXPERTO

1. ¿Considera que algún ítem debe reformularse o eliminarse?

✍ _____

2. ¿Sugiere agregar alguna pregunta para mejorar la evaluación de la vulnerabilidad física?

✍ _____

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Nombres y Apellidos		DNI N°	
Dirección domiciliaria		Teléfono / Celular	
Título profesional / Especialidad		Firma	
Grado Académico			
Lugar y fecha			

FIRMA DEL EXPERTO

Firma: _____

Fecha: ___ / ___ / 2024

OPINION DE APLICABILIDAD PARA LA ENTREVISTA A EXPERTOS EN LA CONSTRUCCION

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Gianswen Kevin Meza Terbullino	DNI N°	72753877
Dirección domiciliaria	Jr. Montani 343 - Huancayo	Teléfono / Celular	954145712
Título profesional / Especialidad	Ingeniero Civil / Profesional registrado como evaluador de riegos y desastres en CENEPRED	Firma	
Grado Académico	Titulado		
Lugar y fecha	Huancayo, 15 de julio del 2024.		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Roy Luis Alegre Freyre	DNI N°	19870033
Dirección domiciliaria	Jr. Los Rosales 205 - Huancayo	Teléfono / Celular	944180085
Título profesional / Especialidad	Arquitecto / Especialista en Construcción de Edificaciones	Firma	
Grado Académico	Doctor		
Lugar y fecha	Huancayo, 15 de julio del 2024.		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Giancarlo Fernando Meza Terbullino	DNI N°	46088256
Dirección domiciliaria	Pje. Antúnez de Mayolo 241 - Huancayo	Teléfono / Celular	971711655
Título profesional / Especialidad	Ingeniero Civil / Especialista en Estructuras.	Firma	
Grado Académico	Maestro		
Lugar y fecha	Huancayo, 17 de julio del 2024.		

Anexo D: Instrumento (s) de recolección de datos

ENTREVISTA A EXPERTOS EN GESTION DE RIESGO

Gracias por participar en esta entrevista. Su experiencia en la Gestión de Riesgo de Desastres es crucial para nuestra investigación sobre la vulnerabilidad física de las viviendas ante sismos.

Preguntas

1. ¿Cómo evalúa la vulnerabilidad física de las viviendas en áreas propensas a sismos?
2. ¿Qué parámetros utilizaría para evaluar la vulnerabilidad física ante un sismo?
3. ¿Qué herramientas utiliza para identificar y evaluar riesgos en comunidades vulnerables ante sismos?
4. ¿Qué estrategias de preparación considera más eficaces para mitigar los impactos de un sismo?
5. ¿Puede dar un ejemplo de un programa exitoso de mitigación ante sismos?
6. ¿Cómo se puede mejorar la capacitación comunitaria para reducir la vulnerabilidad sísmica?
7. ¿Qué recomendaciones daría para mejorar la resiliencia de las viviendas ante un sismo?

Cuestionario para entrevista a expertos en gestión de riesgo

Fuente: Elaboración propia

FORMATO DE VALIDACIÓN DE ENTREVISTA A EXPERTOS EN GESTION DE RIESGO

TÍTULO DEL ESTUDIO:

"Propuesta para evaluar la vulnerabilidad física ante sismos en las viviendas del Barrio Las Lomas, Distrito Chilca – Huancayo – Junín, Periodo 2022 – 2024"

DATOS DEL EXPERTO

Nombre	Especialidad	Años de experiencia	Grado académico alcanzado

INSTRUCCIONES PARA EL EXPERTO

Estimado(a) experto(a), le solicitamos evaluar la claridad, relevancia, coherencia y adecuación de los ítems del cuestionario utilizando la siguiente escala de calificación:

Puntuación	Interpretación
1	No relevante
2	Poco relevante
3	Aceptable
4	Muy relevante

TABLA DE EVALUACIÓN DE LOS ÍTEMS DE LA ENTREVISTA

Item	Pregunta del cuestionario	Claridad (1-4)	Relevancia (1-4)	Coherencia (1-4)	Adecuación (1-4)
1	¿Cómo evalúa la vulnerabilidad física de las viviendas en áreas propensas a sismos?				
2	¿Qué parámetros utilizaría para evaluar la vulnerabilidad física ante un sismo?				
3	¿Qué herramientas utiliza para identificar y evaluar riesgos en comunidades vulnerables ante sismos?				
4	¿Qué estrategias de preparación considera más eficaces para mitigar los impactos de un sismo?				
5	¿Puede dar un ejemplo de un programa exitoso de mitigación ante sismos?				
6	¿Cómo se puede mejorar la capacitación comunitaria para reducir la vulnerabilidad sísmica?				
7	¿Qué recomendaciones daría para mejorar la resiliencia de las viviendas ante un sismo?				

COMENTARIOS GENERALES DEL EXPERTO

1. ¿Considera que algún ítem debe reformularse o eliminarse?

✓ _____

2. ¿Sugiere agregar alguna pregunta para mejorar la evaluación de la vulnerabilidad física?

✓ _____

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Nombres y Apellidos		DNI N°	
Dirección domiciliaria		Teléfono / Celular	
Título profesional / Especialidad		Firma	
Grado Académico			
Lugar y fecha			

FIRMA DEL EXPERTO

Firma: _____

Fecha: ___ / ___ / 2024

OPINION DE APLICABILIDAD PARA LA ENTREVISTA A EXPERTOS EN GESTION DE RIESGO

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Gianswen Kevin Meza Terbullino	DNI N°	72753877
Dirección domiciliaria	Jr. Montani 343 - Huancayo	Teléfono / Celular	954145712
Título profesional / Especialidad	Ingeniero Civil / Profesional registrado como evaluador de riegos y desastres en CENEPRED	Firma	
Grado Académico	Titulado		
Lugar y fecha	Huancayo, 15 de julio del 2024.		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Roy Luis Alegre Freyre	DNI N°	19870033
Dirección domiciliaria	Jr. Los Rosales 205 - Huancayo	Teléfono / Celular	944180085
Título profesional / Especialidad	Arquitecto / Especialista en Construcción de Edificaciones	Firma	
Grado Académico	Doctor		
Lugar y fecha	Huancayo, 15 de julio del 2024.		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Nombres y Apellidos	Giancarlo Fernando Meza Terbullino	DNI N°	46088256
Dirección domiciliaria	Pje. Antúnez de Mayolo 241 - Huancayo	Teléfono / Celular	971711655
Título profesional / Especialidad	Ingeniero Civil / Especialista en Estructuras.	Firma	
Grado Académico	Maestro		
Lugar y fecha	Huancayo, 17 de julio del 2024.		