

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LAS
VIVIENDAS DEL JIRÓN JOSÉ OLAYA ANTE LA
OCURRENCIA DE SISMO, PROVINCIA DE
HUARAZ- DEPARTAMENTO DE ANCASH, AÑO
2018”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

Tesista: Br. **SHEYLA JACQUELINE TUYA DIAZ**

Asesora: Dra. Ing. **ROSA DEIFILIA RODRÍGUEZ ANAYA**

Huaraz, Áncash, Perú

2019





UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

Av. Centenario N° 200 – Teléfono (043) 640020 anexo 1103
HUARAZ - ANCASH - PERÚ



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditorium de la FCAM-UNASAM, de conformidad a la normatividad vigente conducen el Acto Académico de Sustentación y Defensa de Tesis **"VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LAS VIVIENDAS DEL JIRON JOSE OLAYA ANTE LA OCURRENCIA DE SISMO, PROVINCIA DE HUARAZ- DEPARTAMENTO DE ANCASH, AÑO 2018"**, que presenta **TUYA DIAZ SHEYLA JACQUELINE** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

En seguida, después de haber atendido la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, lo declaramos:

APROBADO

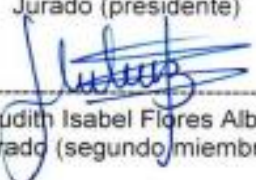
Con el calificativo de: *DIECISEIS* (16)

En consecuencia, **TUYA DIAZ SHEYLA JACQUELINE** queda expedito para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM).

Huaraz, 09 de Octubre de 2019



Dr. Marco SILVA LINDO
Jurado (presidente)



Dra. Judith Isabel Flores Albornoz
Jurado (segundo miembro)



Dr. Maximiliano Loarte Rubina
Jurado (primer miembro)



Dr. Rosa Delia Rodríguez Anaya
Asesora de tesista

E-mail: info@unasam.edu.pe

UNASAM
LICENCIADA
(la primera en la región Ancash)



DEDICATORIA

A Dios y mi familia, que son parte esencial en mi vida quienes me impulsan en el día a día para ser mejor profesional y sobre todo mejor persona.

Sheyla Jacqueline Tuya Diaz



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por iluminar nuestro camino.

A mi familia por el apoyo continuo que me han permitido culminar mis estudios.

A mi asesora y gran amiga por su apoyo incondicional de principio a fin y por instruirme en el camino del aprendizaje de la Gestión del Riesgo de Desastres.

A los miembros del jurado por su tiempo, sus observaciones y sugerencias.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas del Jirón José Olaya ante la ocurrencia de sismo. En la metodología se aplicó el diseño no experimental, haciendo uso de una ficha técnica que se aplicó a 61 viviendas; para determinar el nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ). La información encontrada evidencia que el ámbito de estudio por las características de la geología y geomorfología, exposición, fragilidad y resiliencia presenta condiciones de vulnerabilidad media- alta; los resultados de las fichas técnicas evidencian que las viviendas presentan condiciones de vulnerabilidad y ante la ocurrencia del riesgo sísmico, las viviendas son altamente vulnerables.

Palabras claves: Sismo, vulnerabilidad estructural, viviendas.

ABSTRACT

The objective of the investigation was to determine the level of structural vulnerability of the houses of Jirón José Olaya in the event of an earthquake. In the methodology, the non-experimental design was applied, making use of a technical sheet that was applied to 61 homes; To determine the level of structural vulnerability of the dwellings, the Hierarchical Analysis Process (PAJ) was used. The information found shows that the study area, due to the characteristics of geology and geomorphology, exposure, fragility and resilience, presents conditions of medium-high vulnerability; The results of the technical files show that the houses present conditions of vulnerability and in the event of seismic risk, the houses are highly vulnerable.

Key words: Earthquake, structural vulnerability, housing.

ÍNDICE

Contenido	Pág
AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS	i
ACTA DE SUTENTACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	viii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
SIGLAS	xiv
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema	8
1.2.1. Formulación General	8
1.2.2. Formulación Especifica	8
1.3 Hipótesis	8
1.3.1. Hipótesis General	8
1.3.2. Hipótesis Especifica	8
1.4 Objetivos	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos	9
CAPITULO II	
MARCO REFERENCIAL	10
	viii

2.1 Antecedentes	10
2.2 Marco teórico	13
2.3 Marco legal	21
2.4 Definición de términos	24
CAPITULO III	
METODOLOGIA	26
3.1 Ámbito de estudio	26
3.2 Tipo de investigación y diseño de investigación	30
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.4 Operacionalización de variables	31
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
4.1. Resultados	33
4.2. Discusiones	67
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1 Conclusiones	71
5.2 Recomendaciones	72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
ANEXOS	75
ANEXO 1	76
ANEXO 2	90
ANEXO 3	108
ANEXO 4	110
ANEXO 5	114
ANEXO 6	117

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO	Pág
Tabla 1 : Operacionalización de variables	31
Tabla 2 : Historia de ocurrencia de sismos en Ancash	34
Tabla 3 : Factores de zona.	51
Tabla 4 : Determinación del nivel de peligro sísmico	55
Tabla 5 : Determinación de los índices del nivel de vulnerabilidad ante ocurrencia sísmica	62
Tabla 6: Matriz de comparación de pares de los parámetros de evaluación del peligro sísmico	77
Tabla 7 : Matriz de normalización de pares de los parámetros de evaluación del peligro sísmico.	77
Tabla 8 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	77
Tabla 9 : Matriz de comparación de pares del parámetro de intensidad del sismo.	78
Tabla 10: Matriz de normalización de pares del parámetro de intensidad del sismo.	78
Tabla 11 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	78
Tabla 12 : Matriz de comparación de pares del parámetro de magnitud del sismo.	79
Tabla 13 : Matriz de normalización de pares del parámetro de magnitud del sismo.	79
Tabla 14 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	79
Tabla 15 : Matriz de comparación de pares del parámetro de la aceleración máxima del suelo.	80
Tabla 16 : Matriz de normalización de pares del parámetro de la aceleración máxima del suelo.	80
Tabla 17 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	80
Tabla 18 : Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes del peligro sísmico.	81
Tabla 19 : Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes del peligro sísmico	81
Tabla 20 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	81
Tabla 21 : Matriz de comparación de pares del tipo de suelo	82
Tabla 22 : Matriz de normalización de pares del tipo de suelo	82
Tabla 23 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	82
Tabla 24 : Matriz de comparación de pares de la profundidad del sismo.	83
Tabla 25 : Matriz de normalización de pares de la profundidad del sismo.	83
Tabla 26 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	83

Tabla 27 : Matriz de comparación de pares de la profundidad napa freática	84
Tabla 28 : Matriz de normalización de pares de la profundidad de la napa freática	84
Tabla 29 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	84
Tabla 30 : Cálculo de los parámetros de evaluación del peligro sísmico.	85
Tabla 31: Cálculo de los parámetros de susceptibilidad	86
Tabla 32 : Determinación del peligro sísmico	87
Tabla 33 : Determinación de rangos del nivel de peligro sísmico	87
Tabla 34 : Matriz de niveles del peligro sísmico.	88
Tabla 35 : Matriz de comparación de la localización de la vivienda.	91
Tabla 36 :Matriz de normalización de pares de la localización de la vivienda según zona sísmica.	91
Tabla 37 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	91
Tabla 38: Matriz de comparación de pares de los parámetros del factor de fragilidad de la vulnerabilidad estructural.	92
Tabla 39 :Matriz de normalización de pares del factor de fragilidad de la vulnerabilidad estructural.	92
Tabla 40 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	93
Tabla 41: Matriz de comparación de pares del tipo de material en pared	93
Tabla 42:Matriz de normalización de pares del tipo de material en pared	93
Tabla 43:Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	93
Tabla 44: Matriz de comparación de pares de tipo de cubierta de techo	94
Tabla 45:Matriz de normalización de pares de tipo de cubierta de techo	94
Tabla 46:Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	94
Tabla 47:Matriz de comparación de pares de tipo de material en el techo	95
Tabla 48 :Matriz de normalización de pares de tipo de material en el techo	95
Tabla 49 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	95
Tabla 50:Matriz de comparación de pares de sistema de entrepisos	96
Tabla 51 :Matriz de normalización de pares de sistema de entrepisos	96
Tabla 52:Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	96
Tabla 53 :Matriz de comparación de pares de número de pisos	97
Tabla 54 :Matriz de normalización de pares de número de pisos	97
Tabla 55 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	97
Tabla 56 :Matriz de comparación de pares de antigüedad de construcción	98
Tabla 57 :Matriz de normalización de pares de antigüedad de construcción	98
Tabla 58 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	98
Tabla 59 :Matriz de comparación de pares del estado de construcción	99
Tabla 60 :Matriz de normalización de pares del estado de construcción	99

Tabla 61 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	99
Tabla 62:Matriz de comparación de pares de topografía del sitio	100
Tabla 63 :Matriz de normalización de pares de topografía del sitio	100
Tabla 64:Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	100
Tabla 65 :Matriz de comparación de pares de cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura.	101
Tabla 66 :Matriz de normalización de pares de cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura.	101
Tabla 67:Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	101
Tabla 68 :Matriz de comparación de pares de participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción	102
Tabla 69 :Matriz de normalización de pares de participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción	102
Tabla 70 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)	102
Tabla 71 : Resultado de los valores de los parámetros de la vulnerabilidad de las viviendas del jirón José Olaya	103
Tabla 72 : Calculo para la determinación de la vulnerabilidad estructural	105
Tabla 73:Cálculo de Niveles de Vulnerabilidad	106
Tabla 74 : Matriz de índices de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya	106

LISTA DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
Figura 1 : Mapa sísmico del Perú	5
Figura 2 : Clasificación de peligros.	14
Figura 3 : Peligros originados por fenómenos naturales.	14
Figura 4 : Sismo originado por una falla geológica.	15
Figura 5 : Esquema del proceso de convergencia de la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana.	16
Figura 6: Matriz de Thomas Saaty	21
Figura 7 : Mapa de la división política de la provincia de Huaraz.	26
Figura 8 : Mapa de ubicación del área de estudio en la ciudad de Huaraz- jirón José Olaya.	28
Figura 9 : Línea de tiempo de los sismos con mayor intensidad en Ancash.	35
Figura 10 : Mapa geológico regional de Huaraz.	37
Figura 11 : Mapa de distribución espacial de sub unidades geológicas del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz.	38
Figura 12 : Mapa de distribución espacial del basamento rocoso del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz.	39
Figura 13 : Mapa de distribución espacial de geoformas del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz.	41
Figura 14 : Esquema de subducción de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana.	42
Figura 15: Mapa de ubicación de la Napa Freática de la ciudad de Huaraz.	44
Figura 16 : Mapa de distribución espacial de la Napa Freática de la ciudad de Huaraz.	45
Figura 17 : Mapa de tipo de suelo del distrito de Huaraz.	48
Figura 18 : Mapa sísmico del Perú.	50
Figura 19 : Mapa de zonificación sísmica.	52
Figura 20: Leyenda del Mapa de microzonificación sísmica de Huaraz.	53
Figura 21: Mapa de microzonificación sísmica de Huaraz	54
Figura 22 : Localización de las viviendas según zona sísmica	57
Figura 23 : Tipo de material en paredes de las viviendas.	57
Figura 24 : Tipo de cubierta en el techo de las viviendas.	57
Figura 25 :Tipo de material en el techo de las viviendas	58
Figura 26 : Sistema de entrepisos de las viviendas	58

Figura 27 : Número de pisos de las viviendas	59
Figura 28 : Antigüedad de la construcción de las viviendas	59
Figura 29 : Estado de construcción de las viviendas	60
Figura 30 : Topografía del sitio de las viviendas	60
Figura 31: Cumplimiento de medidas para reforzamiento viviendas	61
Figura 32 : Participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción de las viviendas	61
Figura 33: Mapa de vulnerabilidad del jirón José Olaya	64
Figura 34: Procedimientos simples de reforzamiento	66
Figura 35: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio	115
Figura 36: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio	115
Figura 37: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio	116
Figura 38: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio	116
Figura 39: Vivienda de adobe del ámbito de estudio	118
Figura 40: Vivienda de adobe del ámbito de estudio	118
Figura 41: Vivienda de adobe del ámbito de estudio	119
Figura 42: Vivienda de adobe del ámbito de estudio	119
Figura 43: Vivienda de adobe del ámbito de estudio	120
Figura 44: Vivienda de adobe del ámbito de estudio	120
Figura 45: Vivienda de concreto del ámbito de estudio	121
Figura 46: Vivienda de concreto del ámbito de estudio	121

SIGLAS

SIGLA	DENOMINACIÓN
CENEPRED	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
CERESIS	Centro Regional de Sismología para América del Sur
IGP	Instituto Geofísico del Perú
GRD	Gestión del Riesgo de Desastres
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
INGEMMET	Instituto Geológico, Minero Metalúrgico
MMI	Intensidad de Mercalli Modificada
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se basa en la vulnerabilidad estructural de viviendas ante sismo, que comprende las condiciones de debilidad de las estructuras de las viviendas ante movimientos sísmicos de gran magnitud.

Las causas de estudio de la vulnerabilidad estructural subyacen en la localización del Perú, ya que se ubica en una de las regiones sísmicas con mayor actividad entre los países del mundo, por lo cual la probabilidad de que ocurran eventos de gran magnitud es alta. A lo largo de la historia de nuestro país, estos eventos sísmicos han provocado daños importantes en las estructuras de las diferentes edificaciones. (Ramirez, 2017).

Los desastres no sólo causan enorme padecimiento a las familias, sobre todo de menores recursos, sino que desgastan los ingresos de la sociedad en todos sus estratos, es por ello que sale la frase “Es mejor prevenir que lamentar”, y la mejor prevención consiste en mitigar los riesgos. (Kuroiwa & Salas, 2009). En el Perú, aproximadamente el 50% de viviendas son de tapial y adobe, el tapial es la construcción más vulnerable frente a sismos. Se construye apisonando suelo húmedo a fin de levantar muros de unos 0.80 m de espesor. (Kuroiwa, 2016)

Es resaltante mencionar que en el Perú se viene dando el silencio sísmico que preocupa y hace prever que la próxima gran liberación de energía está cada día más cerca. Por esta razón, se investiga esta problemática con el interés de conocer el nivel de vulnerabilidad en el que se encuentran las viviendas del Jirón José Olaya, provincia de Huaraz, departamento de Ancash debido a la antigüedad de las construcciones, asimismo por ser considerado Ambiente Urbano Monumental en el año 1987, luego que las estructuras de las viviendas se mantuvieron sin daño alguno tras la ocurrencia del sismo del año 1970. En la actualidad, el ámbito de estudio tiene un número considerable de habitantes y una actividad económica sobresaliente con las tradicionales ferias gastronómicas.

Establecer niveles de vulnerabilidad estructural ante sismos, ayudará a tomar medidas de reducción de los efectos ante su ocurrencia de gran magnitud y proteger la vida y medios de vida de la población ocupante de estas viviendas, estableciendo medidas de reforzamiento estructurales y no estructurales.

La metodología empleada, fue establecida por el CENEPRED, denominado “Proceso de Análisis Jerárquico” utilizado para la ponderación de los parámetros de evaluación del peligro, vulnerabilidad de manera cualitativa y cuantitativa facilitando la estratificación de los niveles. Se obtuvieron datos mediante la revisión de documentos y/o registros del peligro de origen natural investigado, condiciones vulnerabilidad, y mediante las visitas a campo realizadas al ámbito de estudio con el propósito de identificar las características del territorio, características estructurales que influyen ante la ocurrencia de un sismo en las viviendas del Jirón José Olaya, a través de la aplicación de fichas técnicas enfocadas a las viviendas en relación a la vulnerabilidad estructural, aplicadas por personas integrantes del equipo técnico multidisciplinario. Posterior a ello se procesó los datos haciendo uso del método de proceso análisis jerárquico que permitió ponderar los parámetros de evaluación y descriptores del peligro sismo y de la vulnerabilidad estructural.

En el Capítulo I, se realiza el planteamiento y formulación del problema identificado, posterior a ello el planteamiento de la hipótesis y objetivos a desarrollar durante la investigación.

En el Capítulo II, se describe el marco referencial de la investigación, mencionando antecedentes internacionales, nacionales y regionales. Se profundiza conceptos con el marco teórico y se fundamenta mediante el establecimiento del marco legal.

En el Capítulo III, se describe la metodología empleada de acuerdo al ámbito de estudio, tipo de investigación, técnicas e instrumentos empleados durante el desarrollo de la investigación.

En el Capítulo IV, se dan a conocer los resultados obtenidos en base a los objetivos planteados para la investigación en relación a la vulnerabilidad estructural de vivienda.

En el Capítulo V se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones en base al desarrollo de la investigación.

1.1 Planteamiento del problema

En el Perú, según el IGP en el año 2018, a nivel nacional se reportaron más de 90 movimientos sísmicos, de los cuales el 10% corresponden a la zona costa de Ancash, esto demuestra que la actividad telúrica no es frecuente, pero eso no significa que no vaya a ocurrir un sismo. En la actualidad, en la región Ancash se viene presenciando el llamado “silencio sísmico”, el mismo que podría producir un sismo de gran magnitud ya que Ancash no atraviesa por un fenómeno de esa naturaleza hace más de 40 años.

El terremoto ocurrido en Ancash en el año 1970, fue un evento de magnitud 7.8 Mw en la escala Magnitud Momento Sentido, fue el sismo más destructivo de la historia del Perú, no solo por la magnitud sino también por la cantidad de pérdidas humanas que afectó a la región Ancash, la ciudad de Huaraz fue destruida en un 97% y dentro del 3% de la ciudad que no se destruyó, se encuentra el jirón José Olaya ubicado en el barrio José Olaya, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, donde la mayoría de las viviendas resistieron al evento suscitado. (INDECI & PNUD, 2004). Estas viviendas fueron construidas con material de adobe, que han ido deteriorándose a lo largo de los años y se convierten en estructuras vulnerables ante la ocurrencia de eventos de origen natural como son los sismos de gran magnitud, el riesgo de colapso dependerá de las características geológicas y geomorfológicas de la zona, dejando como consecuencia el riesgo a la vida y afectación a la calidad de vida de la población.

El Perú, está sometido al proceso de subducción que es uno de los más importantes desde el punto de vista de tectónica de placas, este proceso geológico se está llevando a cabo desde millones de años atrás. (CENEPRED, 2017)

La sismicidad en el territorio peruano, es debido al proceso de subducción de placas y a la dinámica de cada una de las unidades tectónicas presentes en el interior del continente. Los terremotos de mayor magnitud ocurridos frente a la costa son del año 1586 (primer gran terremoto con documentación histórica), 1687 y 1746 que destruyeron en gran porcentaje a la ciudad de Lima, además de producir tsunamis con olas que posiblemente alcanzaron alturas de 15-20 metros. En la región sur, los terremotos más notables fueron los ocurridos en los años 1604, 1784 y 1868. Estos eventos produjeron daños importantes en las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna; además de Arica e Iquique en Chile. El terremoto

de 1868 habría generado tsunamis con olas 14 metros de altura afectando a los departamentos de Tacna (Perú), Arica e Iquique (Chile). (Tavera et al., 2014)

Según el Instituto Geofísico del Perú IGP, (2011).” La mayor cantidad y las grandes catástrofes se han evidenciado en el reconocido cinturón de fuego del océano pacífico que reconoce a los países que rodean al mencionado océano, lo mencionado como ejemplo son los sismos ocurridos en América del Sur en la última década: Arequipa en el año 2001, con un sismo de 8,2 de magnitud; otro caso es en la ciudad de Pisco en 2007, con 8,0 de magnitud y lo ocurrido en el país de Chile en el año 2010, con 8,8 de magnitud. A partir de esto en nuestro país, forma parte de esta región, considerando que su borde occidental colisiona de manera frontal con la placa de Nazca junto a Chile, Ecuador y Colombia, por encima de una superficie de que presenta una aproximación de 7,500 km de diámetro. Por otro lado, la placa de Nazca y la parte de Sudamérica se encuentran en continuo movimiento generando y liberando energía manifestados en sismos y erupciones volcánicas”. (Rodríguez, 2019)

Conocer las características del sismo que pueda afectar a una estructura, dependerá de la historia sísmica de cada región, los sismos tienen su origen en tres fuentes sismogénicas: (1) la superficie de contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana, (2) la deformación de la corteza continental y, (3) la deformación de la corteza oceánica con focos a profundidades superiores a 61km.

La Figura 1 muestra el mapa sísmico del Perú, el cual sugiere que la peligrosidad sísmica en el Perú es alta. Se observa mayor actividad sísmica en las regiones Centro y Sur, y moderada en el Norte. Esta información permite delimitar las zonas sismogénicas presentes en el Perú.

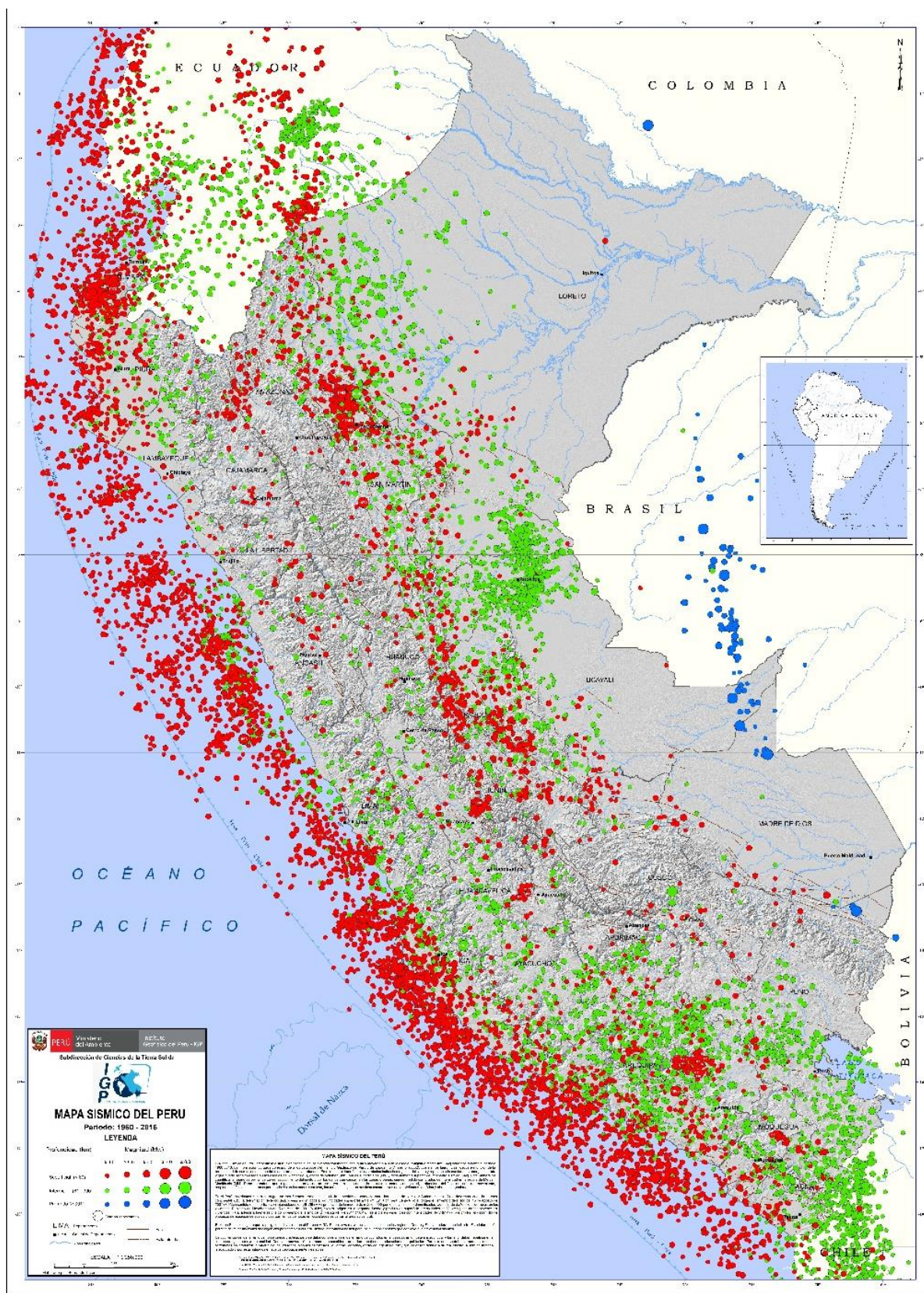


Figura 1 : Mapa sísmico del Perú
Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2016.

De otro lado, la dimensión del problema de vulnerabilidad del Perú ante desastres es significativa, el Perú está identificado como uno de los países con mayor vulnerabilidad y a sufrir desastres debido a su ubicación dentro del cinturón de fuego del pacífico, donde ocurre el 85% de todos los sismos del mundo, según, el IGP, nuestro país cuenta con redes sísmicas y de GPS, cuya información permite identificar la ubicación de las asperezas (áreas de ruptura) que darían origen en el futuro, a los próximos grandes sismos frente a múltiples amenazas naturales en todo el continente, por lo tanto se debe mejorar el desempeño en componentes claves de la gestión de riesgos: gobernabilidad, protección financiera, identificación de riesgo, reducción de riesgo, y manejo de desastre, partiendo del fortalecimiento de las instituciones, comunidades y organizaciones que fundamentalmente sufren los impactos de estos desastres y que las inversiones que se hagan en la gestión del riesgo se evalúen en función de eficiencia y de acuerdo a la política presupuestaria del estado, en lo posible medida por productos que puedan ser evaluados por indicadores que correspondan al contexto regional y local.(Rodríguez, 2019)

En la actualidad en la región Ancash, referente al conocimiento de los peligros físicos que amenazan las áreas urbanas y de expansión urbanística de la Ciudad de Huaraz se viene presenciando el llamado “silencio sísmico”, el cual se describe como la no ocurrencia de un sismo de gran magnitud durante un periodo de años bastante largo, los sismos son cíclicos y, cuanto más grande es el periodo de retorno, mayor es la cantidad de energía que se liberará. De acuerdo a las estructuras predominantes existen construcciones de adobe y estructuras de ladrillo construidas muchas de ellas de manera empírica por un “maestro de obra” con falta de conocimientos en este tipo de edificaciones, sin seguir la normativa para construcción de infraestructura, siendo estas vulnerables ante la ocurrencia de peligros de origen natural.

Según el Dr. Hernando Tavera, en una entrevista brindada en el 2018, indica que “En el Perú, según el IGP en el año 2018, a nivel nacional se reportaron más de 90 movimientos sísmicos, de los cuales el 10% corresponden a la zona costa de Ancash, esto demuestra que la actividad telúrica no es frecuente, pero eso no significa que no vaya a ocurrir un sismo”.

El sismo del 31 de mayo de 1970, fue probablemente uno de los desastres naturales más destructivos registrados en el país, afectando íntegramente al departamento de Ancash y provincia de los departamentos de Lima, La Libertad,

Cajamarca y Huánuco, abarcando una extensión de 80,000 km², causando la muerte de 50,000 personas y devastando casi ciudades enteras como la ciudad capital del dpto. de Ancash, Huaraz cuyos daños irreparables fueron del 80% de las edificaciones existentes. Debido a su distancia epicentral, a Huaraz le correspondía una intensidad de VII, pero el centro urbano de la misma, alcanzo una intensidad de VIII debido a la amplificación sísmica causada por las condiciones locales, es decir las características del suelo. (Ordóñez, 1984)

A partir de experiencias de terremotos pasados se ha observado que ciertas estructuras, dentro de la misma tipología estructural, experimentan un daño más severo que otras, a pesar de estar ubicadas en la misma zona. Si al grado de daño que sufre una estructura, ocasionada por un sismo de determinadas características, se le denomina vulnerabilidad, se puede entonces calificar los edificios en "más vulnerables" o "menos vulnerables" frente a un mismo evento sísmico. (Ortega, 2014)

El jirón José Olaya ubicado en el barrio José Olaya, provincia de Huaraz fue uno de los pocos barrios donde las viviendas resistieron al sismo acontecido del 31 de mayo de 1970. Declarándose 17 años más tarde como Ambiente Urbano Monumental mediante Resolución Ministerial N°775-87-ED (Ministerio de Educación, 1987). La actividad económica principal es la "TRADICIONAL FERIA DE COMIDAS TÍPICAS DEL HISTÓRICO BARRIO DE JOSÉ OLAYA", creada hace alrededor de 19 años, esta zona es muy atípica con respecto a la arquitectura de otros jirones, avenidas, calles de la ciudad de Huaraz; debido que esta calle es la única que se mantuvo de pie luego del catastrófico terremoto del año 1970 que destruyó toda la ciudad de Huaraz y parte del Callejón de Huaylas; además de calles estrechas, con balcones en cada vivienda, las paredes pintadas de color blanco y las puertas de color verde, con un empedrado que tiene en la entrada y final un empedrado de dos réplicas de huacos de la cultura Recuay. (José Olaya Huaraz, 2012)

La característica principal de las viviendas, es el material de construcción adobe, que a lo largo de los años se deterioran y se convierten en estructuras vulnerables ante la ocurrencia de eventos de origen natural como son los sismos, el riesgo de colapso es evidente ante la presencia de vulnerabilidad estructural que presentan dichas viviendas, situando en riesgo la vida de la población y afectando su calidad de vida y medios de vida.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Formulación General

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya ante la ocurrencia de sismo?

1.2.2. Formulación Especifica

- a. ¿En qué medida las características físicas de la situación actual del territorio de las viviendas del jirón José Olaya influyen ante la ocurrencia de sismo?
- b. ¿En qué medida los índices de los niveles de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya influyen ante la ocurrencia de sismo?
- c. ¿En qué medida influye el reforzamiento estructural de las viviendas del jirón José Olaya ante la vulnerabilidad frente a la ocurrencia de sismo?

1.3 Hipótesis

1.3.1. Hipótesis General

El nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas del Jirón José Olaya es alto ante la ocurrencia de sismo.

1.3.2. Hipótesis Especifica

- a. La caracterización física de la situación actual del territorio de las viviendas del jirón José Olaya influyen en gran medida ante la ocurrencia de sismo.
- b. Los índices de los niveles de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya influyen en gran medida ante la ocurrencia de sismo
- c. El reforzamiento estructural de las viviendas del jirón José Olaya influyen en la reducción de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de sismo.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya ante la ocurrencia de sismo, provincia de Huaraz, 2018.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Caracterizar los criterios físicos de la situación actual del territorio de las viviendas jirón José Olaya ante la ocurrencia de sismo.
- b. Determinar los índices de los niveles de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya que influyen ante la ocurrencia de sismo.
- c. Determinar la influencia del reforzamiento estructural de las viviendas del jirón José Olaya en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de sismo.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

2.1.1 A nivel internacional

Según Llanos, (2003). En la investigación “Los estudios de Vulnerabilidad surgen a principios del siglo XX, como una necesidad ante las consecuencias de sismos que habían ocurrido en distintos lugares del mundo (por ejemplo, San Francisco, CA. USA, 1906; Menisa, Italia en 1908 y Tokio, Japón en 1923). En general muchos países como Chile, Nicaragua entre otros sufrieron movimientos sísmicos significantes los cuales ocasionaron pérdidas tanto humanas como económicas.” (Citado en Ortega, 2014, p.43)

Según Benedetti y Petrini, (1984). En la investigación” Desarrollo de la teoría del Índice de Vulnerabilidad en la investigación "Su/la Vulnerabilitásismica di edifici in muratura: Pro poste di un método di valutazione. L' industria delle costruzioni" en la ciudad de Roma (Italia), la investigación concluyo: En que se postuló un método de evaluación de edificaciones, con el cual se calcula la vulnerabilidad de edificaciones empleando parámetros tanto de forma como estructurales en ciudades pilotos. Se desarrollaron 11 parámetros para evaluar edificaciones de mampostería no estructural y 11 parámetros para la evolución de edificaciones de concreto armado. Se construyeron las primeras funciones de vulnerabilidad en un estudio de este tipo considerando el índice cálculo aplicando los parámetros postulados” (Citado en Ortega,2014, p.43-44)

Maldonado, (2008). En la investigación “Funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de mampostería utilizando técnicas de simulación” propone una metodología

que consiste en utilizar un índice de vulnerabilidad y relacionarlo con un índice de daño en función de un evento sísmico determinado, para las cuales se utilizaron sistemas de simulación que permitieron tener 6000 estructuras teóricas. El método involucra procedimientos de simulación de edificaciones hipotéticas que revelan las características de las estructuras reales existentes en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana. Además, el modelo involucra procedimientos de simulación del método del índice de vulnerabilidad como mecanismo de calificación estructural. Cada una de las estructuras teóricas se determinó en su archivo de impotencia y en su archivo de daños para varias velocidades cada vez mayores de 0.05 a 0.25 g, y con ellas se construyeron marcos de debilidad y daños sísmicos para cada una de estas apreciaciones cada vez más rápidas. Los resultados obtenidos en la población de Florida blanca son bastante lógicos y dentro de lo que se esperaba; sin embargo es de resaltar que en la simulación de las edificaciones se utilizaron principios, fundamentos teóricos y modelos matemáticos respaldados por estudios experimentales; sin embargo, no dejan de ser modelos que contienen algunas hipótesis y simplificaciones, cuyos resultados necesitan ser calibrados con datos reales.

2.1.2 A nivel nacional

Según Zegarra, L., Quiun, D. & San Bartolomé, A. (1999) En la investigación "Técnicas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe" estudio como primera etapa, mediante una serie de ensayos en muros de adobe y módulos a escala de un piso, probando distintos tipos de refuerzo aplicados a los puntos más débiles, que son las esquinas o encuentros entre muros, así como la parte superior de los muros, concluyendo que la técnica de reforzamiento en base a mallas electrosoldadas dispuestas en forma de franjas que simulan vigas y columnas de confinamiento, constituye una solución factible para las viviendas de adobe existentes sujetas a terremotos en donde varios programas de reconstrucción aplicaron este sistema para viviendas nuevas, beneficiando a los pobladores de menores recursos afectados por el terremoto del 13 de junio del 2001, producido en la zona Sur del Perú.

Sánchez, (2003). En la investigación "Vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el Distrito de San Juan de Lurigancho: Comportamiento sísmico de las construcciones de Tierra", plantea una metodología

cualitativa para proponer una Hoja de Evaluación acorde a las normas peruanas y extranjeras de diseño arquitectónico; estructural, construcción y supervisión de edificaciones de albañilería, concreto armado y adobe, condiciones locales de suelo, topografía y geología; para determinar los niveles de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en la zona de estudio, se identificó que el tipo de edificación más vulnerable es el adobe por lo que se propone un reforzamiento adecuado y de bajo costo, y las recomendaciones para el reforzamiento y construcción con ladrillos de arcilla sin cocer en la zona de estudio.

2.1.3 A nivel local

Según Rodríguez, (2019). En la investigación “Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun – Carhuaz”, estudio las características del territorio y de los indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas ante el riesgo sísmico, para determinar el nivel de vulnerabilidad de las viviendas se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ). Los hallazgos evidencian que el territorio de la subcuenca Chucchun, por las características de la litología, pendiente y susceptibilidad o exposición presentan condiciones de vulnerabilidad alta y muy alta; los resultados de las encuestas evidencian que las viviendas presentan condiciones de vulnerabilidad y ante la ocurrencia del riesgo sísmico, las viviendas son altamente vulnerables.

Según Tinoco, Colonia, & Tinoco, (2015). En la investigación “Determinación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas, aplicando el sistema de información geográfica”, analizaron once parámetros y aplicación de sistemas de información geográfica para la elaboración de mapas temáticos, para determinar la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas, se utilizó el método del Índice de Vulnerabilidad planteado por los estudiosos italianos Benedetti y Petrini; los resultados determinaron que el 21,6% de las viviendas se encuentra en la clase A, con una vulnerabilidad baja, el 39,0% en la clase B, con una vulnerabilidad media, el 34,9% en la clase C, con una vulnerabilidad alta y el 4,5% en la clase D, con una vulnerabilidad muy alta. Teniendo en cuenta el índice de vulnerabilidad y una aceleración horizontal del terreno de 0,32 gr., se obtuvo que 112 viviendas (38,4%) sufrirían el colapso total y 180 viviendas (61,6%) seguirían en pie con algún daño estructural.

Según INDECI & PNUD, (2004). En el proyecto “Mapa de peligros de la ciudad de Huaraz”, estudio las características del territorio mediante información básica referida a planos topográficos y estudios de geología, geotecnia, mecánica de suelos, hidrología y otros, de áreas ubicadas en los distritos de interés, para determinar los fenómenos de variado origen que causan peligros físicos o amenazas para la ciudad de Huaraz. Además, se ejecutaron 34 calicatas (20 en zona antigua de Huaraz-Distrito de Restauración-Zona central y 14 en el Distrito de Independencia), calicatas-excavaciones que complementa los puntos de investigación existente y que han abarcado información de gran parte de los distritos de Restauración e Independencia. Los resultados determinaron sectores según el grado de peligro plasmado en el Mapa de Peligros Múltiples de la ciudad de Huaraz, que representa en síntesis la probable afectación que podría darse en el área urbana como consecuencia de la ocurrencia de peligros sobre sectores urbanos, que en cierto modo representa el nivel de amenaza.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Clasificación del peligro

El peligro, en la gestión del riesgo de desastres, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. (CENEPRED, 2017)

El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana. La Figura 2 muestra la clasificación de los fenómenos naturales, siendo los fenómenos de geodinámica y los fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos.(CENEPRED, 2014)



Figura 2 : Clasificación de peligros.

Fuente: CENEPRED, 2014.

La Figura 3 muestra la clasificación de los peligros generados por fenómenos de origen natural, siendo los peligros generados por fenómenos de geodinámica interna y externa y por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos.



Figura 3 : Peligros originados por fenómenos naturales.

Fuente: CENEPRED, 2014.

2.2.2 Sismo

El sismo se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos

resultantes, rigidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas.(CENEPRED, 2014)

Las estaciones sísmicas instaladas a nivel mundial registran el paso de las ondas y las almacenan para su posterior análisis y procesamiento, con el uso de software especializado se obtienen los parámetros sísmicos que aportan información valiosa para los estudios de sismicidad.(CENEPRED, 2017)

La Figura 4 muestra la ocurrencia de un sismo producido por falla geológica, donde se aprecian los parámetros generales que ayudan a caracterizar el fenómeno de origen natural.

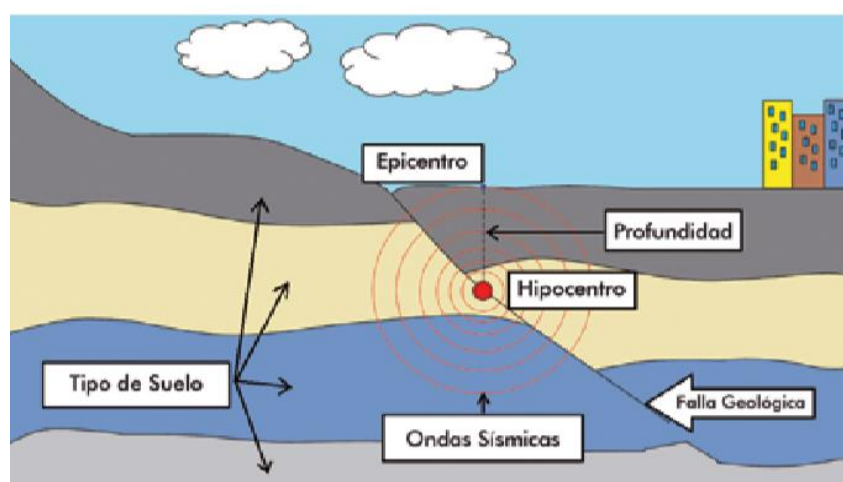


Figura 4 : Sismo originado por una falla geológica.

Fuente: CENEPRED, 2014.

Las características actuales de nuestro planeta Tierra son el resultado de procesos tectónicos que han ocurrido a lo largo de millones de años. Para explicar la estructura interna de la tierra se han definido dos modelos, uno considera su composición química y el otro sus propiedades mecánicas, en ambos casos se supone que la estructura interna está dividida a manera de capas concéntricas. La teoría de la tectónica de placas afirma que la superficie terrestre está conformada por una serie de placas, llamadas placas tectónicas, que interactúan entre sí generando, ya sea la formación de nueva corteza en los fondos oceánicos o la destrucción de corteza. Dentro de este marco tectónico, el Perú se encuentra ubicado en el margen occidental de Sudamérica donde se produce la interacción entre la placa de Nazca (oceánica) y la placa Sudamericana (continental). En

este caso la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa Sudamericana, dándose el proceso de subducción, esa interacción de placas ha dado lugar a la formación de la Cordillera de los andes. La placa de Nazca se desplaza a una velocidad de 8-10 cm/año en dirección Noreste.(CENEPRED, 2017)

La Figura 5 muestra la ubicación del Perú entre las Placas tectónicas (nazca y sudamericana).

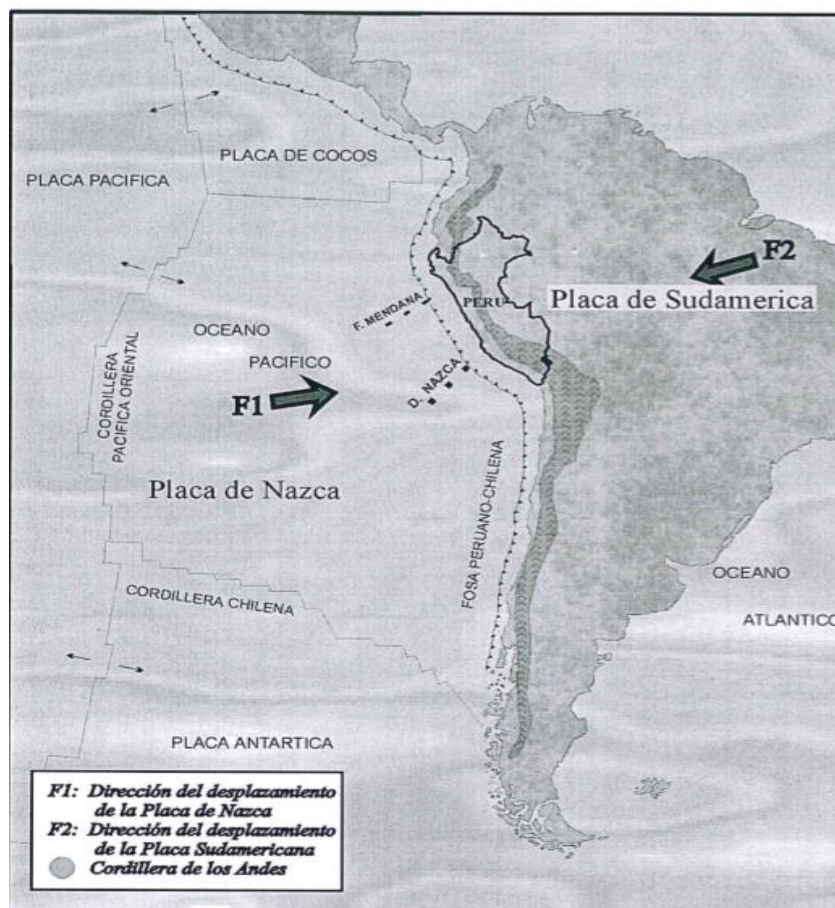


Figura 5 : Esquema del proceso de convergencia de la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana.

Fuente: CENEPRED, 2017.

a. Parámetros sísmicos

Son aquellos que caracterizan el sismo y son frecuentemente mencionados en los boletines sísmicos que emiten las entidades sismológicas.

- **Hipocentro (profundidad del sismo):**

Es el punto en el interior de la Tierra donde comienza la ruptura, también se le conoce como foco sísmico.

- **Magnitud**

Representa la energía liberada en el hipocentro, el valor de la magnitud de un sismo en particular es única, no está relacionada con el lugar de ubicación de un punto geográfico.

- **Intensidad**

Es una medida cualitativa de los efectos causados en las personas, viviendas, infraestructura y en la naturaleza. Puede variar en distintos puntos geográficos, mientras más cerca este el epicentro los efectos serán mayores. La escala más usada es la de Mercalli Modificada.

- **Distancia al epicentro**

Es la distancia horizontal medida desde el epicentro hasta un punto geográfico en la superficie terrestre.(CENEPRED, 2017)

2.2.3 Vulnerabilidad

Se refiere al grado de daños que pueden sufrir las edificaciones que realiza el hombre y depende de las características de su diseño, la calidad de los materiales y de la técnica de construcción. Por ejemplo, si se construyen viviendas con pequeñas piezas de adobe y mano de obra deficiente sobre suelos donde los sismos producirán altas aceleraciones, el riesgo que resulta para las construcciones y sus habitantes es muy alto. En cambio, construir en zonas que están ubicadas en partes altas no amenazadas por inundaciones y cimentadas sobre roca o suelo firme, donde las ondas sísmicas sufrirán poca amplificación, el riesgo es muy bajo.(Kuroiwa, 2002)

a. **Factores de vulnerabilidad:**

Están descritos como: Exposición, fragilidad y resiliencia, de la población y sus medios de vida.

▪ **Exposición:**

Referida a la identificación y cuantificación de los elementos expuestos ubicados en zonas susceptibles que pueden sufrir los efectos de un determinado peligro (personas, recursos, servicios, ecosistemas, entre otros).

▪ **Fragilidad:**

Referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.

▪ **Resiliencia:**

Referida a la capacidad de las personas, familias, comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro o amenaza; así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación. Cuando la resiliencia es mayor entonces la vulnerabilidad será menor. (CENEPRED, 2017)

b. **Dimensiones de la vulnerabilidad:**

La vulnerabilidad debe analizarse en cuatro dimensiones:

▪ **Dimensión física:**

Está relacionado a las condiciones específicas de infraestructura y ubicación de la comunidad, centro poblado o sector que pueden sufrir los efectos (datos y pérdidas) por acción del peligro.

▪ **Dimensión social:**

Está relacionada a los conjuntos de comportamientos, creencias, formas de organización y manera de actuar de una comunidad o sector que pueden sufrir los efectos por acción del peligro.

▪ **Dimensión económica:**

Relacionada con la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos que tienen los miembros de una comunidad, centro poblado o sector.

▪ **Dimensión ambiental:**

Relacionada a como una comunidad, centro poblado o sector utiliza de forma no sostenible los elementos de su entorno, con lo cual debilita la capacidad de los ecosistemas. (CENEPRED, 2017)

2.2.4 Vulnerabilidad estructural

Se refiere a la susceptibilidad que una estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes de la edificación que lo mantienen en funcionamiento ante la ocurrencia de un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas. Puede decirse de manera general que un diseño que presenta un alejamiento de formas y esquemas estructurales simples es castigado fuertemente por los sismos. De cualquier forma, dada la naturaleza errática de los sismos, así como la posibilidad de que se exceda el nivel de diseño para el cual fue diseñada la edificación, es aconsejable evitar el planteamiento con configuraciones irregulares. (Sánchez, 2003)

2.2.5 Daños estructurales

En general, las enseñanzas que han dejado los movimientos sísmicos indican que en los países donde se diseña de acuerdo con una buena normativa sismorresistente, donde la construcción es sometida a una supervisión estricta y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica real de la zona, el daño sobre la infraestructura es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se han dado estas circunstancias. Desde una perspectiva histórica, un código por sí solo no puede garantizar la seguridad contra el daño excesivo, puesto que los códigos son reglamentos que establecen requisitos mínimos, los que a su vez experimentan actualizaciones continuas de acuerdo con los avances tecnológicos y las enseñanzas que dejan las investigaciones y los estudios de los efectos causados por terremotos, que no son más que pruebas de laboratorio a escala real. El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente. (Sánchez, 2003)

2.2.6 Reforzamiento estructural

Se plantea un sistema de refuerzo para viviendas de adobe existentes y una adaptación del mismo para viviendas nuevas, con el objetivo de evitar el colapso ante terremotos. Resulta importante promover las buenas prácticas constructivas, así como dar uso y aplicación de los instrumentos técnicos y normativos que permitirán reducir los riesgos existentes y prevenir la generación de nuevas condiciones de riesgo. (Zegarra, Quiun, & San Bartolomé, 1999)

El Perú, debido a su ubicación, configuración geopolítica y clima, está expuesto permanentemente a los catastróficos efectos de los fenómenos naturales intensos de origen geológico y climático. Debemos estar, por ello, en alerta permanente. Los desastres no sólo causan enorme padecimiento a las familias, sobre todo de menores recursos, sino que desgastan los ingresos de la sociedad en todos sus estratos. (Kuroiwa & Salas, 2009)

2.2.7 Proceso de análisis jerárquico

Este método multicriterio, fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual. Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. El punto central de este proceso es asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados. (CENEPRED, 2014)

La Figura 6 muestra la Matriz de Thomas Saaty, donde pondera de acuerdo a escalas numéricas y verbales a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Figura 6: Matriz de Thomas Saaty

Fuente: CENEPRED, 2014

2.3 Marco legal

El presente trabajo de investigación se enmarca dentro las siguientes bases legales:

2.3.1. Leyes

a. Ley N°29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).

- **Artículo 1.-** Creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD): Como sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos, y preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de la Gestión del Riesgo de Desastres.

- **Artículo 6.-** Componentes y procesos de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres: Señala que la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres se establece, entre otros, sobre la base de los siguientes componentes: a) Gestión Prospectiva: conjunto de acciones que se planifican y realizan con el fin de evitar y prevenir la conformación del riesgo futuro que podría originarse con el desarrollo de nuevas inversiones y proyectos en el territorio; b) Gestión Correctiva: conjunto de acciones que se planifican y realizan con el objeto de corregir o mitigar el riesgo existente; y c) Gestión Reactiva: conjunto de acciones y medidas destinadas a enfrentar los desastres ya sea por un peligro inminente o por materialización del riesgo.

2.3.2. Decreto supremo

a. **Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).**

- **Artículo 1.-** Objeto, la presente norma tiene por objeto reglamentar la Ley N° 29664, para desarrollar sus componentes, procesos y procedimientos, así como los roles de las entidades conformantes del sistema.
- **Artículo 3.-** Cumplimiento de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, las Entidades Públicas responsables de cumplir con la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, a fin de elaborar y presentar sus evaluaciones semestrales a las que se hace referencia en el Decreto Supremo N° 027- 2007-PCM y sus modificatorias, deben considerar como lineamientos para la formulación de sus metas concretas e indicadores de desempeño, las acciones estratégicas contenidas en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGERD.

b. **Decreto Supremo N°034-2014-PCM, que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PLANAGERD 2014-2021.**

- **Artículo 3.-** Cumplimiento de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, las Entidades Públicas responsables de

cumplir con la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, a fin de elaborar y presentar sus evaluaciones semestrales a las que se hace referencia en el Decreto Supremo N° 027- 2007-PCM y sus modificatorias, deben considerar como lineamientos para la formulación de sus metas concretas e indicadores de desempeño, las acciones estratégicas contenidas en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGERD.

c. **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.**

- Tiene por objeto actualizar la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” de acuerdo con las nuevas tecnologías en sismorresistencia a fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones nuevas, evitar las pérdidas de vidas humanas en caso de sismos y asegurar la continuidad de los servicios básicos.

2.3.3. Resoluciones

a. **Resolución Ministerial N° 775-87-ED, que declara Monumentos, Ambientes Urbanos Monumentales y Zonas Monumentales.**

- Declarando como Ambiente urbano Monumental al Jr. José Olaya del Departamento de Ancash, Provincia de Huaraz, Distrito de Huaraz.

b. **Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA, que modifica la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones.**

- **Artículo 1.-** Modificación de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE del Numeral III.2 Estructuras, del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

c. **Resolución Ministerial N° 043-2019-VIVIENDA, que modifica la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones.**

- **Artículo 1.-** Modificar los artículos 11,12, 16 y 27 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por la Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA.

d. **Resolución Jefatural N° 079-2017-CENEPRED/J, que aprueba el “Manual para la Evaluación del Riesgo por Tsunamis” y el “Manual para la Evaluación del Riesgo por Sismos”.**

- **Artículo 2.-** La presente Resolución Jefatural es de aplicación y cumplimiento obligatorio por los integrantes que componen el Sistema Nacional de Gestión del Riesgos de Desastres

2.3.4. Normas

a. **NORMA A.140, Bienes Culturales Inmuebles.**

- Artículo 16.- Las nuevas edificaciones deberán respetar los componentes de la imagen urbana que permitan su integración con los bienes culturales inmuebles existentes en el lugar, para lo cual deberán armonizar el carácter, composición volumétrica, escala y expresión formal de los citados inmuebles. La altura de las nuevas edificaciones deberá guardar relación con la altura dominante de las edificaciones de valor del entorno inmediato.

2.4 Definición de términos

- Ambiente urbano monumental:** Son aquellos espacios públicos cuya fisonomía y elementos, por poseer valor urbanístico en conjunto, tales como escala, volumétrica, deben conservarse total o parcialmente.(Ministerio de Vivienda, 2006)
- Caracterización de peligros:** Conjunto de actividades posteriores a la identificación de peligros. Detalla las características del evento, así como los factores intrínsecos involucrados que aportan y/o inhiben a la ocurrencia de este y los factores y/o condiciones que inician la ocurrencia del peligro,

procesando y calculando cada factor y/o parámetro evaluado, del cual se obtiene la probabilidad de ocurrencia de este.(CENEPRED, 2017)

- c) **Estratificación de la vulnerabilidad:** se establecen los niveles de importancia para cada parámetro y descriptor, mediante el proceso de análisis jerárquico, utilizando pesos ponderados para establecer los niveles de vulnerabilidad (bajo, medio, alto y muy alto). (CENEPRED, 2017)
- d) **Peligro:** Es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. (CENEPRED, 2014)
- e) **Silencio sísmico:** Es una región donde no ocurre un sismo importante en un largo periodo de años pero que está bordeada por regiones en donde ocurrieron sismos recientes (IGP, 2019)
- f) **Vulnerabilidad:** Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. (CENEPRED, 2017)
- g) **Zonificación sísmica:** División y clasificación en áreas de la superficie terrestre de acuerdo a sus vulnerabilidades frente a un movimiento sísmico actual o potencial, de una región o un país.(INDECI, 2010)

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 **Ámbito de estudio**

3.1.1 **Ubicación Política**

El ámbito territorial de la provincia de Huaraz, se ubica en la parte central del departamento de Ancash. La capital de la provincia de Huaraz es la Ciudad del mismo nombre, ubicada en la Región Sierra, dentro de la unidad geomorfológica Valle Amplio, en la margen derecha del Río Santa y atravesado por el río Quillcay, en una altitud de 3 052 m s n m, entre las coordenadas UTM 764, 520.35 m Este y 8,996,031.45 m Norte.(Gobierno Regional de Ancash, 2014)

La ciudad de Huaraz se ubica entre la Cordillera Blanca al Este y Cordillera Negra al Oeste. Estas cordilleras corren paralelas de Sur a Norte a lo largo de 200 km. en el Callejón de Huaylas. (Alva, Huamán, & Bustamante, 2000)

La Figura 7 muestra el mapa de la división política de la provincia de Huaraz, donde se señala el ámbito de estudio de la presente investigación.

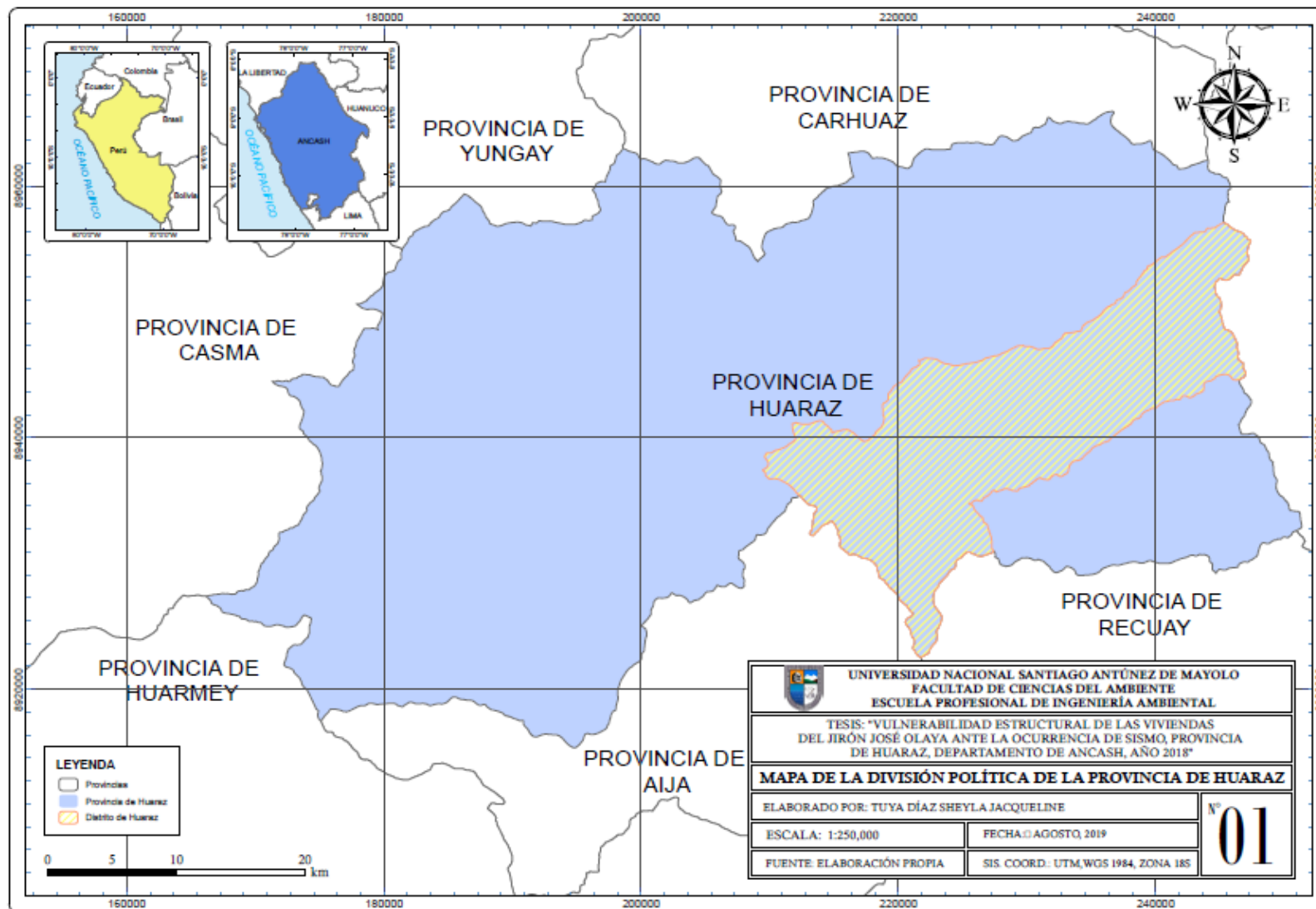


Figura 7 : Mapa de la división política de la provincia de Huaraz.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Ubicación del ámbito de estudio.

El ámbito de estudio se encuentra ubicado en el Barrio de José Olaya, en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz en una altitud de 3,100 m.s.n.m, entre las coordenadas 223,394 Este y 8,945,743 Norte.

Considerado Ambiente Urbano Monumental, mediante Resolución Ministerial N°775-87-ED, a lo largo de cuatro manzanas, caracterizado por ser la única calle que se mantuvo en pie después del terremoto del año 1970; antes del año 1970 la calle se llamaba “Quemash” que significa quedarse a descansar; la vía de estructura angosta, se encuentra empedrada dándole la característica de zona urbana de antaño, las viviendas de dos pisos son de material tradicional con pequeños balcones de madera, de típica arquitectura colonial, la fachada es blanca y las puertas de color verde; dando remembranza a Huaraz de antaño, en la actualidad los domingos se realizan ferias gastronómicas de platos típicos de la zona.(Gobierno Regional de Ancash, 2014)

La Figura 8 muestra la ubicación del ámbito de estudio en la ciudad de Huaraz, el jirón José Olaya cuenta aproximadamente con un total de 61 viviendas que constituyen la población de objeto de estudio.

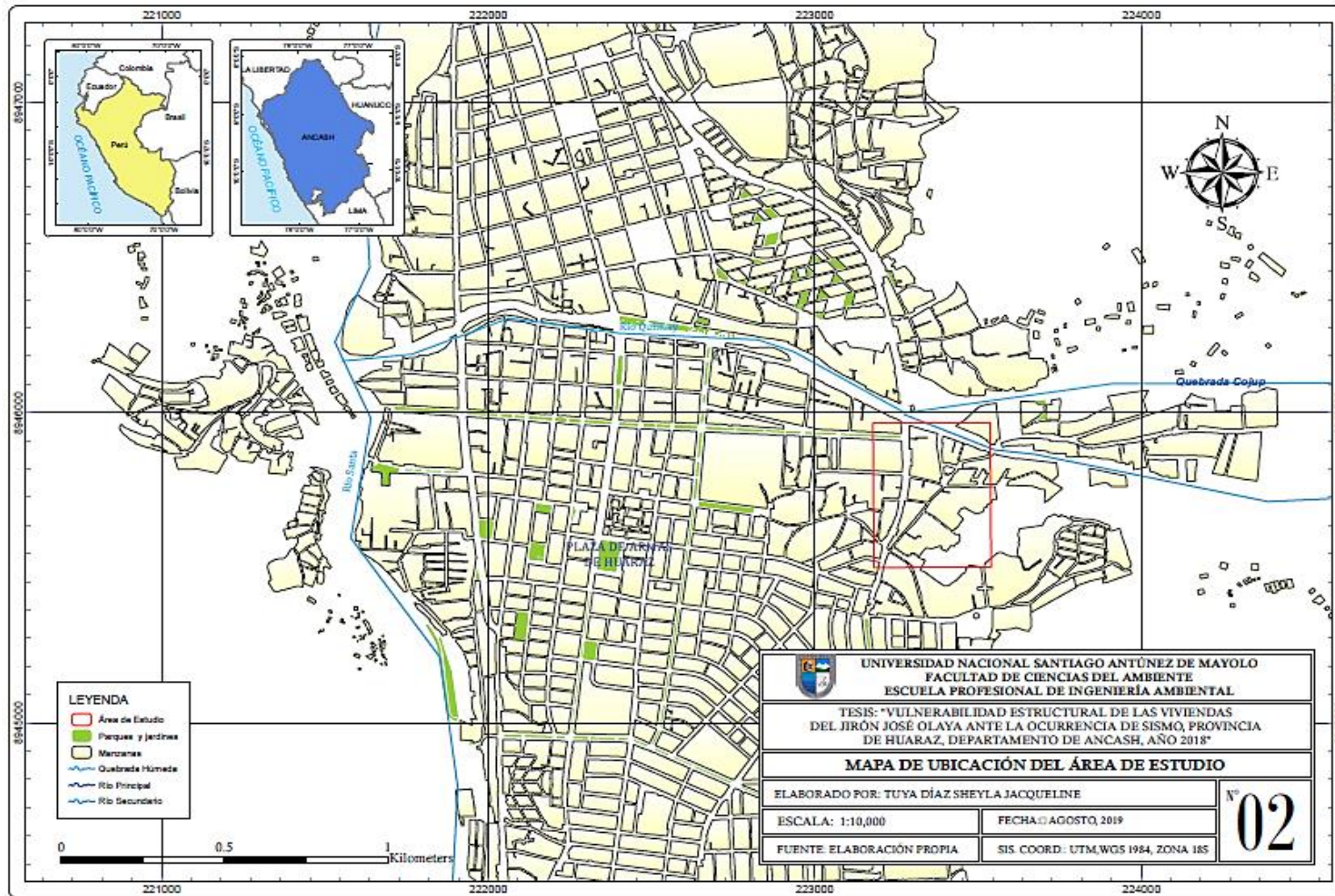


Figura 8 : Mapa de ubicación del área de estudio en la ciudad de Huaraz- jirón José Olaya.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Tipo de investigación y diseño de investigación

La presente investigación es descriptiva, porque reúne información cuantificable que puede usarse para hacer inferencias estadísticas a través del análisis de los datos. Es no experimental, porque las variables no son manipuladas. Los datos de forma directa y se estudian posteriormente.

Es cualitativa y cuantitativa, porque para evaluar la vulnerabilidad estructural en el ámbito del Jirón José Olaya, provincia de Huaraz, se aplicó el método establecido por el CENEPRED: El proceso de análisis jerárquico para la ponderación de los parámetros de evaluación del peligro y de la vulnerabilidad, mostrando la importancia de cada parámetro en relación a un peso ponderado en el cálculo, facilitando la estratificación de los niveles. Este método tiene un soporte matemático, permitiendo incorporar información cuantitativa (mediciones de campo) y cualitativa (nivel de incorporación de los instrumentos de gestión del riesgo, niveles de organización social, etc.).

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La presente investigación, se concentró en la evaluación de la vulnerabilidad estructural de las viviendas para proponer medidas para la reducción del riesgo de desastres en cumplimiento de la normatividad vigente sobre construcción de viviendas.

Las etapas desarrolladas fueron tres:

1. Primera etapa de campo: Se aplicó el diseño no experimental, porque no se manipuló directa ni deliberadamente las variables, se obtuvieron datos mediante la observación en campo, revisión de documentos y/o registros del fenómeno investigado de las condiciones de peligro y vulnerabilidad. En el proceso también se utilizaron datos secundarios provenientes de archivos de las instituciones técnico científicas como el IGP, INGEMMET, entre otras instituciones que manejan información relacionada al peligro estudiado.
2. Segunda etapa de campo: Se realizaron visitas de campo al ámbito de estudio con el propósito de identificar las características físicas de cada vivienda que influyen ante la determinación de la vulnerabilidad ante ocurrencia de sismo en las viviendas del Jirón José Olaya. De concordancia con el tamaño de muestra, se aplicaron fichas técnicas para cada vivienda, haciendo un total de 61, las cuales sirvieron para determinar la vulnerabilidad estructural a través

de la observación de cada vivienda. Los datos consignados en la ficha se basaron en un criterio técnico por parte del equipo multidisciplinario conformado, se contó con la participación de egresadas de la Facultad de Ingeniería Civil para determinar las características de las variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas ante la ocurrencia de sismo.

La ficha técnica fue validada por la opinión de tres expertos, profesionales con conocimiento en el tema de la investigación.

3. Tercera etapa de gabinete: Se utilizó el método del proceso de análisis jerárquico, el cual permitió ponderar los parámetros y descriptores del peligro sismo y de la vulnerabilidad estructural, permitiendo incorporar criterios cuantitativos y cualitativos que son considerados en la gestión del riesgo de desastres. (Rodríguez, 2019) Con esos datos ponderados según la metodología empleada, se establecen rangos cuantitativos para cada nivel y se va clasificando de acuerdo a la cantidad de viviendas.

3.4 Operacionalización de variables

La Tabla 1 muestra las variables que se consideraron en la investigación: vulnerabilidad estructural y peligro sísmico con sus dimensiones, indicadores y niveles.

Tabla 1 : Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Niveles	
Vulnerabilidad Estructural	Tipo de material en paredes	Pared de tapial/madera		
		Pared de adobe		
		Pared de piedra		
		Pared de bloque		
		Pared de ladrillo		
	Tipo de cubierta de techo	Caña y zinc		
		Vigas de madera y teja		
		Vigas de madera y zinc		
		Cubierta metálica		
	Tipo de material en el techo	Losa de hormigón armado		
		Cartón/Plástico		Muy alta
		Estera		Alta
		Calamina		
		Teja		
		Sistema de entrepisos		Concreto armado
Entramado de madera/caña			Baja	
Vigas y entramado madera				
Entramado metálico				
Entramado hormigón/metálico				
Número de pisos	Losa de hormigón armado			
	5 pisos a mas			
		4 pisos		

		3 pisos	
		2 pisos	
		1 piso	
Antigüedad de construcción	de	De 40 años a más	
		De 30 a 40 años	
		De 20 a 30 años	
		De 10 a 20 años	
		Menor a 10 años	
Estado de conservación	de	Muy malo: Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir un colapso.	
		Malo: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular cuya estructura acusa deterioros que lo comprometen, aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	
		Regular: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico cuyas estructuras no tienen deterioro, si lo tienen no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visible debido al mal uso.	
		Bueno: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	
		Muy bueno: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y no presentan deterioro alguno.	
topografía del sitio	del	A nivel, terreno plano	
		Bajo nivel calzada	
		Sobre nivel calzada	
		Escarpe positivo	
		Escarpe negativo	
Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura	para	C < 20 %	
		30% < C ≤ 20 %	
		50% < C ≤ 30 %	
		70% < C ≤ 50 %	
		C > 70%	
Participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción	de	No	
		Solo opinión	
		Solo construcción	
		Solo diseño	
		Si, totalmente	
Peligro sísmico	Localización de la vivienda según zona sísmica	En la zona 4	Muy alta
		Entre zona 3 y 4	Alta
		En la zona 3	Media
		En la zona 2	Baja
		En la zona 1	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La dimensión dentro de la investigación, son los parámetros a evaluar, los cuales han sido considerados según el CENEPRED. Los indicadores dentro de la investigación, son considerados descriptores según la metodología empleada. Los niveles dentro de la investigación, se midieron en base a los rangos que se establecieron luego de ponderar los descriptores según lo observado en cada vivienda, de acuerdo a la metodología del CENEPRED: Proceso de análisis jerárquico.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1 Características de los criterios físicos de la situación actual del territorio de las viviendas jirón José Olaya ante la ocurrencia de sismos.

a. Historia de los sismos en Ancash.

La ciudad de Huaraz se encuentra ubicada en el valle del Rio Santa formado por procesos tectónicos, entre las cordilleras blanca y negra. La cordillera blanca constituida por un batolito de 3 a 12 millones de años de antigüedad, el cual se encuentra emplazado entre dos sistemas casi paralelos de fallamiento regional que están parcialmente sísmicamente activos. Del análisis histórico general de sismos, se puede deducir que los sismos más importantes que se producen, se dan en la Costa de Ancash. (Ordonez, 1984)

La Tabla 2 muestra el resumen de ocurrencias de sismos en el departamento de Ancash, indicando la magnitud de cada evento.

Tabla 2 : Historia de ocurrencia de sismos en Ancash

Departamento	Fecha (aa/mm/dd)	Hora (hh:mm:ss.s)	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Profundidad (Km)	Magnitud (Ms, mb, ML, Mw)
Ancash	10/11/1946	17:42:54	-8.30	-77.80	30	7.2
Ancash	24/09/1963	16:30:16	-10.61	-78.00	80	7.0
Ancash	31/05/1970	20:23:29	-9.20	-78.80	43	7.7
Ancash	12/05/1992	15:46:49	-10.05	-79.95	58	5.8
Ancash	23/09/1995	22:31:55	-10.70	-78.69	54	6.5
Ancash	03/01/2010	20:39:11	-8.99	-77.95	115	5.7
Ancash - Chimbote	15/01/2019	15:24:03	-9.18	-79.48	29	5.1
Ancash	23/01/2019	03:26:41	-6.34	-79.30	27	4.1
Ancash	23/01/2019	11:16:54	-9.56	-79.13	44	3.8
Ancash	25/01/2019	02:25:34	-9.28	-78.96	61	4.2
Ancash	02/02/2019	12:36:35	-9.05	-79.16	60	4.1
Ancash - Huarmey	07/02/2019	16:56:33	-10.76	-78.61	46	4.8
Ancash - Chimbote	13/02/2019	05:40:47	-9.24	-79.33	38	3.7
Ancash - Casma	22/02/2019	20:46:58	-9.85	-78.83	35	4.0
Ancash - Chimbote	02/03/2019	10:56:09	-9.19	-79.18	22	3.7
Ancash	04/03/2018	03:40	-8.95	-79.12	530	3.8

Fuente: IGP, 2019.

El 31 de mayo de 1970 ocurrió un terremoto de magnitud 7.8 Richter y, con epicentro aproximadamente a 50 km de la costa del Perú, al Oeste de la ciudad de Chimbote. Las coordenadas del epicentro según el USGS fueron 9.18°S y 78.82°W, con una profundidad focal de 45 km. El área afectada por el sismo fue superior a los 83,000 km², abarcando el departamento de Ancash, gran parte del departamento de la Libertad y algunas provincias de los departamentos de Lima, Huánuco y Cerro de Pasco. La población en la zona afectada era de 1,800,000 habitantes. En el sismo ocurrido se perdieron 50,000 vidas y 20,000 personas desaparecieron. El número de heridos fue de 150,000 y más de 500,000 personas quedaron sin vivienda. (Alva et al., 2000)

En la ciudad de Huaraz el tipo de construcción prevaleciente era la construcción de adobe en un 90% aproximadamente. Con el sismo un elevado porcentaje de dichas edificaciones colapsó o tuvo daño severo. En la ciudad de Huaraz se perdieron 18,000 vidas humanas por efecto del derrumbe de casas. La intensidad sísmica en Huaraz se estimó en VIII grados en la escala de Mercalli Modificada.(Alva et al., 2000)

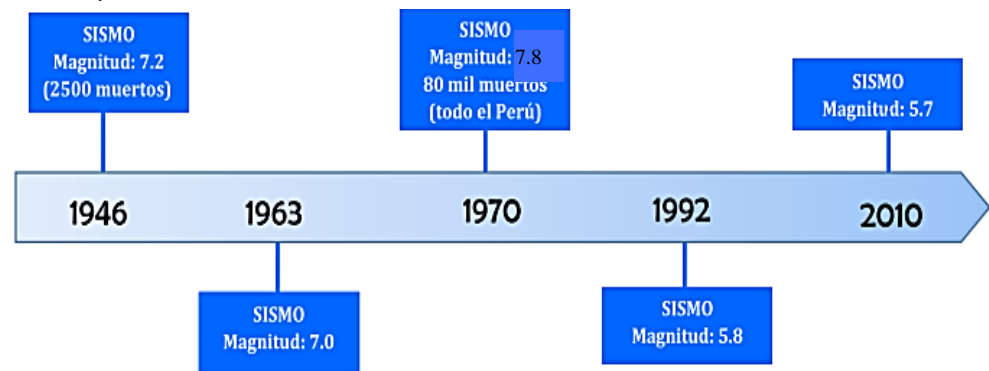


Figura 9 : Línea de tiempo de los sismos con mayor intensidad en Ancash.

Fuente: Rodríguez, 2019.

b. Geología y geomorfología

La ciudad de Huaraz se ubica entre la Cordillera Blanca al Este y la Cordillera Negra al Oeste. Estas cordilleras corren paralelas de Sur a Norte a lo largo de 200 km. en el Callejón de Huaylas. La Cordillera Blanca se compone de un núcleo de granodiorita con rocas sedimentarias en sus flancos, a lo largo del Callejón de Huaylas corre la falla activa del Santa, aunque ésta no fue el origen del sismo de 1970. El valle del río Santa, donde se ubica Huaraz, está parcialmente lleno de sedimentos de origen glaciar, fluvio-glaciar o aluvial, que provienen de la erosión de morrenas y extensos mantos fluvio-glaciares. Transversal al río Santa existe el río Quillcay, que causó el aluvión de 1941 en Huaraz. (Alva et al., 2000)

➤ **Geología:**

Regionalmente, la zona urbana de la ciudad de Huaraz y la Subcuenca del río Quillcay presentan unidades geológicas sedimentarias e ígneas intrusivas y volcánicas; la unidad más antigua corresponde a la Formación Chicama del Jurásico Superior, constituido por areniscas cuarzosas de grano fino y lutitas que fue afectado por el levantamiento

producto de la intrusión del Batolito de la Cordillera Blanca del sistema Neógeno, conformado por granodioritas, tonalitas, monzogranitos y granitos. Sobreyaciendo, se tienen rocas volcánicas sedimentarias del Grupo Calipuy conformado por tobas blancas y lavas volcánicas del sistema Paleógeno-Neógeno. Finalmente, sobreyaciendo a todo el basamento rocoso, se presentan los depósitos cuaternarios. (Alva et al., 2000)

La Figura 10 muestra el mapa geológico regional de Áncash el cual nos indica que en el área de estudio existe la presencia de rocas intrusivas entre ellas dacitas y como unidad estratigráfica la presencia de depósitos aluviales.

➤ **Basamento rocoso**

El basamento rocoso existente en la ciudad de Huaraz y sus alrededores está conformado por solo una unidad geológica bien diferenciada, como es el Grupo Calipuy.

Según INGEMMET, 1995 “Las rocas del Grupo Calipuy (Np-ca) son mayormente tobas, piroclastos gruesos, aglomerados, lavas, cuerpos intrusivos subvolcánicos. Su composición varía de andesítica-dacítica a riolítica. Se compone de dos miembros, que consiste en rocas piroclásticas bien estratificadas y capas gruesas, resistentes, que corresponden a aglomerados, brechas y algunas lavas porfíricas. El Grupo Volcánico Calipuy aflora en el sector de Rataquenua y, sobre todo en la margen izquierda del río Santa. (PROYECTO GLACIARES +, 2018)

La Figura 10 muestra las características geológicas del distrito de Huaraz. Y las Figuras 11 y 12 muestran que el jirón José Olaya, geomorfológicamente presenta depósitos aluviales, generados por acción y deposición de los aluviones ocurridos en diferentes épocas y podrían estar conformando terrazas a diferentes niveles. Estos depósitos generalmente corresponden a una mezcla heterogénea de bloques (bloques erráticos), bolones, gravas y arenas, redondeadas a sub redondeadas, así como limos y arcillas. Son susceptibles a la erosión fluvial. (PROYECTO GLACIARES +, 2018)

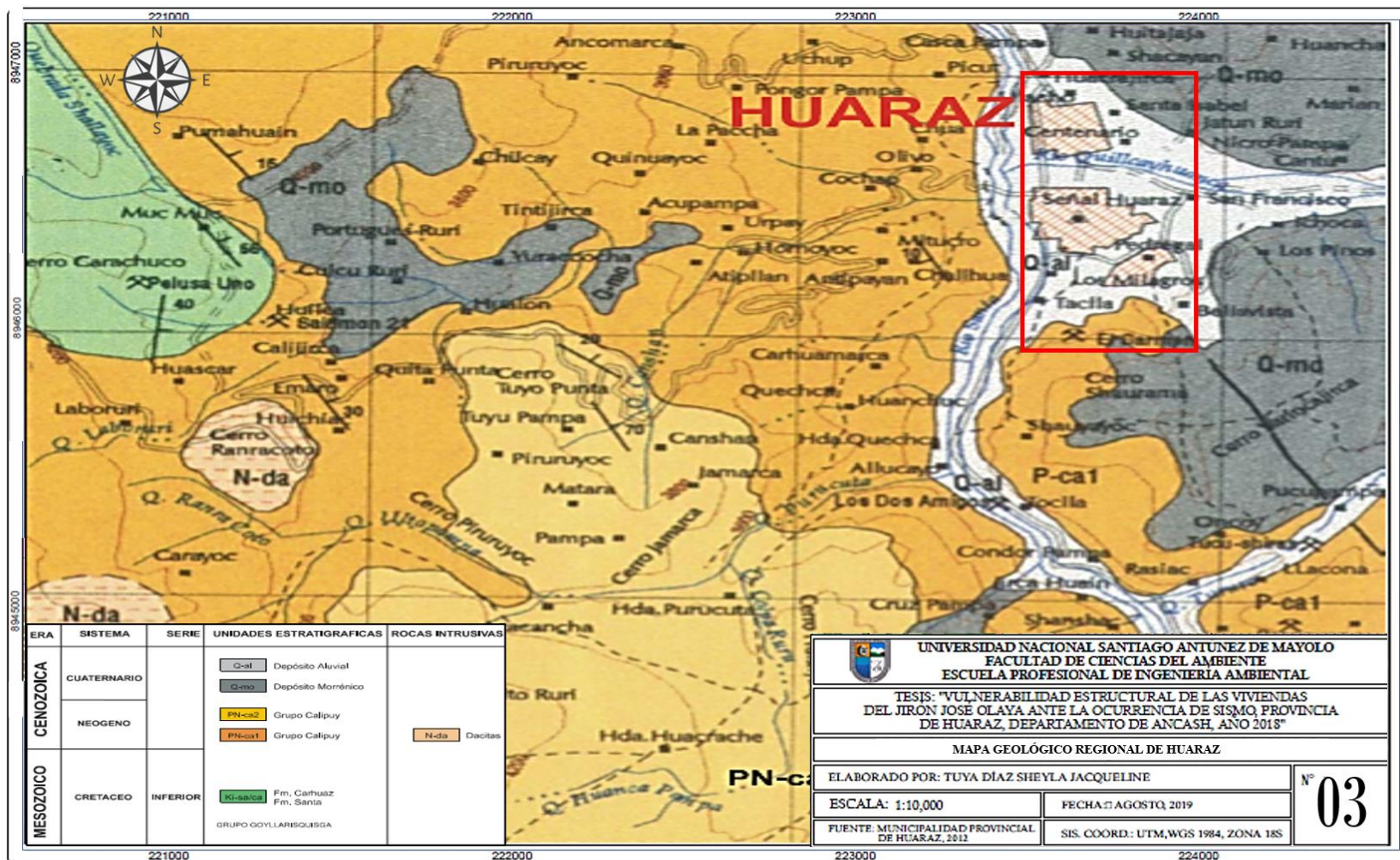


Figura 10 : Mapa geológico regional de Huaraz.

Fuente: INGEMMET, 1996

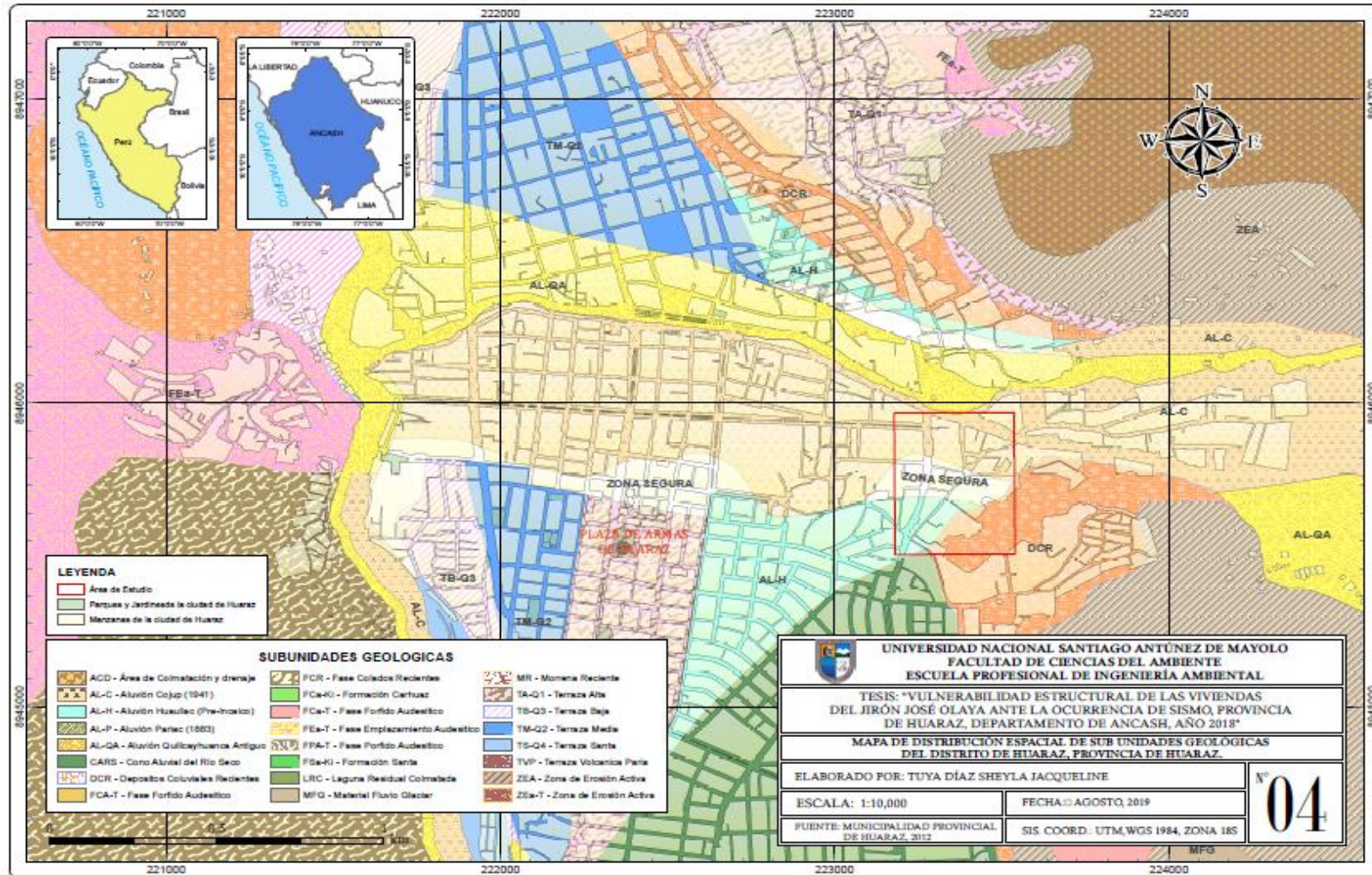


Figura 11 : Mapa de distribución espacial de sub unidades geológicas del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz.

Fuente: Elaboración propia

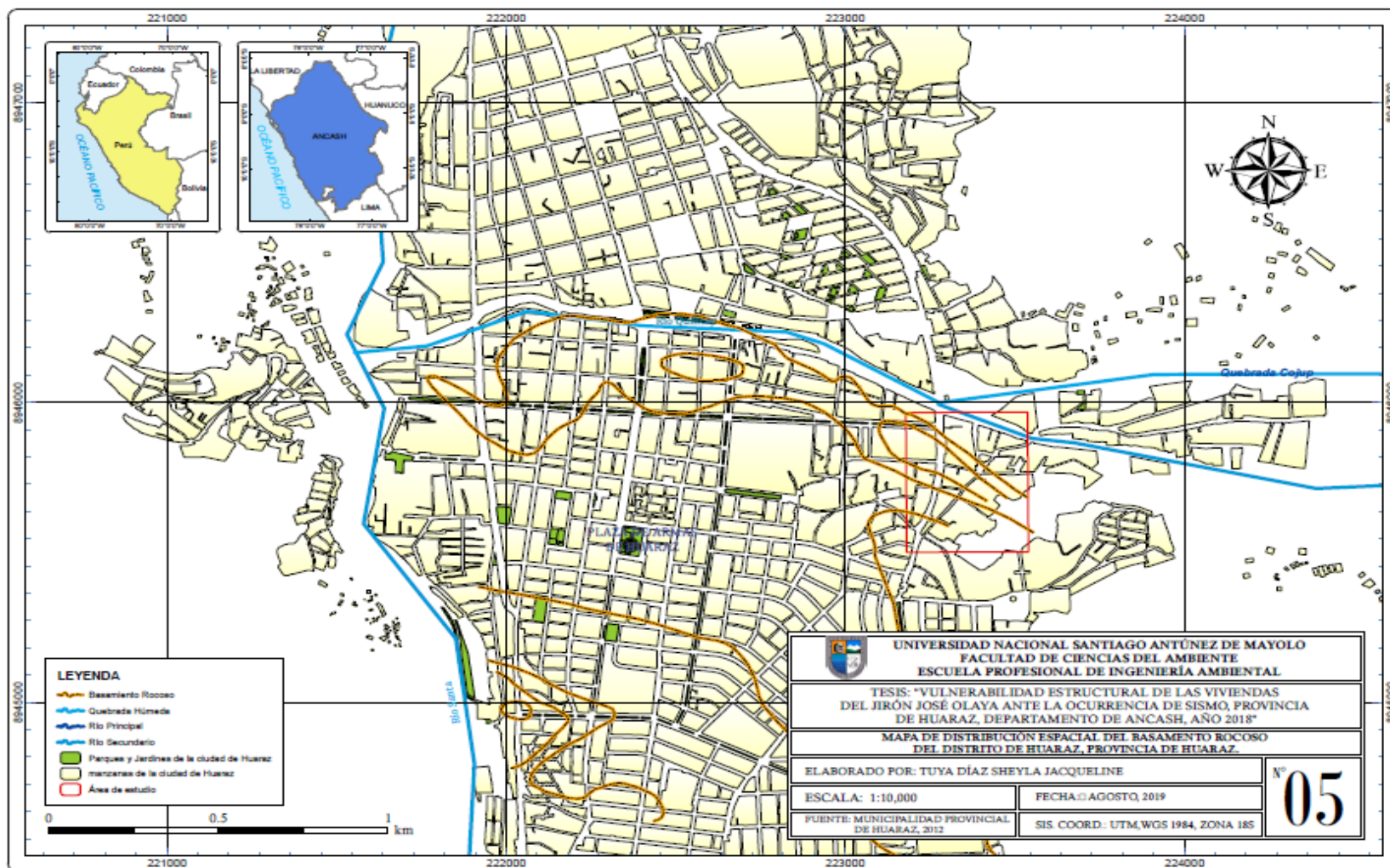


Figura 12 : Mapa de distribución espacial del basamento rocoso del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Geomorfología:**

Huaraz se caracteriza geomorfológicamente por formar parte del cono deyectivo y de terrazas aluviales originados por geodinámica de los ríos Quillcay y Santa. Es decir, se tienen las siguientes unidades geomorfológicas: Laderas de Montaña Baja, Laderas de Colinas Bajas, conos deyectivos y terrazas aluviales.(PROYECTO GLACIARES +, 2018)

La Figura 13 muestra que el jirón José Olaya, geomorfológicamente presenta terrazas fluviales (Ga-tf), las cuales son geoformas agradacionales con pendientes inferiores a 4 % aprox. y son susceptibles a la geodinámica fluvial; estos suelos en su mayoría son utilizados también como zonas de asentamientos de viviendas principalmente. Constituidas por depósitos en ambos márgenes del cauce en los lugares donde la pendiente es menor.(PROYECTO GLACIARES +, 2018)

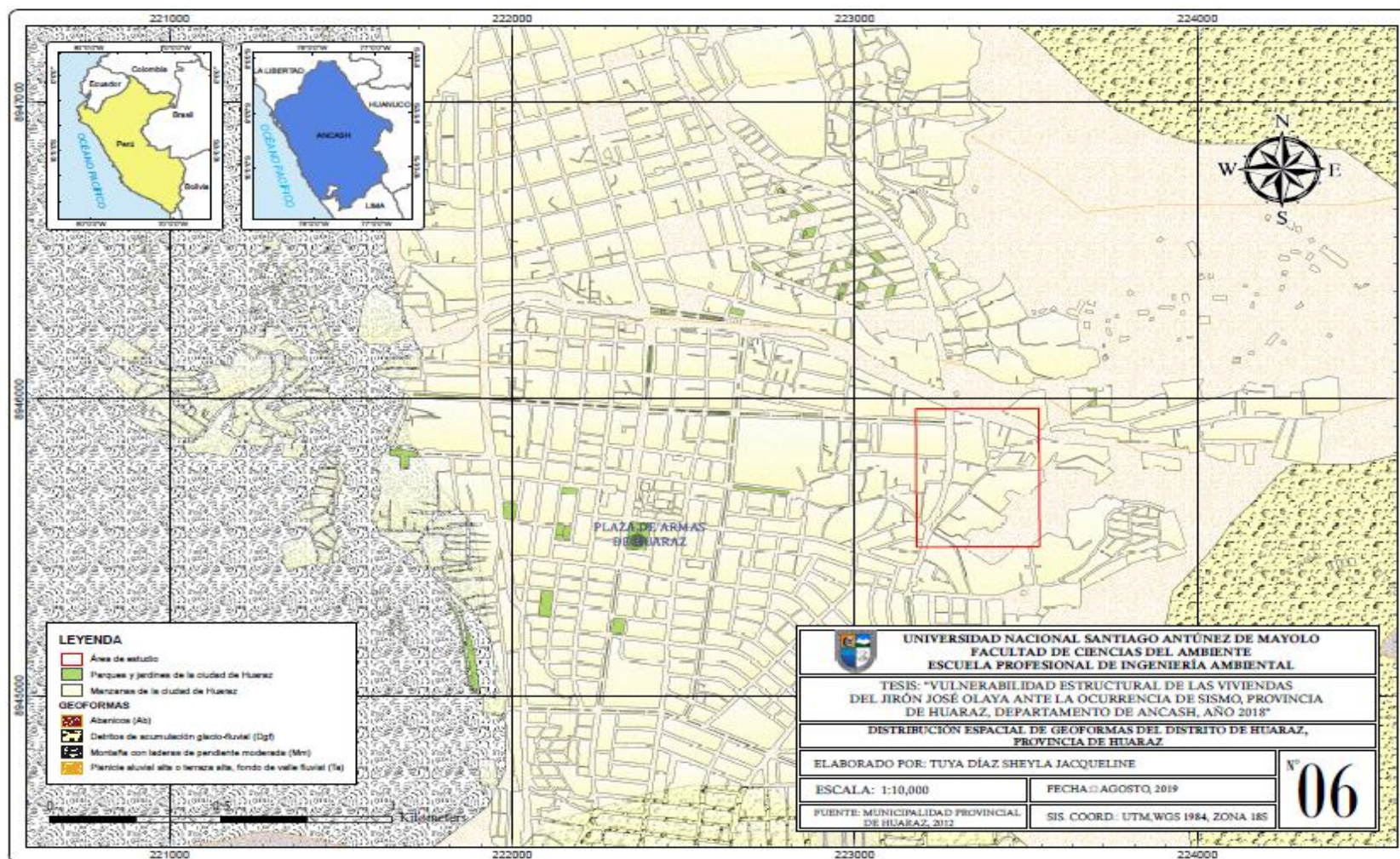


Figura 13 : Mapa de distribución espacial de geoformas del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz.

c. Proceso de la geodinámica interna de Ancash.

Los sismos son fenómenos que representan la liberación de energía interna de la tierra, mediante la ruptura de las capas de corteza y que se manifiesta como movimientos ondulatorios que pueden llegar a alcanzar magnitudes variadas. Cuando los movimientos sísmicos de mayores magnitudes y alcanzan intensidades mayores cobran la denominación de “terremotos”.(INDECI, 2018)

Por la interacción de las placas tectónicas de Nazca y la placa Sudamericana, induce al proceso de subducción ocurrido durante millones de años provocando el plegamiento de rocas sedimentarias,



activación de las fallas geológicas, actividad volcánica y alta sismicidad.(CENEPRED, 2017)

Figura 14 : Esquema de subducción de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana.

Fuente: CENEPRED, 2017.

Por el proceso de subducción se formó la Cordillera de los Andes que es una estructura resultante del proceso de tectónica de placas, que se extiende a lo largo de toda América de Sur y se orienta paralela a la fosa peruana-chilena (FPC) donde ocurre el proceso de subducción, también las cadenas volcánicas.

d. Napa freática

La napa freática de Huaraz es alimentada por filtraciones provenientes de las quebradas circundantes, tales como Bellavista y Rataquenua y en especial por el cauce permanente de agua, Tajamar, que se desplaza entre la planta de tratamiento de agua potable de Huaraz y el río Quillcay; cauce que ha sido impermeabilizado en la actualidad. La napa es libre y convergente, con un ancho de 800 metros y atraviesa la ciudad de Huaraz de Este a Oeste. El acuífero es de baja permeabilidad, con gradiente hidráulico entre 0.042 en la plaza de armas y 0.034 en el sector de Huarupampa, en otras palabras son acuíferos de bajo rendimiento.(Ordoñez, 1984). El nivel freático en algunas zonas es superficial y tiene una variación con la época del año.

Tras ocurrido el terremoto de 1970, la ciudad de Huaraz, a pesar de estar ubicada a gran distancia del epicentro del sismo, la destrucción de las construcciones de adobe y tapial llegó en su parte central al 100%, debido al agua que se filtra hacia el centro de la ciudad desde el norte, este y sur, y además el agua subterránea que fluye hacia el oeste de la ciudad aflora a la superficie, en las cercanías del río Santa. El suelo en el centro de Huaraz es de grano fino y saturado de agua. En estos casos, las ondas sísmicas sufren gran amplificación. Allí la intensidad sísmica llegó a VIII MMI.(Kuroiwa, 2016)

Las Figuras 15 y 16 muestran la distribución espacial de la Napa Freática de la ciudad de Huaraz, encontrándose en algunas zonas de manera superficial, y variando con la época del año. Según el rango en profundidad en metros las más superficiales son las que más daño ocasionan.

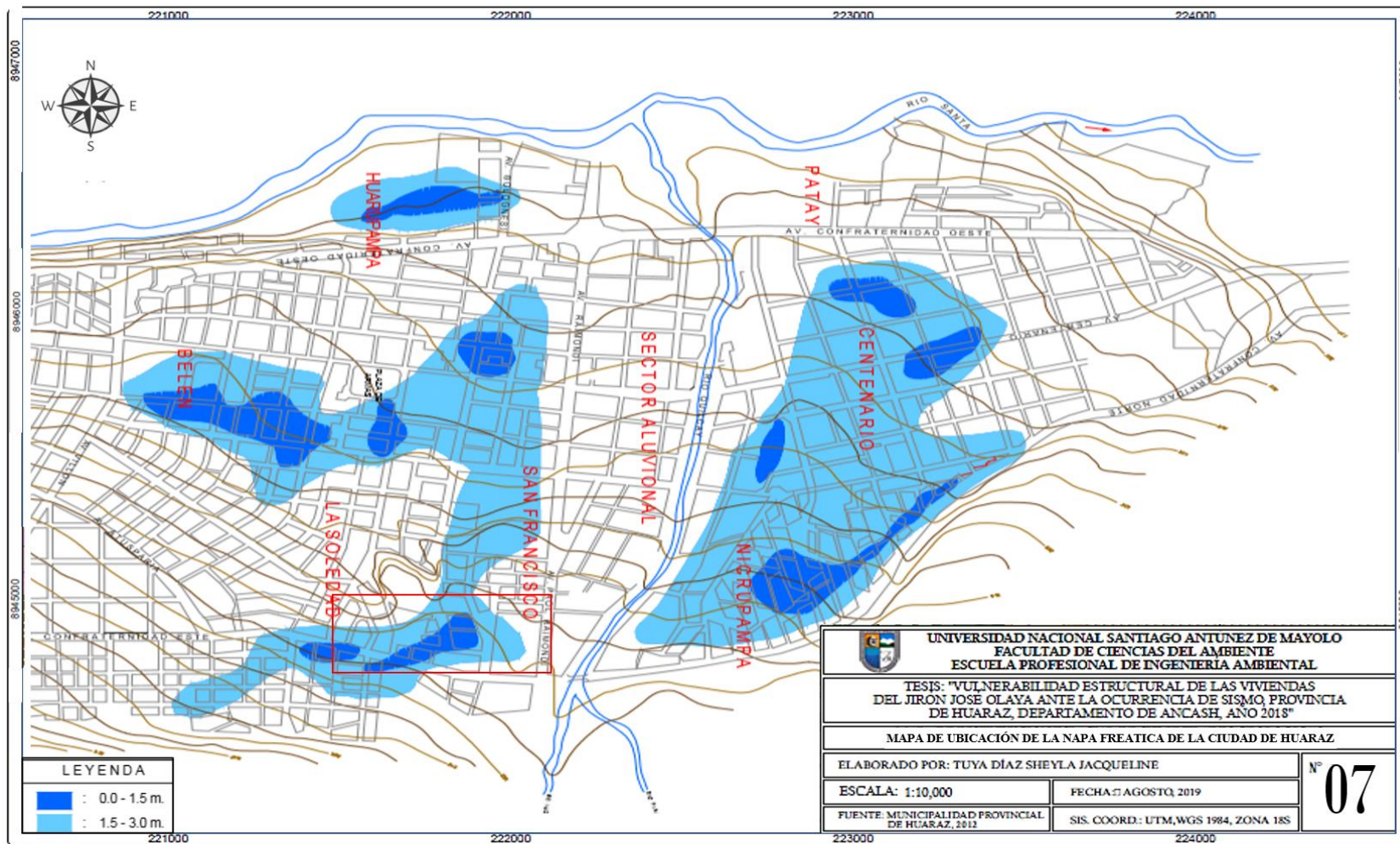


Figura 15: Mapa de ubicación de la Napa Freática de la ciudad de Huaraz.

Fuente: Adaptado de Alva et al., 2000.

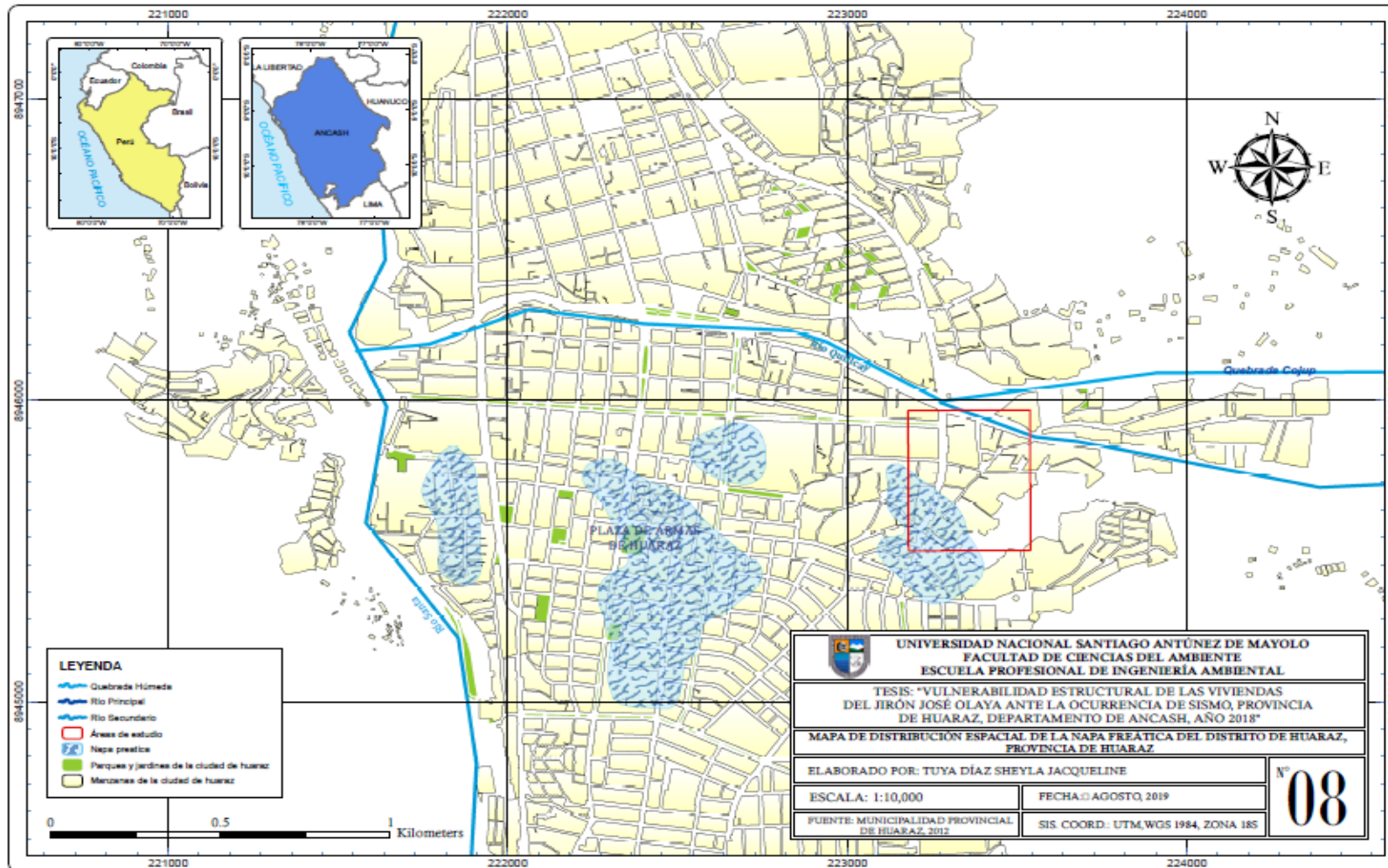


Figura 16 : Mapa de distribución espacial de la Napa Freática de la ciudad de Huaraz.

Fuente: Adaptado de Alva et al., 2000

e. Mecánica de suelos

En el sismo del 1970, las condiciones del subsuelo que presentaba la ciudad de Huaraz fueron desfavorables: Estratos de suelos de gran potencia amplificaron las ondas sísmicas de la roca base, la composición del subsuelo es variada. Por resultado de diversos procesos geodinámicos que participaron en su formación, presencia superficial de la napa freática. Los daños en las estructuras se relacionan a las fallas de las estructuras del subsuelo. Agrietamientos causados por las fuerzas tensionales y de gravedad, abovedamientos debido al paso de las ondas sísmicas y a la sobrecarga de las edificaciones, provocando asentamientos y levantamientos. Asentamientos causados por abovedamientos, presencia de agua subterránea muy superficial y compactación diferencial.(Ordoñez, 1984)

Zona Norte

En el sector que comprende la Av. Confraternidad Oeste predomina el suelo aluvional, compuesto de boleos y cantos de roca de diversos tamaños, mayormente entre 0.15 y 0.80 m. de diámetro, en una matriz de arena o grava limosa de regular gradación. No existe presencia de humedad superficial. Este material es de tipo I, con capacidades portantes de hasta 2.5 Kg/cm². En el sector de la Av. Centenario Norte predomina una capa superficial de tierra vegetal sobreyaciendo estratos limo-arenosos en estado duro y seco. Este material es de tipo II con capacidades portantes de hasta 2.0 kg/cm². En la parte Este de la Av. Centenario, hacia la Urb. Nicrupampa, existen capas poco profundas de arcillas limosas de baja plasticidad en estado duro y compacto. Este material es de tipo III, con capacidad portante de hasta 1.5 kg/cm². En las zonas aledañas a ladera, al Este, existen suelos duros y compactos, compuestos de bolones de roca esparcidos en matrices limo-arenosas con nivel freático más superficial. Este material es de tipo I, con capacidad portante de hasta 2.5 kg/cm².

Zona Central

Esta zona comprende el área aluvional del río Quillcay, entre la Av. Raimondi y el río. El suelo existente es de tipo I, de características semejantes a la zona Noreste. En el antiguo Centro Urbano,

comprendido entre las Avenidas Confraternidad Oeste, Gamarra y Villón, existen suelos finos con niveles freáticos superficiales que determinan la existencia de suelos de tipo III, IV y V. Existen capas sucesivas de arenas limosas y arcillosas en el Centro Urbano, así como arcillas de alta plasticidad en Belén y Huarupampa. La capacidad portante en el Centro Urbano varía de 0.5 a 1.5 kg/cm².

Zona Sureste

Entre la Alameda Grau y la Prolongación Av. Raimondi existe una capa de arena limosa o tierra vegetal que suprayace estratos sucesivos de material fino con presencia de nivel freático. Los suelos en esta zona son de tipo II, III y IV, con capacidades portantes de 1.0 a 2.5 kg/cm². Los barrios La Soledad, Pedregal y Avenida Confraternidad Sur, al sureste de Huaraz, tienen un subsuelo de gravas de diversa gradación en una matriz de arena limoarcillosa, con estratos húmedos de mediana compacidad. La capacidad portante de estos suelos es superior a 2.0 kg/cm².(Alva et al., 2000)

La Figura 17 muestra al jirón José Olaya, de acuerdo a la mecánica de suelos presente está compuesto por material cuaternario aluvionales, las condiciones brindan al suelo amplificación sísmica. Encontrándose en el tipo de suelo II y III con capacidad portante de 1.0 -2.0 kg/cm².

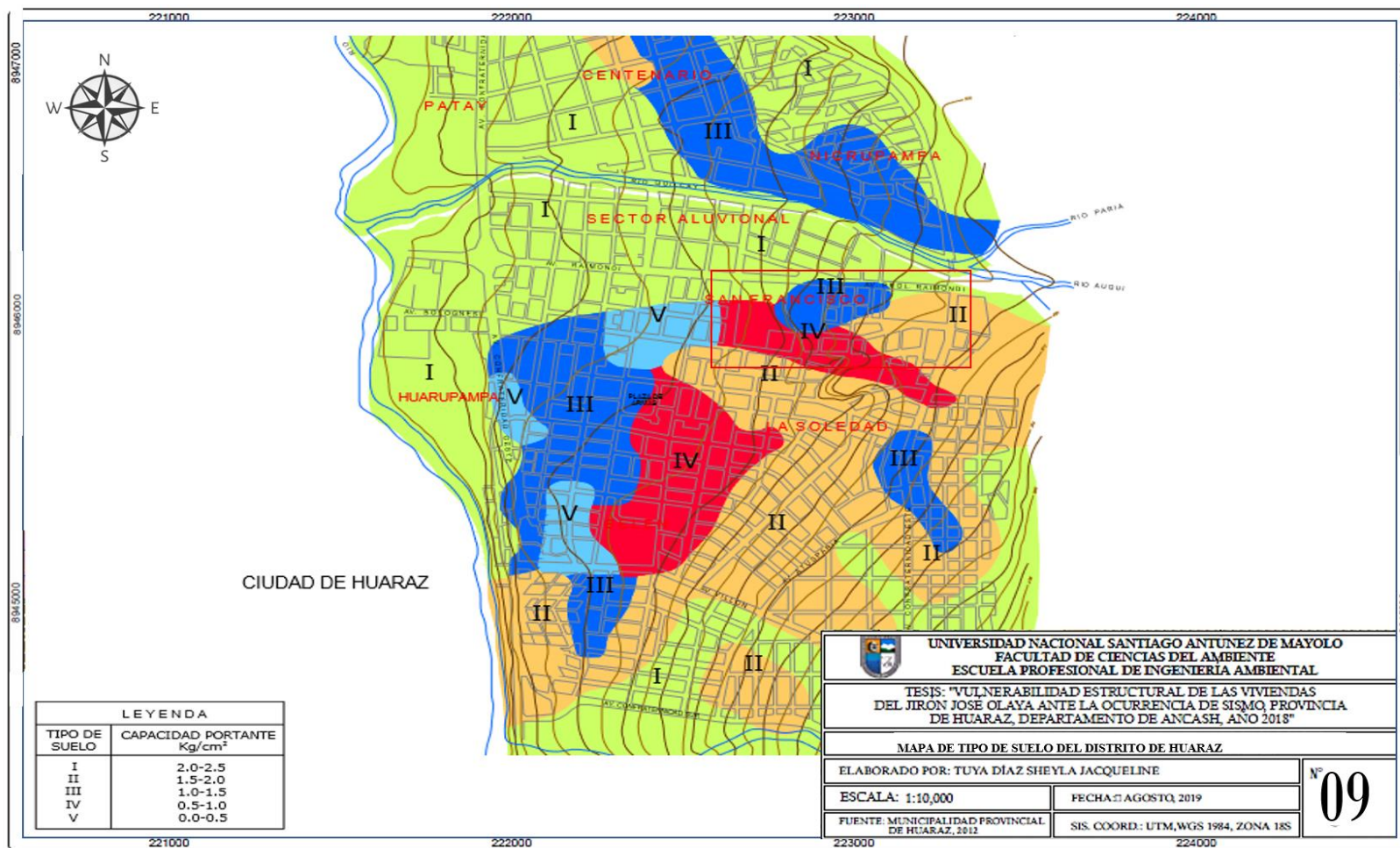


Figura 17 : Mapa de tipo de suelo del distrito de Huaraz.

Fuente: Alva, J., Huamán, C., & Bustamante, A. (2000).

f. **Sismicidad del ámbito de estudio**

La actividad sísmica en la ciudad de Huaraz, se da por la ubicación en el valle del río Santa formado por procesos tectónicos, entre las Cordilleras Blanca y Negra. La Cordillera Blanca se encuentra entre dos sistemas casi paralelos de fallamiento regional que están parcialmente sísmicamente activos. La actividad sísmica asociada a este sistema, se ubica al norte de la Cordillera Blanca, donde comienza una flexión hacia el Oeste de todas estructuras, el otro sistema de fallamiento, está constituido por las escarpas de fallas en la pendiente suroeste de la Cordillera Blanca y se le conoce como falla de la Cordillera Blanca. (Ordonez, 1984)

Históricamente, no hay registro que haya ocurrido un terremoto fuerte a lo largo de la parte central y sur de la falla de la Cordillera Blanca, sin embargo, el 05 de marzo de 1932 ocurrió un sismo local violento que sacudió el distrito de Ticapampa, que se encuentra al sur de la falla de la Cordillera Blanca, con esto se evidencia que dicha falla continua activa en el presente siglo y que la ocurrencia de un sismo destructor no se descarta. (Ordonez, 1984)

Del análisis histórico general se puede deducir que los sismos más importantes y que hubieran afectado son aquellos que se han producido en la Costa, en intensidades altas y una estimación mínima de VII a VIII en la escala Mercalli Modificada. (Ordonez, 1984)

La Figura 18 muestra el mapa sísmico, el cual sugiere que la peligrosidad sísmica en el Perú es alta. Conocer las características del sismo que pueda afectar a una estructura, dependerá de la historia sísmica de cada región. Se observa mayor actividad sísmica en las regiones Centro y Sur, y moderada en la Norte. Esta información permite delimitar las zonas sismogénicas presentes en el Perú.

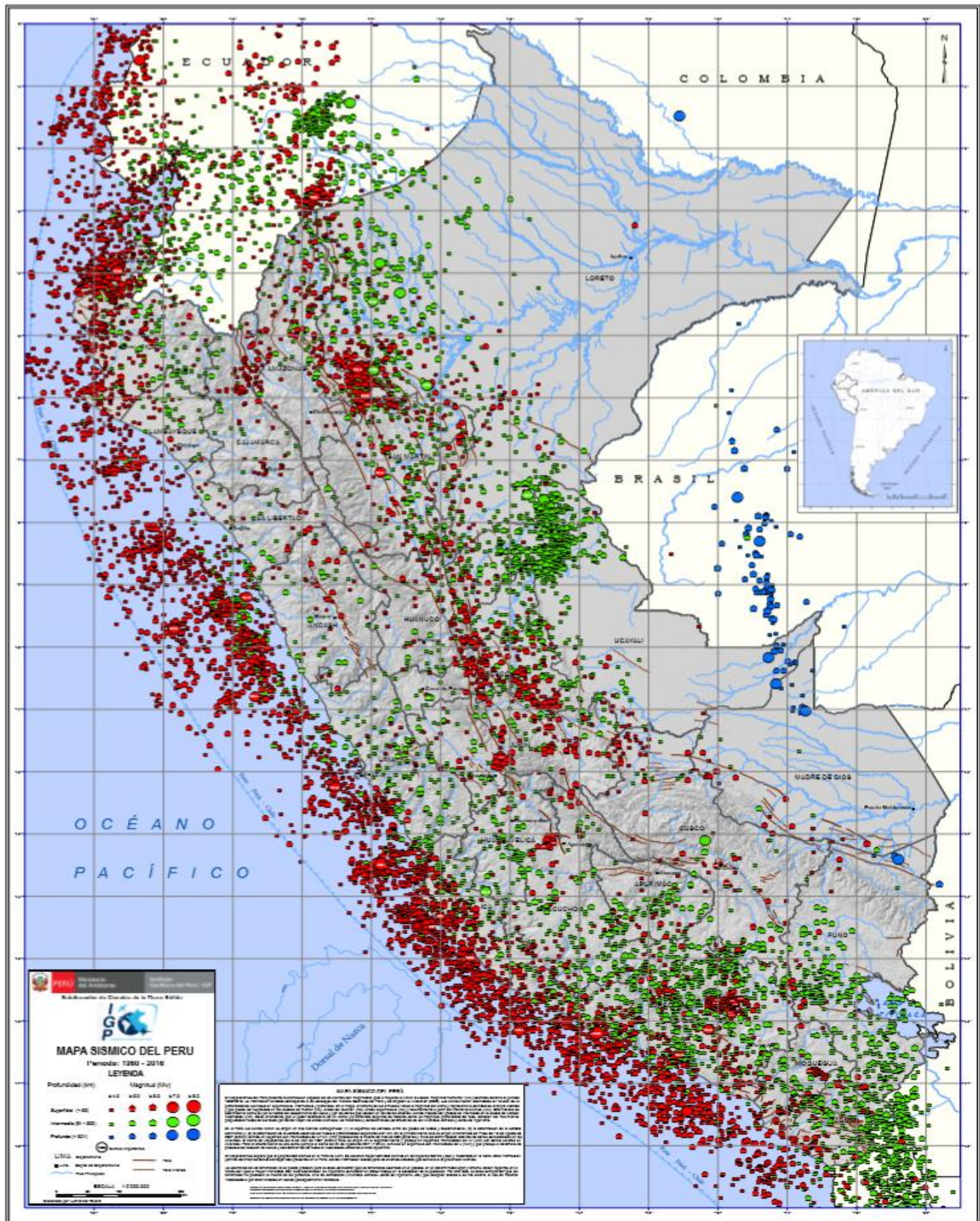


Figura 18 : Mapa sísmico del Perú.

Fuente: IGP, 2011.

De acuerdo al Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, publicado el 24 de enero de 2016, con el propósito de actualizar la Norma Técnica 030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones con las actuales tecnologías en sismo resistencia y los avances científicos en el ámbito de la sismología y así contribuir a reducir la vulnerabilidad de las edificaciones y evitar la pérdida de vidas humanas ante la ocurrencia de sismos y garantizar la prolongación de los servicios básicos; se zonifica el peligro sísmico. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

En la Tabla 3 se muestra que el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, A cada zona se asigna un factor Z que se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad. La determinación de la zona sísmica, se determinó considerando la microzonificación sísmica y los perfiles de suelo principalmente. (Ministerio de Vivienda, 2016)

Tabla 3 : Factores de zona.

FACTORES	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Ministerio de vivienda, 2016.

La Figura 19 muestra la ubicación de la región Ancash en la zona 3 de la zonificación sísmica se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

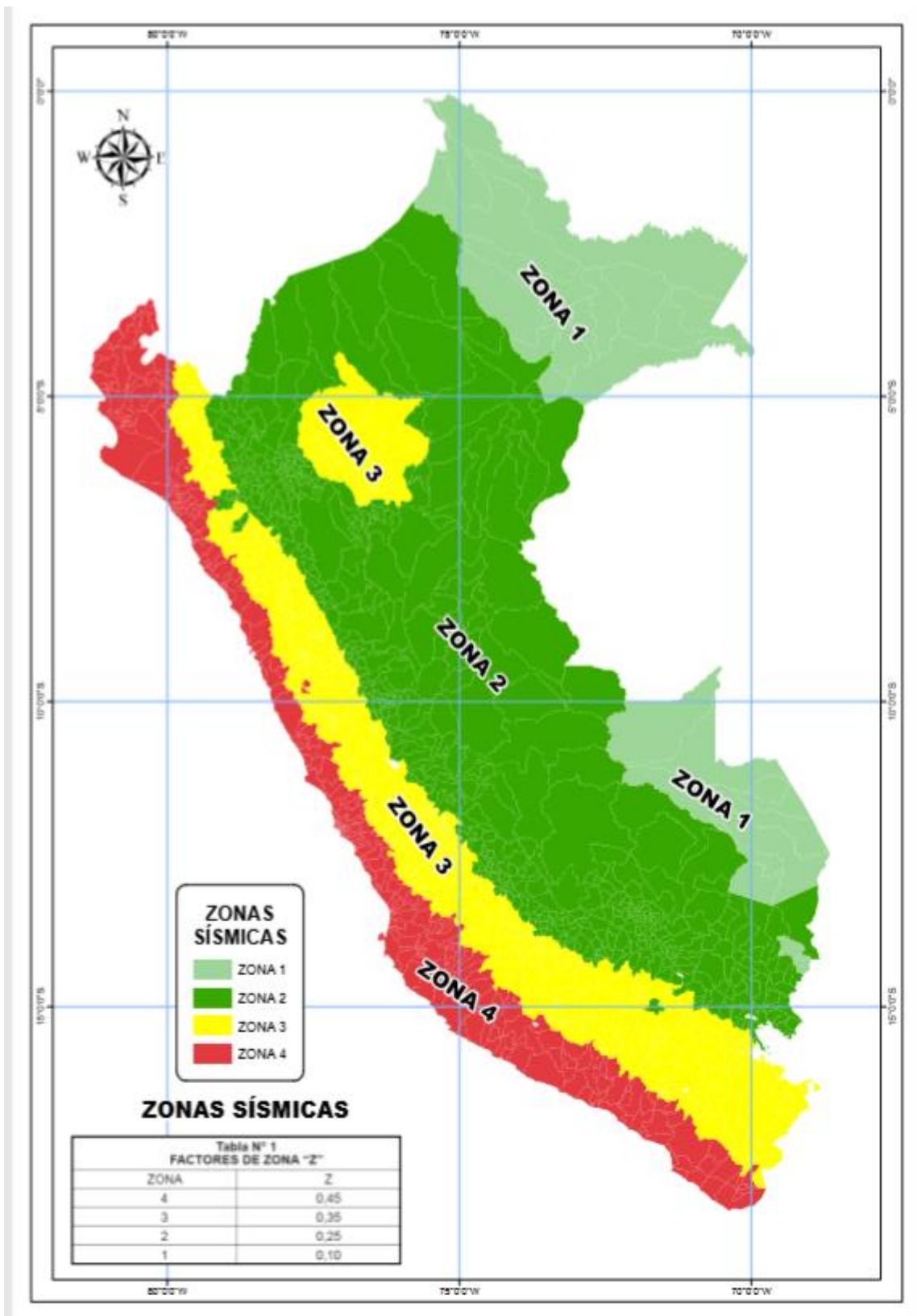


Figura 19 : Mapa de zonificación sísmica.

Fuente: Ministerio de vivienda, 2016.

g. Microzonificación sísmica

Los estudios de microzonificación sísmica se aplican con el fin de utilizar racionalmente el suelo de una ciudad en cuanto a la seguridad física asociada a la actividad sísmica de la zona. Los efectos de los terremotos ocurridos en el Perú, demuestran que la geología, topografía y las condiciones locales del suelo son factores importantes que influyen en la intensidad del movimiento al ocurrir un fenómeno telúrico (Ordoñez, 1984).

La Figura 20 y Figura 21 muestran la clasificación de zonas de la Microzonificación sísmica de Huaraz, de acuerdo al tipo de suelo, carga admisible, nivel freático, periodo del suelo. El ámbito de estudio se enmarca en la zona I-B y V-B debido a las características presentes antes mencionadas.

LEYENDA

SÍMBOLO	ZONA	SUELO PREDOMINANTE	CARGA ADMISIBLE (kg/cm ²)	NIVEL FREÁTICO (m)	PERIODO DEL SUELO (s.)	DESCRIPCIÓN
■	I-A	Limos y arena arcillosa , seguido de gravas arcillosas pobremente graduadas	2.00-2.50	> 6.00	0.15 - 0.25	No se espera asentamientos , tampoco la presencia de grietas . La amplificación sísmica es mínima
	I-B	Trozos de roca de diversos tamaños en una matriz de grava limosa o arena bien graduada	2.00-2.50	> 6.00	0.15 - 0.20	Poca variación topográfica .No existe la posibilidad de asentamientos , ni la presencia de grietas. No se espera amplificación sísmica zona potencialmente vulnerable a aluviones y avalanchas
■	II-A	Arena limo arcillosa seguido de arena limosa a partir de 2.5 m. subyace un estrato de arena arcillosa	1.50-2.00	> 7.00	0.35 - 0.45	No existe la posibilidad de asentamientos , ni ocurrencias de grietas , es probable que ocurra la amplificación sísmica.
	II-B	Gravas y arenas poco densas de diversas graduación	1.00-2.00	> 3.00	0.30 - 0.40	La topografía presenta una pendiente ligeramente pronunciada .No existe la posibilidad de asentamientos , ni la presencia de grietas es probable que ocurra amplificación sísmica.
■	III-A	Arena limo arcillosa , seguido de arena arcillosa	1.00-1.50	> 3.00	0.25 - 0.35	No se espera asentamientos , tampoco la presencia de grietas en el suelo , existe la posibilidad de amplificación sísmica
	III-B	Gravas y arenas sueltas de distinta graduación en un matriz de arena limo arcillosa	1.00-2.00	PROFUNDO	0.30 - 0.35	Topografía de pendiente pronunciada . Se espera asentamientos y amplificación sísmica moderada . Usas zapatas conectadas para edificios de mas de 4 pisos y poca carga
■	IV-A	Arcilla de baja compresibilidad ,seguido de material gravoso pobremente graduado-arenoso	< 1.00	PROFUNDO	0.45 - 0.55	Es factible la ocurrencia de asentamientos y grietas. posible amplificación sísmica debido a la topografía y nivel freático alto.
	IV-B	Gravas y arenas sueltas de distinta graduación, en un matriz de arena limo arcillosa.	< 1.50	PROFUNDO	0.35 - 0.40	Topografía de pendiente pronunciada . Se espera asentamientos , agrietamientos y amplificación sísmica . Se recomienda usar zapatas conectadas
■	V-A	Arcilla de baja compresibilidad , seguido de material gravoso pobremente graduado - arcilloso	—	SUPERFICIAL	—	Se presenta asentamientos y agrietamientos de diferente magnitud . Amplificación sísmica elevada .Zona no habitable
	V-B	Relleno: escombros de construcción (h=1.20) sucesivas capas de arcilla limosa o arena arcillosa blandas y poco consolidados	< 1.00	1.00 - 0.65	0.3	Condiciones mas desfavorables .Topografía plana .se espera asentamientos , agrietamientos y amplificación sísmica.Se recomienda usar plateas de cimentación para estructuras de mas de dos pisos.

Figura 20: Leyenda del Mapa de microzonificación sísmica de Huaraz.

Fuente: Municipalidad Provincial de Huaraz, 2012.

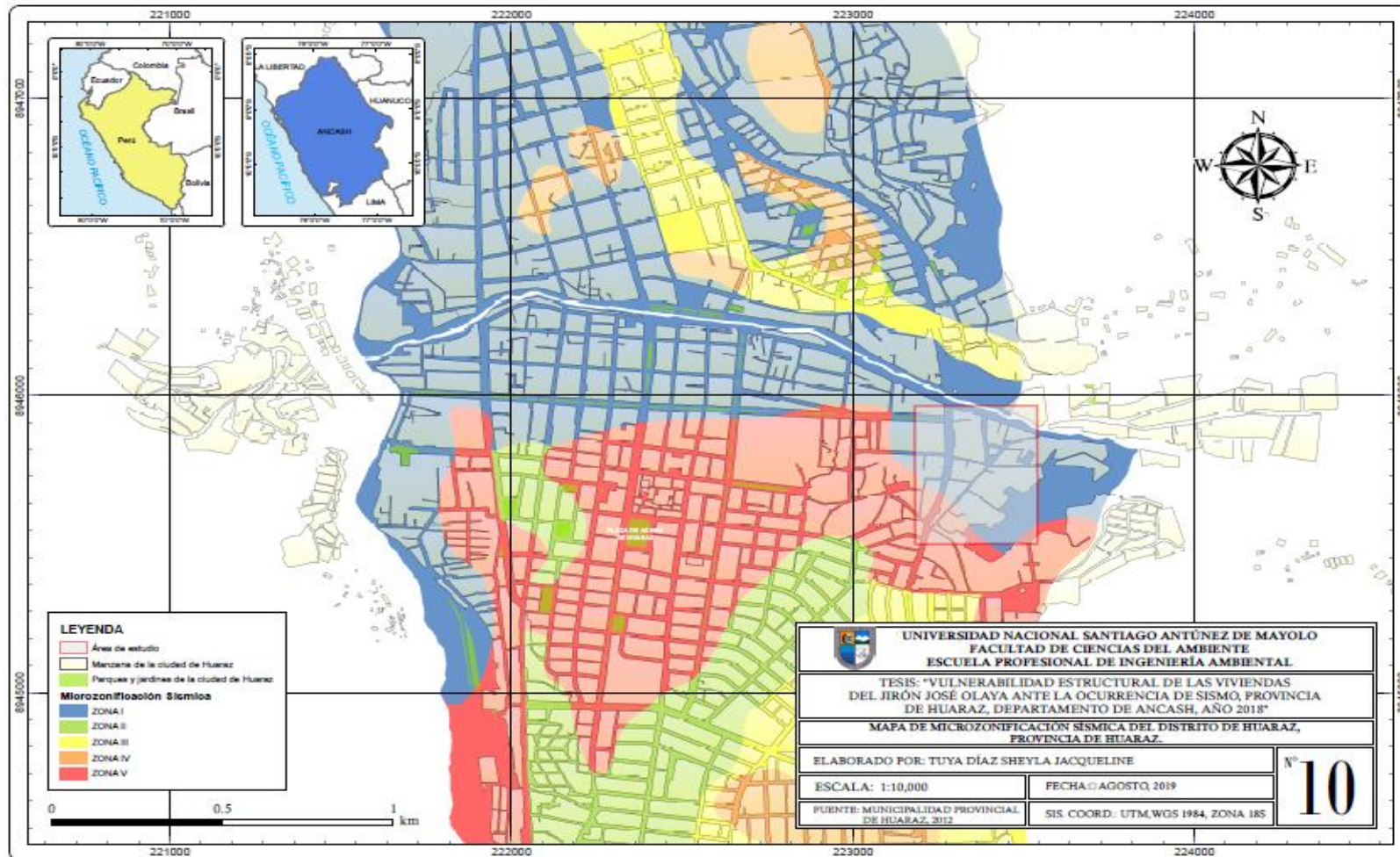


Figura 21: Mapa de microzonificación sísmica de Huaraz

Fuente: Municipalidad Provincial de Huaraz, 2012.

4.1.1.1. Determinación del nivel de peligro sísmico

El peligro sísmico puede ser caracterizado por parámetros de evaluación del peligro sísmico como intensidad, magnitud, aceleración máxima del suelo, y los factores condicionantes del peligro sísmico como napa freática, tipo de suelo y profundidad.(CENEPRED, 2017)

Para la ponderación de los parámetros y descriptores, se utilizó el método del proceso de análisis jerárquico, que es un método multicriterio que permite la consolidación de criterios cuantitativos (marco no cubierto, humano, financiero, etc.) y subjetivo (preparación, creación) y /o la utilización de los controles, y así sucesivamente, que se consideran en la Gestión de Riesgos de Desastres.

El análisis detallado de los parámetros para determinar el nivel de peligro sísmico se detalla en el Anexo N°01.

La determinación del nivel peligro sísmico, se realiza ponderando los parámetros de evaluación y los factores condicionantes evaluados, el nivel de peligro sísmico para el ámbito de estudio jirón José Olaya tiene el valor **0.246** el cual corresponde al nivel de **peligro alto** clasificado en el rango de 0.134 a 0.260, como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 4 : Determinación del nivel de peligro sísmico

NIVEL	RANGO	CARACTERÍSTICAS
PELIGRO ALTO	0.134≤P≤0.260	Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características: Intensidad del sismo: IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos. Magnitud del sismo: 6.0 a 7.9 sismo mayor Aceleración máxima del suelo (PGA) 0.35≤PGA ≥0.45 de acuerdo al mapa de sismo del Perú. Tipo de suelo Suelos con presencia de arena y limo. Profundidad del sismo Sismo Superficial entre los 0-70 km de profundidad. Profundidad de la napa freática De 0.65-1.0m de profundidad

Nota: El nivel del peligro fue ponderado para cada parámetro según la caracterización física de la situación actual del ámbito de estudio.

4.1.2 Índices de los niveles de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya que influyen ante la ocurrencia de sismo.

Las edificaciones antes del sismo ocurrido en el año 1970 la mayoría fueron construidas de adobe con cimentación a base de piedras y barro, siendo el adobe usado de diferentes calidades y tamaños, asimétricos en planta de la distribución de muros. El techo de material caña y barro, suspendidos por vigas de madera de eucaliptos que se apoyaban en los muros, los cuales eran muy pesados, construcciones de más de un piso no aptas para soportar sismos. Con respecto a las causas de los daños, son muchos los factores que redundaron en el colapso de las viviendas y casas comerciales con este tipo de edificación, y si no colapsaron, sufrieron daños considerables. (Ordonez, 1984)

Durante el Censo realizado el año 2017, se recopiló información acerca de la infraestructura de las viviendas del Distrito de Huaraz, donde el 51 % de viviendas tienen las paredes de adobe, el 60% de las viviendas predomina en sus techos materiales diferentes al concreto armado. (INEI, 2018)

a. Características de los indicadores evaluados de las viviendas del jirón José Olaya.

Para evaluar las características de los indicadores de las viviendas del jirón José Olaya se elaboró una ficha técnica relacionada a las condiciones específicas de infraestructura y ubicación del ámbito de estudio aplicada a cada vivienda.

Según el método de análisis jerárquico, los indicadores son llamados parámetros y sus características son llamadas descriptores.

La Figura 22 muestra el indicador localización de las viviendas del jirón José Olaya según la zona sísmica establecida por la Norma Técnica E030, se evaluaron 61 viviendas que representan al 100%, las cuales se ubican en la zona 3 debido a la distribución espacial de la sismicidad observada.

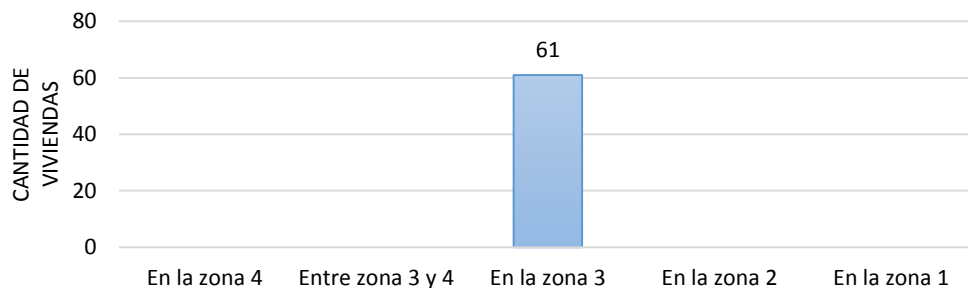


Figura 22 : Localización de las viviendas según zona sísmica

Nota: Consideradas de la microzonificación sísmica (Ver Tabla 3.)

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA

La Figura 23 muestra el indicador tipo de material en paredes de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 35 viviendas que representan al 57.38% poseen pared de adobe, 26 viviendas que representan al 42.62% poseen pared de ladrillo.

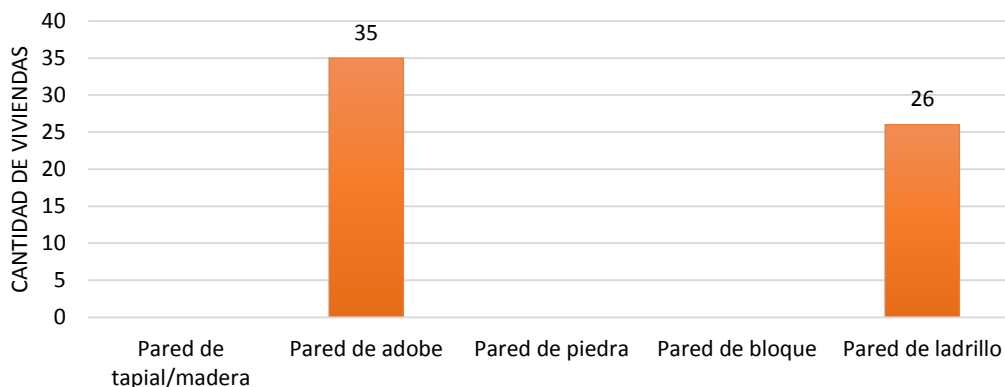


Figura 23 : Tipo de material en paredes de las viviendas.

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

La Figura 24 muestra el indicador tipo de cubierta de techo de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 31 viviendas que representan al 50.82% poseen vigas de madera y teja.

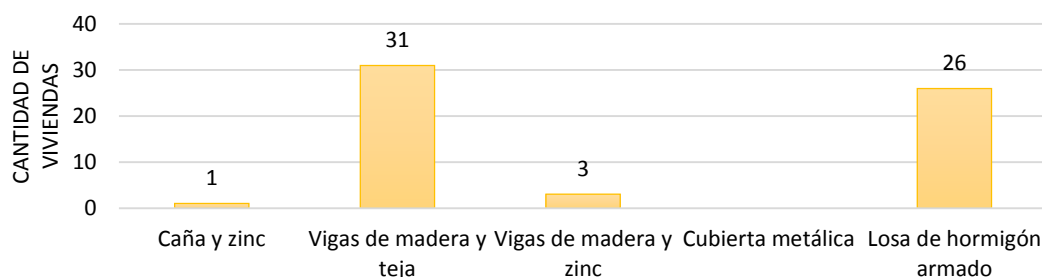


Figura 24 : Tipo de cubierta en el techo de las viviendas.

La Figura 25 muestra el indicador tipo de material en el techo de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 36 viviendas que representa al 59.02% poseen techo de teja, 22 viviendas que representan al 36.07% poseen techo de concreto armado.

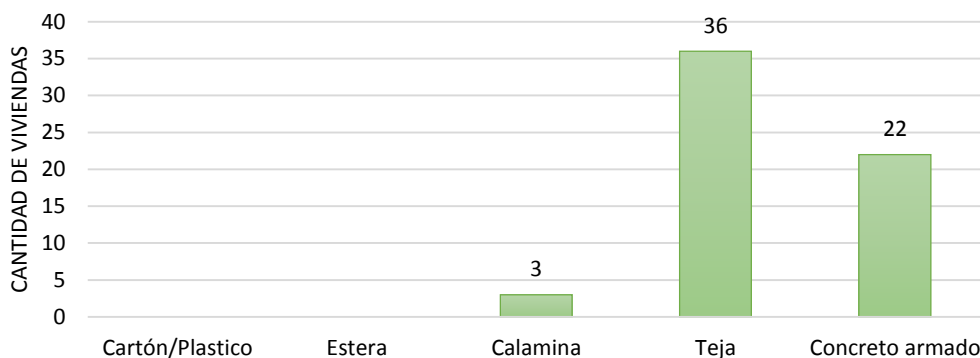


Figura 25 :Tipo de material en el techo de las viviendas

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

La Figura 26 muestra el indicador sistema de entrepisos de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 25 viviendas que representan al 40.98% poseen sistema de losa de hormigón armado.

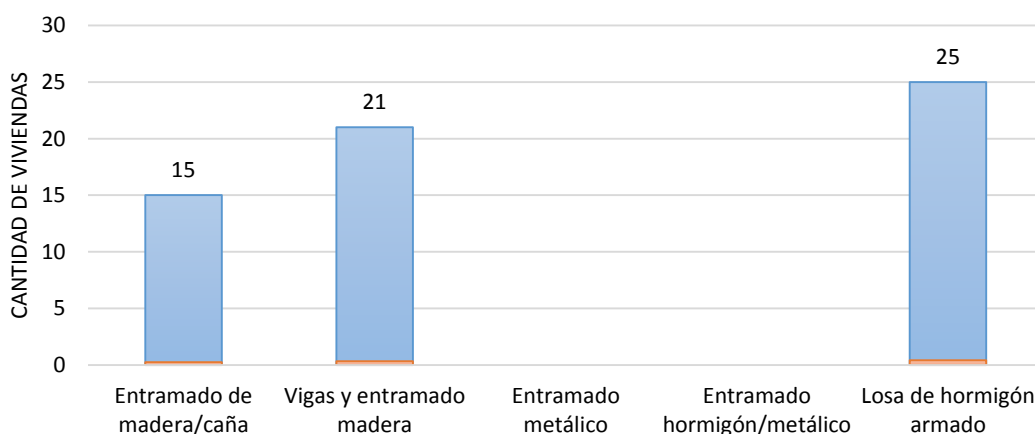


Figura 26 : Sistema de entrepisos de las viviendas

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

La Figura 27 muestra el indicador número de pisos de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 30 viviendas que representan al 49.18% poseen 2 pisos y 20 viviendas que representan al 32.79% poseen 1 piso

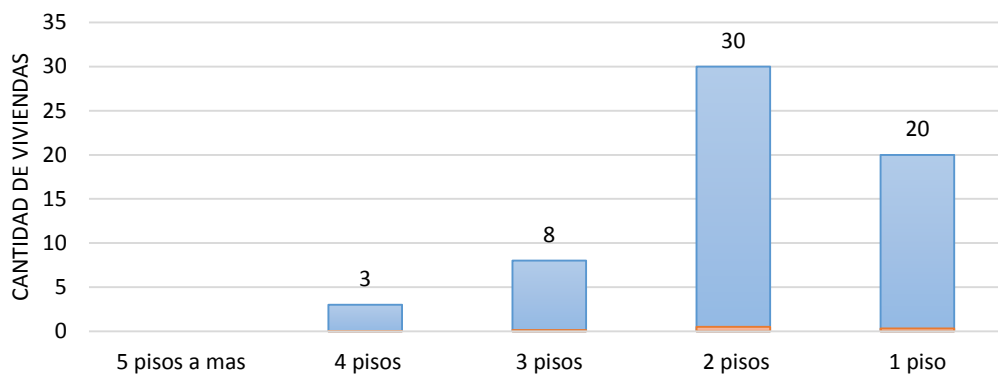


Figura 27 : Número de pisos de las viviendas

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

La Figura 28 muestra el indicador antigüedad de la construcción de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 19 viviendas que representan al 31.15% poseen de 40 años a más.

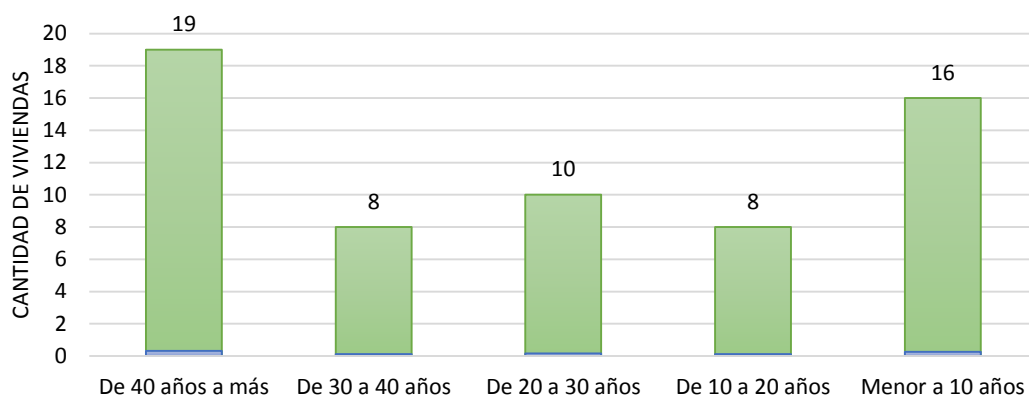


Figura 28 : Antigüedad de la construcción de las viviendas

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Figura 29 muestra el indicador estado de construcción de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 22 viviendas que representan al 36.07% se encuentran en estado muy bueno de conservación y 19 viviendas que representan al 11.59% que se encuentran en estado muy malo

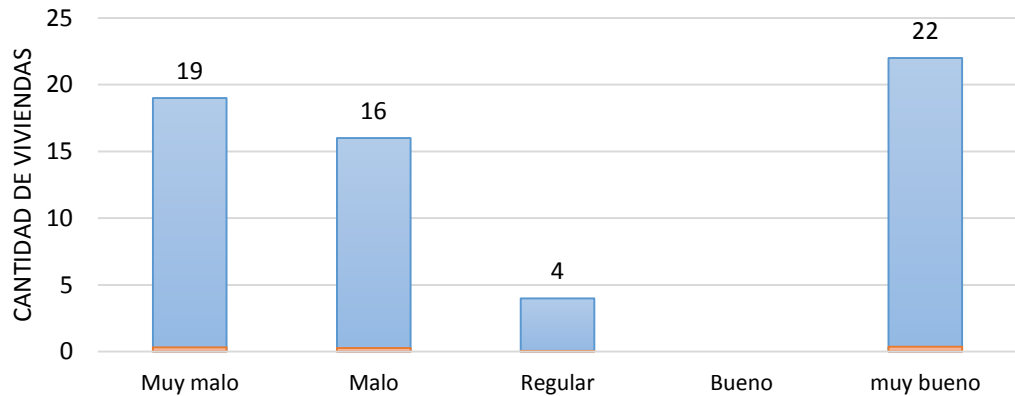


Figura 29 : Estado de construcción de las viviendas

Nota: Muy malo: edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir un colapso. Malo: edificaciones no reciben mantenimiento regular cuya estructura acusa deterioros que lo comprometen, aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos. Regular: edificaciones que reciben mantenimiento esporádico cuyas estructuras no tienen deterioro, si lo tienen no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visible debido al mal uso. Bueno: edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal. Muy bueno: edificaciones que reciben mantenimiento permanente y no presentan deterioro alguno

La Figura 30 muestra el indicador topografía del sitio de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 46 viviendas que representan al 75.41% se encuentran sobre nivel de calzada.

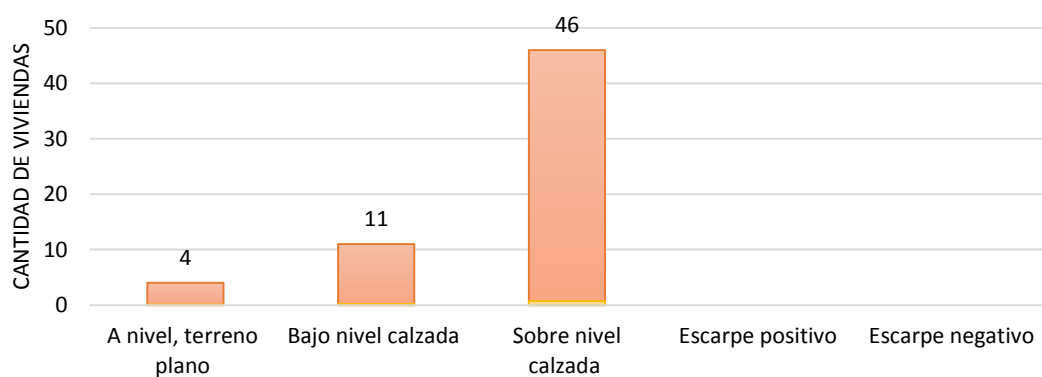


Figura 30 : Topografía del sitio de las viviendas

La Figura 31 muestra el indicador cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 57 viviendas que representan al 93.44 % que cumplen las medidas de reforzamiento de infraestructura menor al 20% ($C > 20\%$), es decir no cuentan con reforzamiento estructural.

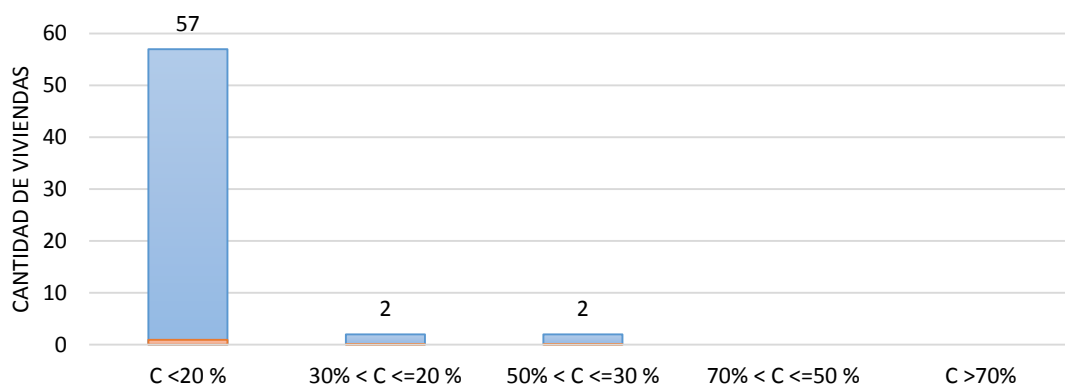


Figura 31: Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura de las viviendas

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED y del Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, C: categoría de edificación.

La Figura 32 muestra el indicador participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción de las viviendas del jirón José Olaya, predominando 38 viviendas que representan al 62.30 % no tuvieron la participación de un ingeniero civil.

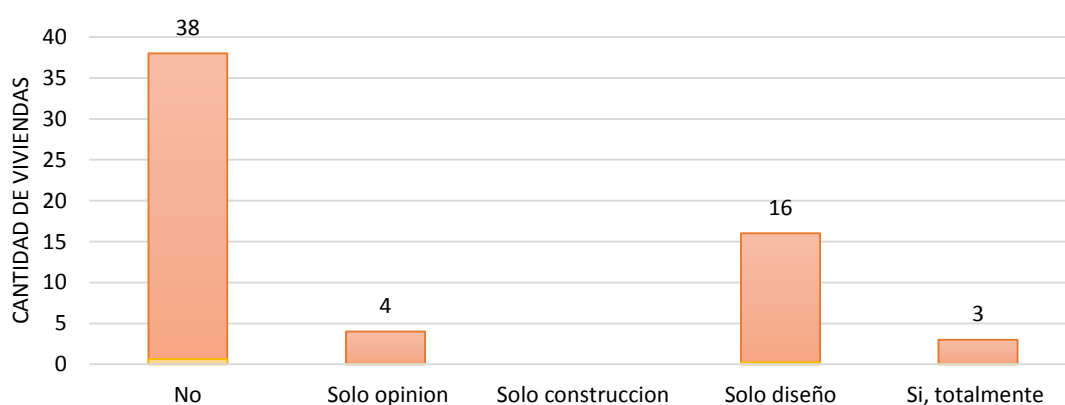


Figura 32 : Participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción de las viviendas

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

4.1.2.1. Determinación de los índices del nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas ante ocurrencia sísmica:

Para la determinación de los índices del nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas ante la ocurrencia sísmica en el ámbito de estudio, se analizará la vulnerabilidad desde la dimensión física estructural, la que se relaciona con las condiciones específicas de infraestructura y ubicación del ámbito de estudio.

A continuación, se presentan las ponderaciones (pesos) de los parámetros y descriptores, se utilizó el método del proceso de análisis jerárquico elaboradas en función a las características de los indicadores priorizados de las viviendas ubicadas en el jirón José Olaya, perteneciente al distrito de Huaraz. El análisis detallado de los parámetros para determinar los índices del nivel de vulnerabilidad estructural se detalla en el Anexo N°02.

La determinación de los índices del nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas ante ocurrencia sísmica se realizó ponderando los descriptores de los parámetros de los factores de exposición, fragilidad y resiliencia; el nivel de vulnerabilidad estructural para el ámbito de estudio jirón José Olaya tiene el valor **0.2375** el cual corresponde al nivel de **vulnerabilidad alta** clasificado en el rango de $0.129 \leq P \leq 0.253$, como se puede apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5 : Determinación de los índices del nivel de vulnerabilidad ante ocurrencia sísmica

Nivel	Característica	Rango
Vulnerabilidad alta	Localización de la vivienda se sitúa entre la zona 3 y 4, de acuerdo a la zonificación sísmica del Perú. Tipo de material en paredes es de adobe Tipo de cubierta de techo es de vigas de madera y teja Tipo de material en el techo es de estera Sistema de entresijos es de vigas y entramado madera Número de pisos es 4 pisos Antigüedad de la construcción es de 30 a 40 años Estado de conservación malo: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular cuya estructura acusa deterioros que lo comprometen, aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos Topografía del sitio bajo nivel de calzada Cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura $30 < C \leq 20\%$ Hubo solo opinión de un ingeniero en el diseño y/o construcción	$0.129 \leq P \leq 0.253$

Nota: El nivel de la vulnerabilidad fue ponderado para cada parámetro evaluado del ámbito de estudio. Las características son mencionadas en base al ámbito de estudio.

Las características de las variables e indicadores de las viviendas del jirón José Olaya, son en relación a:

- Tipo de material en paredes: 57.38% adobe, 42.62% ladrillo
- Tipo de cubierta en el techo: 1.64% caña y zinc, 50.82% vigas de madera y teja, y 42.62% losa de hormigón armado.
- Tipo de material en el techo: 4.92% Calamina, 59.02% teja y 36.07% concreto armado.
- Sistema de entresijos: 24.59% entramado de madera y caña, 34.43% vigas y entramado de madera, y 40.98% losa de hormigón armado.
- Número de pisos: 4.92% de 04 pisos, 13.11% de 03 pisos, 49.18% de 02 pisos y 32.79% de 01 piso.
- Antigüedad de construcción: 31.15 % de 40 años a más, 13.11% de 30 a 40 años, 16.39% de 20 a 30 años, 13.11% de 10 a 20 años y 26.23% menor a 10 años.
- Estado de conservación: 31.15 % Muy malo, 26.23% malo, 6.56% regular, 36.07% muy bueno.
- Topografía del sitio: 6.56% a nivel terreno plano, 18.03% bajo nivel calzada, 75.41% sobre nivel calzada
- Cumplimientos de medidas de reforzamiento: $C < 20\%$ el 93.44%, $30\% < C \leq 20\%$ el 3.28% y $50\% < C \leq 30\%$ el 3.28%.
- Participación de un ingeniero civil en el diseño y construcción: 62.30% no participo, 6.56% solo opinión, 26.23% solo diseño y 4.92% si totalmente.

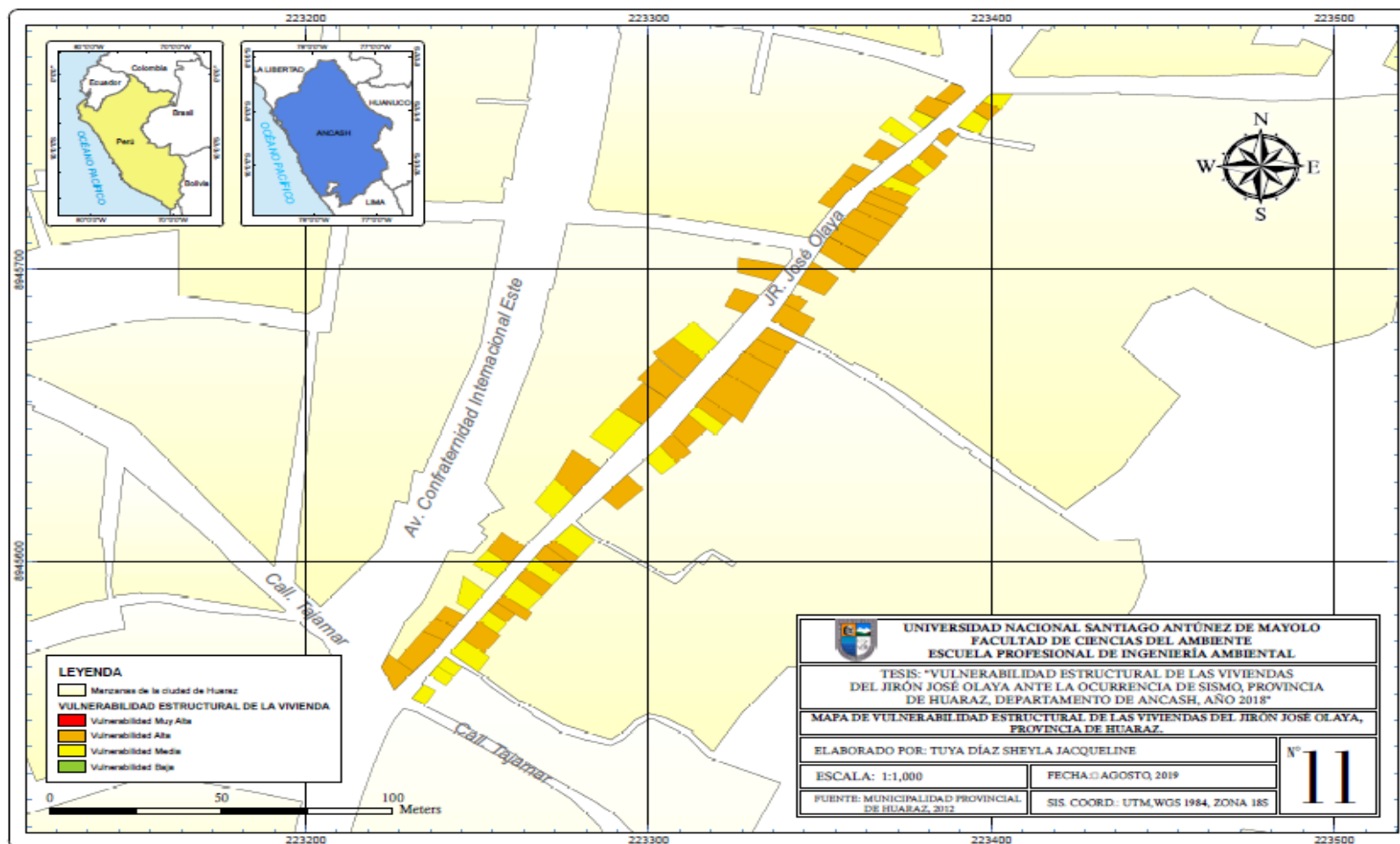


Figura 33: Mapa de vulnerabilidad del jirón José Olaya

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Influencia del reforzamiento estructural de las viviendas del jirón José Olaya en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de sismo.

Según los resultados obtenidos del ámbito de estudio, los aspectos más críticos en las viviendas son los materiales en la pared 57 % constituidos por pared de adobe, la cubierta en el techo 51% constituidos por vigas de madera y teja, el tipo de material en el techo 59% constituido por teja y el sistema de entresijos 25% constituido por madera/caña y 21% por vigas y entramado de madera.

Desde los años 1960 en Japón se creía que los muros de concreto armado incrementan considerablemente la resistencia sísmica de los edificios. En Chimbote, el terremoto de la década del 70 generó más argumentos a esta hipótesis, ya que destruyó por completo las casas construidas sin columnas de concreto(Kuroiwa, 2016). Tras los efectos del terremoto en Ancash del 31 de mayo de 1970 las viviendas de albañilería, construidas con piezas de ladrillo o bloques de concreto, sufrieron daños de diverso grado en toda la región macrosísmica afectada por el terremoto de 1970. Sin embargo, la gran mayoría de daños se concentró, principalmente, en la ciudad de Chimbote y Huaraz también se observaron los daños en las viviendas de adobe las cuales se destruyeron en su mayoría.

En el Perú el 40% de viviendas son de adobe y tapial, este tipo de edificaciones no incluyen elementos de refuerzos, ni se han construido con requisitos de diseño sismorresistente. Para resolver el problema, una opción sería reemplazar las casas de adobe existentes con otras de material noble, bien construidas, mejor ubicadas sobre terreno firme que es la mejor técnica para reducir al mínimo la vulnerabilidad estructural. Sin embargo, dado su elevado costo esa no es una solución viable, menos aún considerando la extrema pobreza de la mayoría de personas que viven en áreas rurales en casas de adobe. Como alternativa confiable, viable y de aplicación inmediata, el CERESIS ha desarrollado una tecnología para reforzar las casas de adobe existentes con elementos sismo-resistentes, evitando el súbito colapso de la vivienda cuando ocurre un fuerte terremoto. Los elementos de refuerzo escogidos fueron: **1)** tablas de

madera; **2)** sogá de 1/2 pulgada; **3)** malla de alambre tipo gallinero; y, **4)** malla de alambre electrosoldada compuesta por alambres galvanizados de 1mm de diámetro, espaciados cada 3/4 de pulgada. Otros elementos accesorios básicos que se encuentran accesibles a la economía de un poblador.



Figura 34: Procedimientos simples de reforzamiento

Fuente: CERESIS, 2022

Los ensayos mostraron que ante un sismo moderado el muro no reforzado colapsó 20 segundos antes que los reforzados con tablas, sogá, alambre #16 y malla horizontal electrosoldada, mientras que los muros reforzados con mallas de alambre de gallinero y electrosoldada dispuestas en franjas horizontales y verticales, simulando vigas y columnas, respectivamente, recién colapsaron ante el sismo severo. El objetivo fue encontrar el reforzamiento más eficaz, es decir aquel que prolongue la "vida útil" de la casa, ampliando el tiempo entre el inicio del sismo y el colapso de la vivienda a fin de permitir mayor tiempo de evacuación, habiéndose alcanzado un tiempo máximo de 28 segundos; al mismo tiempo que el costo de reforzamiento sea el menor posible, y aquel que utilice materiales simples- malla, clavos, alambre, chapitas, cemento - que se encuentran en cualquier ferretería, y el que fuera el más sencillo de aplicar -sin alterar la estructura de la casa existente.(CERESIS, 2022)

La propuesta para la reducción de la vulnerabilidad de una infraestructura con el fin de retardar al máximo el colapso total o parcial en caso de fuertes movimientos sísmicos, realizando la disminución del peso, mejoramiento de entresijos, rehabilitación de muros. El reforzamiento se realiza utilizando diversos métodos, enfocados en las vigas y columnas de la estructura para darle una mayor resistencia, no evitará que la estructura

se rompa pero sí que los muros no caigan, ya que la mayoría de las casas de adobe han sido construidas por sus propios propietarios y operarios de la localidad; no han intervenido arquitectos, ingenieros ni albañiles externos. El raciocinio es simple: los pobladores tienen la habilidad para construir sus casas, por lo tanto también tienen la habilidad para aplicar el sencillo reforzamiento recomendado.

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Para las características de los criterios físicos de la situación actual del territorio de las viviendas jirón José Olaya ante la ocurrencia de sismos.

El resultado de la presente investigación con respecto al primer objetivo específico, orientado a identificar las características de los criterios físicos de la situación actual del territorio donde se encuentran ubicadas las viviendas del jirón José Olaya, ante la ocurrencia de sismos, se realizó a través de la revisión, sistematización y análisis de información primaria y secundaria de instituciones técnico científicas encontrando que el ámbito de estudio presenta una data histórica de ocurrencia de sismos producidos cíclicamente, que está determinada por sus características físicas del territorio, como son: ubicación geográfica, geología y geomorfología, geodinámica, napa freática y características del suelo obteniendo nivel de peligro alto ante ocurrencia sísmica.

Las características de los criterios físicos fueron plasmadas: Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la zona de estudio corresponde a la zona 3 de sismicidad alta y de acuerdo a la historia de los sismos sucedidos en la región, se viene presentando el silencio sísmico, ya que la distribución de la actividad sísmica de los últimos años revela que no se ha liberado gran energía sísmica en la región, de acuerdo al Estudio de zonificación sísmica (Alva et al., 2000). Geológicamente está conformada por depósitos glaciares, los cuales son mezclas heterogéneas de limo y arcilla y geomorfológicamente presenta depósitos aluviales. Según el Estudio de vulnerabilidad sísmica de Huaraz (Ordóñez, 1984), y el Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú (Kuroiwa, 2016) el ámbito de estudio presenta agua que se filtra de manera

subterránea, amplificando las ondas sísmicas aumentando la intensidad sísmica, la mecánica de suelos presenta material cuaternario aluvionales los cuales brindan al suelo condiciones de amplificación sísmica. La sismicidad del ámbito de estudio, históricamente, se encuentra al sur la falla de la Cordillera Blanca activa, y que la ocurrencia de un sismo destructor no se descarta pero no siempre tienen acción según (Ordóñez, 1984)

Los resultados obtenidos de esta recopilación de información concuerdan con lo obtenido de la aplicación del método de proceso de análisis jerárquico propuesto por Thomas Saaty, el cual determina que la zona de estudio presenta características en el territorio que influyen ante el peligro sísmico alto.

Resultados similares obtenidos por Sánchez, (2003). En la investigación “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el Distrito de San Juan de Lurigancho: Comportamiento sísmico de las construcciones de Tierra”, donde plantea una metodología de evaluación donde intervienen las condiciones locales del ámbito de estudio suelo, topografía y geología para determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, teniendo en cuenta el material de construcción de estas.

Contrastando en la investigación realizada por Rodríguez, (2019). La investigación “Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun – Carhuaz”, donde planteo el estudio las características del territorio y de los indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas ante el riesgo sísmico. Los hallazgos evidenciaron interviene el territorio del ámbito de estudio, por las características de la litología, pendiente y susceptibilidad o exposición para determinar las condiciones de vulnerabilidad.

4.2.2. Para los Índices de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya que influyen ante la ocurrencia de sismo.

De los resultados de la aplicación de las 61 fichas técnicas, a partir de las características de las variables e indicadores que influyen en la vulnerabilidad estructural de las viviendas, cuyos parámetros evaluados: tipo de material en paredes, cubierta de techo, material en el techo, sistema de entresijos, número de pisos, antigüedad de la construcción, estado

conservación, topografía del sitio, cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura y participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción determinaron que las viviendas del jirón José Olaya presentan vulnerabilidad alta ante la ocurrencia de sismo.

Resultados similares obtenidos por (Rodríguez, 2019) como resultado de la determinación de la vulnerabilidad estructural de viviendas mediante el uso del método de análisis jerárquico empleado dentro de la metodología del CENEPRED para la evaluación de riesgos por sismo donde se analiza las condiciones específicas de infraestructura que pueden sufrir los efectos del peligro sismo, presentando vulnerabilidad alta.

Contrastando con la investigación de Tinoco, Colonia & Tinoco (2015) como resultado aplicando el sistema de información geográfica para determinar la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas determinando niveles de vulnerabilidad de las viviendas, obtenidos en base a características de las viviendas y del ámbito de estudio.

4.2.3. Para la influencia del reforzamiento estructural de las viviendas del jirón José Olaya en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de sismo.

Los aspectos críticos encontrados en el ámbito de estudio en las viviendas son las paredes de adobe, techo constituido por madera y teja, entresijos constituidos por madera/caña y vigas de entramado de madera, antigüedad de las viviendas, lo cual genera una alta vulnerabilidad estructural ante ocurrencia de sismo.

La propuesta para la reducción de la vulnerabilidad de una infraestructura a través del reforzamiento se realiza utilizando diversos métodos, enfocados en las vigas y columnas de la estructura para darle una mayor resistencia, no evitará que la estructura se rompa, pero sí que los muros no caigan, ya que la mayoría de las casas de adobe han sido construidas por sus propios propietarios y operarios de la localidad; no han intervenido arquitectos, ingenieros ni albañiles externos.

Resultados obtenidos por Zegarra,L., Quiun,D. & San Bartolomé, A.(1999) En la investigación “Técnicas para el reforzamiento sísmico de

viviendas de adobe” estudio como primera etapa, mediante una serie de ensayos en muros de adobe y módulos a escala de un piso, probando distintos tipos de refuerzos estructurales aplicados a los puntos más débiles, concluyendo que la técnica de reforzamiento en base a mallas electrosoldadas dispuestas en forma de franjas que simulan vigas y columnas de confinamiento, constituye una solución factible para las viviendas de adobe existentes sujetas a terremotos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ❖ Según los resultados obtenidos a cerca de la caracterización de los criterios físicos de la situación actual del territorio de las viviendas del jirón José Olaya de peligro nivel alto, se concluye que los criterios físicos del territorio influyen ante la ocurrencia de sismos determinando la intensidad que describe los efectos del mismo.
- ❖ Según los resultados obtenidos a cerca de los índices de los niveles de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya que influyen ante la ocurrencia de sismo, se tiene el resultado del índice entre 0.129 a 0.253, clasificándose en vulnerabilidad alta, ocasionando destrucción, daños a la vida y recursos. Por lo tanto, se concluye que a través de las características estructurales de las viviendas se determina su vulnerabilidad estructural ante la ocurrencia de sismo.
- ❖ Según los resultados obtenidos se determinó que el reforzamiento estructural de las viviendas del jirón José Olaya influye en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de sismo, influyendo de manera que, al reforzar la vivienda con técnicas adecuadas, esto permitirá reducir la vulnerabilidad y prevenir la generación de nuevas condiciones de riesgo, de esta manera darle a la estructura una mayor resistencia.

5.2 Recomendaciones

En base a las conclusiones, se recomienda lo siguiente:

- ❖ Incluir dentro de los instrumentos normativos a nivel de la Provincia de Huaraz, la información de los estudios realizados por entidades técnico científicas a cerca de las características del territorio y realizar estudios de capacidad portante de suelos, lo cual ayudará a determinar acciones futuras para minimizar daños ante la ocurrencia sísmica en el territorio.
- ❖ Emitir ordenanzas municipales articuladas a la normativa existente para implementar medidas estructurales con el propósito de reforzar las viviendas de adobe a través de métodos accesibles económicamente y conservar la tradición cultural del ámbito de estudio.
- ❖ Promover a través de la universidad y municipios locales la capacidad de resiliencia a través del fortalecimiento de capacidades y mejora de la cultura de prevención para proteger la integridad física y sus medios de vida.
- ❖ Promover y/o fortalecer la implementación de los procesos de la gestión prospectiva en riesgos y desastres, a través actividades vinculadas a los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres, y ejecutar actividades orientadas a la preparación y respuesta con la participación de la población vulnerable ante sismo, liderado por los municipios locales y con apoyo de la universidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alva, J., Huamán, C., & Bustamante, A. (2000). Estudio de microzonificación sísmica de Huaraz. VIII CONGRESO NACIONAL DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA CIVIL, (1).
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (n.d.). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Colombia.
- CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Lima, Perú.
- CENEPRED. (2017). Manual para la evaluación del riesgo por sismos. (Primera Ed). Lima, Perú.
- Gobierno Regional de Ancash. (2014). Estudio de diagnóstico y zonificación con fines de demarcación territorial de la provincia de Huaraz (p. 315). p. 315. Huaraz.
- INDECI. (2010). Terminología de Defensa Civil (p. 20). p. 20. Perú: Quinta edición.
- INDECI. (2018). Los movimientos sísmicos.
- INDECI, & PNUD. (2004). Mapa de peligros de la ciudad de Huaraz y sus áreas de expansión (p. 96). p. 96. Huaraz, Perú.
- INEI. (2018). CENSO 2017 resultados definitivos Ancash. Lima, Perú.
- Kuroiwa, J. (2002). Reducción de desastres (Primera Ed, Vol. 0). Lima: Enero.
- Kuroiwa, J. (2016). Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú (p. 112). p. 112.
- Kuroiwa, J., & Salas, J. (2009). Manual para la Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería Confinada Dañadas por Sismos. PNUD, 62. Retrieved from http://www.pe.undp.org/content/dam/peru/docs/Prevención_y_recuperación_de_crisis/ManualReparacionAlbanileria1.pdf
- Ministerio de Educación. Resolución Ministerial N° 775-87-ED. , (1987).
- Ministerio de Vivienda. (2006). Norma A.140.

- Ministerio de Vivienda. (2016). DECRETO SUPREMO N° 003-2016-VIVIENDA. Diario El Peruano.
- Ordóñez, E. (1984). Estudio de la vulnerabilidad sísmica de Huaraz. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ortega, C. (2014). Determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones por efecto de sismo en el Centro Urbano del Distrito de Villa Rica. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- PROYECTO GLACIARES +. (2018). Informe de evaluación de riesgo por aluvión en el distrito de Huaraz, provincia Huaraz, departamento de Ancash. Huaraz, Perú.
- Ramírez, P. D. R. (2017). Evaluación experimental de una propuesta de reforzamiento estructural para las edificaciones escolares construidas antes de 1997, Perú. (Pontificia Universidad Católica del Perú). Retrieved from http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9751/RAMIREZ_PAMELA_REFORZAMIENTO_ESTRUCTURAL_EDIFICACIONES_ESCOLARES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, R. (2019). Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz. Aporte Santiaguino, 11(2), 311. <https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.584>
- Sanchez, R. (2003). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el Distrito de San Juan de Lurigancho: Comportamiento sísmico de las construcciones de tierra. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Tavera, H., Bernal Esquia, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A., & Ishizawa, O. (2014). Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú. Repositorio Institucional - IGP. Retrieved from <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/783>
- Tinoco, T., Colonia, P., & Tinoco, P. (2015). Determinación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas, aplicando el sistema de información geográfica. Aporte Santiaguino, 8(1), 57–66.
- Zegarra, L., Quiun, D., & San Bartolomé, A. (1999). TÉCNICAS PARA EL REFORZAMIENTO SÍSMICO DE VIVIENDAS DE ADOBE.

ANEXOS



ANEXO 1

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE PELIGRO SÍSMICO



a. **Análisis de los parámetros de evaluación del peligro sísmico**

➤ **Parámetros de evaluación del peligro sísmico**

Tabla 6: Matriz de comparación de pares de los parámetros de evaluación del peligro sísmico

Peligro sísmico		Intensidad del sismo	Magnitud del sismo	Aceleración natural de suelo
Intensidad del sismo	del	1.00	3.00	5.00
Magnitud del sismo	del	0.33	1.00	3.00
Aceleración natural de suelo	de	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los tres parámetros de evaluación del peligro sísmico nos dará la unidad (1: igual importancia).

Tabla 7 : Matriz de normalización de pares de los parámetros de evaluación del peligro sísmico.

Peligro sísmico	Intensidad del sismo	Magnitud del sismo	Aceleración natural de suelo	Vector priorización
Intensidad del sismo	0.65	0.69	0.56	0.633
Magnitud del sismo	0.22	0.23	0.33	0.260
Aceleración natural de suelo	0.13	0.08	0.11	0.106

Nota: El vector de priorización, es la ponderación la cual indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación de los parámetros de evaluación del peligro sísmico.

Tabla 8 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.02
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.039

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para los parámetros de evaluación del peligro sísmico.

➤ **Parámetros de evaluación del peligro sísmico: Intensidad del sismo**

Tabla 9 : Matriz de comparación de pares del parámetro de intensidad del sismo.

Intensidad del sismo	XI y XII	IX y X	VI, VII y VIII	III, IV y V	I y II
XI y XII	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
IX y X	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
VI, VII y VII	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
III, IV y V	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
I y II	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: XI y XII: Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire
 IX y X: Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado
 VI, VII y VIII: Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño
 III, IV y V: Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean
 I y II: Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas
 Los descriptores considerados son en Escala Mercalli, adaptado de (Kuroiwa, 2002)

Tabla 10: Matriz de normalización de pares del parámetro de intensidad del sismo.

Intensidad del sismo	XI y XII.	IX y X	VI, VII y VIII	III, IV y V	I y II	Vector priorización
XI y XII	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
IX y X	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
VI, VII y VII	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
III, IV y V	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
I y II	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

sismo.

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor de la intensidad del sismo.

Tabla 11 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para la intensidad del sismo.

➤ **Parámetros de evaluación del peligro sísmico: Magnitud del sismo**

Tabla 12 : Matriz de comparación de pares del parámetro de magnitud del sismo.

Magnitud del sismo	Mayor a 8.0:	6.0 a 7.9	4.5 a 5.9	3.5 a 4.4	Menor a 3.4
Mayor a 8.0:	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
6.0 a 7.9	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
4.5 a 5.9	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
3.5 a 4.4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 3.4	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Mayor a 8.0: Grandes terremotos

6.0 a 7.9: Sismo mayor

4.5 a 5.9: Pueden causar daños menores en la localidad

3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente

Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado en sismógrafos

Los rangos considerados para los descriptores del parámetro magnitud del sismo, establecieron según el Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED, teniendo en cuenta la ocurrencia de un sismo de magnitud mayor a 8.0 Richter.

Tabla 13 : Matriz de normalización de pares del parámetro de magnitud del sismo.

Magnitud del sismo	Mayor a 8.0:	6.0 a 7.9	4.5 a 5.9	3.5 a 4.4	Menor a 3.4	Vector priorización
Mayor a 8.0:	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
6.0 a 7.9	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
4.5 a 5.9	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
3.5 a 4.4	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Menor a 3.4	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor de la magnitud del sismo.

Tabla 14 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para la magnitud del sismo.

➤ **Parámetros de evaluación del peligro sísmico: Aceleración máxima del suelo**

Tabla 15 : Matriz de comparación de pares del parámetro de la aceleración máxima del suelo.

Aceleración máxima del suelo	PGA \geq .45g	0.35 \leq PGA \geq 0.45g	0.25 \leq PGA \geq 0.35g	0.10 \leq PGA \geq 0.25g	PGA $<$ 0.10g
PGA \geq .45g	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
0.35 \leq PGA \geq 0.45g	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
0.25 \leq PGA \geq 0.35g	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
0.10 \leq PGA \geq 0.25g	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
PGA $<$ 0.10g	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Adaptado de la Norma de diseño sismorresistente E-030. PGA= Aceleración máxima horizontal en suelo rígido, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Tabla 16 : Matriz de normalización de pares del parámetro de la aceleración máxima del suelo.

Aceleración máxima del suelo	PGA \geq .45g	0.35 \leq PGA \geq 0.45g	0.25 \leq PGA \geq 0.35g	0.10 \leq PGA \geq 0.25g	PGA $<$ 0.10g	Vector priorización
PGA \geq .45g	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
0.35 \leq PGA \geq 0.45g	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
0.25 \leq PGA \geq 0.35g	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
0.10 \leq PGA \geq 0.25g	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
PGA $<$ 0.10g	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor de la aceleración máxima del suelo ante la ocurrencia de un sismo.

Tabla 17 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para la aceleración máxima del suelo.

b. Análisis de los factores condicionantes del peligro sísmico

➤ Parámetros de los factores condicionantes del peligro sísmico

Tabla 18 : Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes del peligro sísmico.

Factores condicionantes	Napa freática	Tipo de suelo	Profundidad
Napa freática	1.00	3.00	5.00
Tipo de suelo	0.33	1.00	3.00
Profundidad	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los tres factores condicionantes del peligro sísmico nos dará la unidad (1: igual importancia).

Tabla 19 : Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes del peligro sísmico

Factores condicionantes	Napa freática	Tipo de suelo	Profundidad	Vector priorización
Napa freática	0.65	0.69	0.56	0.633
Tipo de suelo	0.22	0.23	0.33	0.260
Profundidad	0.13	0.08	0.11	0.106

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor de los factores condicionantes del peligro sísmico.

Tabla 20 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.02
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.04

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para los factores condicionantes del peligro sísmico.

➤ **Parámetros de los factores condicionantes del peligro sísmico:**

Tipo de suelo

Tabla 21 : Matriz de comparación de pares del tipo de suelo

Tipo de suelo	Relleno sanitario	Arena y limo	Granulares finos y arcillosos	Estratos de grava	Afloramiento rocoso
Relleno sanitario	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Arena y limo	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Granulares finos y arcillosos	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Estratos de grava	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Afloramiento rocoso	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Adaptado de la Norma de diseño sismorresistente E-030.

Tabla 22 : Matriz de normalización de pares del tipo de suelo

Tipo de suelo	Relleno sanitario	Arena y limo	Granulares finos y arcillosos	Estratos de grava	Afloramiento rocoso	Vector priorización
Relleno sanitario	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Arena y limo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Granulares finos y arcillosos	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Estratos de grava	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Afloramiento rocoso	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del tipo de suelo ante la ocurrencia de un sismo.

Tabla 23 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el tipo de suelo.

➤ **Parámetros de los factores condicionantes del peligro sísmico:**
Profundidad del sismo

Tabla 24 : Matriz de comparación de pares de la profundidad del sismo.

Profundidad del sismo	Muy superficial: 0-20 Km	Superficial: 20-70 km	Intermedio: 70-110 km	Semi profundo: 110-300 km	Profundos: Mayor a 300 km
Muy superficial: 0-20 Km	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Superficial: 20-70 km	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Intermedio: 70-110 km	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Semi profundo: 110-300 km	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Profundos: Mayor a 300 km	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Adaptado de datos históricos sobre sismos ocurridos en Ancash.

Tabla 25 : Matriz de normalización de pares de la profundidad del sismo.

Profundidad	Muy superficial: 0-20 Km	Superficial: 20-70 km	Intermedio: 70-110 km	Semi profundo: 110-300 km	Profundos: Mayor a 300 km	Vector priorización
Muy superficial: 0-20 Km	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Superficial: 20-70 km	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Intermedio: 70-110 km	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Semi profundo: 110-300 km	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Profundos: Mayor a 300 km	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor de la profundidad del sismo, mientras mas superficial sea mayor vector de priorización.

Tabla 26 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para la profundidad del sismo.

➤ **Parámetros de los factores condicionantes del peligro sísmico: Profundidad de la Napa freática**

Tabla 27 : Matriz de comparación de pares de la profundidad napa freática

Profundidad de la Napa freática	0-0.65 m	0.65-1.0m	1.0- 1.5m	1.5-3.0 m	Mayores a 3 m
0-0.65 m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
0.65-1.0m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
1.0- 1.5m	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
1.5-3.0 m	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Mayores a 3	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Adaptado del Estudio de la vulnerabilidad sísmica de Huaraz.

Tabla 28 : Matriz de normalización de pares de la profundidad de la napa freática

Profundidad de la Napa freática	0-0.65 m	0.65-1.0m	1.0- 1.5m	1.5-3.0 m	Mayores a 3 m	Vector priorización
0-0.65 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
0.65-1.0m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
1.0- 1.5m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
1.5-3.0 m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Mayores a 3	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor de la profundidad de la napa freática, mientras más superficial sea la napa freática, mayor vector de priorización.

Tabla 29 : Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para la profundidad de la napa freática.

➤ **Determinación del peligro sísmico**

Tabla 30 : Cálculo de los parámetros de evaluación del peligro sísmico.

PARAMETROS DE EVALUACIÓN									VALOR
MAGNITUD			INTENSIDAD			ACELERACIÓN			
Descriptor	Vector de priorización de la magnitud	Vector de priorización del parámetro	Descriptor	Vector de priorización de la intensidad	Vector de priorización del parámetro	Descriptor	Vector de priorización de la aceleración	Vector de priorización del parámetro	
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	0.503	0.260	XI y XII.	0.503	0.633	PGA ≥ 0.45 g	0.503	0.106	0.503
6.0 a 7.9: Sismo mayor	0.260	0.260	IX y X	0.260	0.633	0.35 ≤ PGA ≤ 0.45 g	0.260	0.106	0.260
4.5 a 5.9: Pueden causar daños menores en la localidad	0.134	0.260	VI, VII y VIII	0.134	0.633	0.25 ≤ PGA ≤ 0.35 g	0.134	0.106	0.134
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	0.068	0.260	III, IV y V	0.068	0.633	0.10 ≤ PGA ≤ 0.25 g	0.068	0.106	0.068
Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado en sismógrafos	0.035	0.260	I y II	0.035	0.633	PGA < 0.10 g	0.035	0.106	0.035

Nota: Vpm: Vector de priorización de la magnitud. VPP: Vector de priorización del parámetro. Vpi: Vector de priorización de la intensidad. Vpa: Vector de priorización de la aceleración. PP: Porcentaje del parámetro. Vpe: Valor de la ponderación de los descriptores de los parámetros de evaluación a través del Método del Proceso de Análisis Jerárquico. La elección de los descriptores para cada parámetro se realizó en base a la data histórica y características físicas evaluadas en la actualidad del ámbito de estudio y teniendo el escenario de un sismo de gran magnitud.

$$\text{Valor de los parámetros de evaluación} = \frac{(VPM \cdot VPP) + (VPI \cdot VPP) + (VPA \cdot VPP)}{(PP + PP + PP)}$$

$$\text{Valor de los parámetros de evaluación (Vpe)} = 0.259$$

Tabla 31: Cálculo de los parámetros de susceptibilidad

FACTORES CONDICIONANTES									
TIPO DE SUELO			PROFUNDIDAD DEL SISMO			PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREÁTICA			Valor
Descriptores	Vector de priorización del tipo de suelo	Vector de priorización del parámetro	Descriptores	Vector de priorización de la profundidad del sismo	Vector de priorización del parámetro	Descriptores	Vector de priorización de la napa freática	Vector de priorización del parámetro	
Relleno sanitario	0.503	0.260	Muy superficial: 0-20 Km	0.503	0.106	0-0.65 m	0.503	0.633	0.503
Arena y limo	0.260	0.260	Superficial: 20-70 km	0.260	0.106	0.65-1.0m	0.260	0.633	0.260
Granulares finos y arcillosos	0.134	0.260	Intermedio: 70-110 km	0.134	0.106	1.0- 1.5m	0.134	0.633	0.134
Estratos de grava	0.068	0.260	Semiprofundo: 110-300 km	0.068	0.106	1.5-3.0 m	0.068	0.633	0.068
Afloramiento rocoso	0.035	0.260	Profundos: Mayor a 300 km	0.035	0.106	Mayores a 3	0.035	0.633	0.035

Nota: Vps: Vector de priorización tipo de suelo. VPP: Vector de priorización del parámetro. Vpp: Vector de priorización de la profundidad del sismo. Vpn: Vector de priorización de la napa freática. PP: Porcentaje del parámetro

El cálculo de los parámetros de susceptibilidad se da entre la ponderación de los descriptores de los parámetros los factores condicionantes sumado a los desencadenantes, para la presente investigación solo se consideraron factores condicionantes a través del Método del Proceso de Análisis Jerárquico. La elección de los descriptores para cada parámetro de los factores se realizó en base a la data histórica y características físicas evaluadas en la actualidad del ámbito de estudio y teniendo el escenario de un sismo de gran magnitud.

$$\text{Valor de los parametros susceptibilidad} = \frac{((VPs * VPP) + (VPP * VPP) + (VPn * VPP))}{(PP + PP + PP)}$$

$$\text{Valor de los parametros susceptibilidad(VPS)} = 0.213$$

Tabla 32 : Determinación del peligro sísmico

	Valor	Porcentaje parámetro
Parámetros de evaluación	0.259	0.60
Parámetros de susceptibilidad	0.213	0.40

Nota: La determinación del peligro sísmico, se realiza operando el valor de los parámetros de evaluación (Vpe), Valor de los parámetros susceptibilidad (VPS) y porcentaje del parámetro (PP).

$$\text{Nivel del Peligro} = \frac{((Vpe * PP) + (VPS * PP))}{(PP + PP)}$$

Nivel del Peligro = 0.246

Tabla 33 : Determinación de rangos del nivel de peligro sísmico

Rangos	Niveles
0.260 ≤ P ≤ 0.503	Peligro muy alto
0.134 ≤ P ≤ 0.260	Peligro alto
0.068 ≤ P ≤ 0.134	Peligro medio
0.035 ≤ P ≤ 0.068	Peligro bajo

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Nota: Los rangos, son valores de priorización calculados de los parámetros de evaluación y factores condicionantes.
Los niveles, son los que clasifica el CENEPRED en el Manual para la evaluación del riesgo por sismos.

Tabla 34 : Matriz de niveles del peligro sísmico.

Nivel de peligro	Descripción	Rangos
<p>Peligro Muy alto</p>	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características: Intensidad del sismo: XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire Magnitud del sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos Aceleración máxima del suelo (PGA) $0.45 \leq \text{PGA}$ de acuerdo al mapa de sismo del Perú. Tipo de suelo Suelos de rellenos sanitario Profundidad del sismo Sismo Superficial entre los 0-20 km de profundidad. Profundidad de la napa freática De 0-0.65 m de profundidad</p>	<p>0.260 ≤ P ≤ 0.503</p>
<p>Peligro Alto</p>	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características: Intensidad del sismo: IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos. Magnitud del sismo: 6.0 a 7.9 sismo mayor Aceleración máxima del suelo (PGA) $0.35 \leq \text{PGA} \leq 0.45$ de acuerdo al mapa de sismo del Perú. Tipo de suelo Suelos con presencia de arena y limo Profundidad del sismo Sismo Superficial entre los 0-70 km de profundidad. Profundidad de la napa freática De 0.65-1.0m de profundidad</p>	<p>0.134 ≤ P ≤ 0.260</p>
<p>Peligro medio</p>	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características: Intensidad del sismo: VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño Magnitud del sismo: 4.5 a 5.9: Pueden causar daños menores en la localidad Aceleración máxima del suelo (PGA) $0.25 \leq \text{PGA} \leq 0.35$ de acuerdo al mapa de sismo del Perú. Tipo de suelo Suelos Granulares finos y arcillosos Profundidad del sismo Sismo Superficial entre los 70-110 km de profundidad. Profundidad de la napa freática De 1.0- 1.5 m de profundidad</p>	<p>0.068 ≤ P ≤ 0.134</p>

Peligro bajo	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características:</p> <p>Intensidad del sismo: I a V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean</p> <p>Magnitud del sismo: Menos a 3.5: Pueden causar daños menores en la localidad, sentido por poca gente</p> <p>Aceleración máxima del suelo (PGA) $0.25 \geq PGA$ de acuerdo al mapa de sismo del Perú. $0.035 \leq P \leq 0.068$</p> <p>Tipo de suelo Suelos con estratos de grava y afloramiento rocoso</p> <p>Profundidad del sismo Sismo profundo mayores a 110 km de profundidad.</p> <p>Profundidad de la napa freática Mayores a 1.5 m de profundidad</p>
---------------------	---

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Nota: Los niveles, son los que clasifica el CENEPRED en el Manual para la evaluación del riesgo por sismos. La descripción, son los descriptores de cada parámetro que se evaluó en base a su valor de priorización que se encuentra dentro de los rangos considerados. Los rangos, son los valores de priorización calculados de los parámetros de evaluación y factores condicionantes.

ANEXO 2

**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS PARA
DETERMINAR EL NIVEL DE VULNERABILIDAD
ESTRUCTURAL**

c. **Análisis de los parámetros para determinar el nivel de vulnerabilidad estructural.**

➤ **Parámetros del factor exposición: Localización de la vivienda según zona sísmica**

Tabla 35 : Matriz de comparación de la localización de la vivienda según zona sísmica.

Parámetro	En zona 4	Entre zona 3 y 4	En zona 3	En zona 2	En zona 1
En zona 4	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Entre zona 3 y 4	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
En zona 3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
En zona 2	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
En zona 1	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores nos dará la unidad (1: igual importancia). Las zonas evaluadas fueron consideradas de la microzonificación sísmica. Adaptado del Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA.

Tabla 36 :Matriz de normalización de pares de la localización de la vivienda según zona sísmica.

Parámetro	En zona 4	Entre zona 3 y 4	En zona 3	En zona 2	En zona 1	Vector priorización
En zona 4	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Entre zona 3 y 4	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
En zona 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
En zona 2	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
En zona 1	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro, la zona 4 es el nivel muy alto de ocurrencia sísmica.

Tabla 37 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad**

Tabla 38: Matriz de comparación de pares de los parámetros del factor de fragilidad de la vulnerabilidad estructural.

	Tipo de material en paredes	Tipo de cubierta de techo	Tipo de material en el techo	Sistema de entrepisos	Número de pisos	Antigüedad de construcción	Estado de conservación	Topografía del sitio
Tipo de material en paredes	1.00	3.00	3.00	7.00	3.00	4.00	2.00	3.00
Tipo de cubierta de techo	0.33	1.00	3.00	5.00	0.33	2.00	3.00	4.00
Tipo de material en el techo	0.33	0.33	1.00	3.00	0.25	2.00	2.00	3.00
Sistema de entrepisos	0.14	0.20	0.33	1.00	0.33	0.50	0.33	0.50
Número de pisos	0.33	3.00	4.00	3.00	1.00	2.00	3.00	5.00
Antigüedad de construcción	0.25	0.50	0.50	2.00	0.50	1.00	0.50	5.00
Estado de conservación	0.50	0.33	0.50	3.00	0.33	2.00	1.00	3.00
topografía del sitio	0.33	0.25	0.33	2.00	0.20	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los ocho parámetros para determinar el factor de fragilidad nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 39 :Matriz de normalización de pares del factor de fragilidad de la vulnerabilidad estructural.

	Tipo de material en paredes	Tipo de cubierta de techo	Tipo de material en el techo	Sistema de entrepisos	Número de pisos	Antigüedad de construcción	Estado de conservación	topografía del sitio	Vector priorización
Tipo de material en paredes	0.31	0.35	0.24	0.27	0.50	0.29	0.16	0.12	0.281
Tipo de cubierta de techo	0.10	0.12	0.24	0.19	0.06	0.15	0.25	0.16	0.158
Tipo de material en el techo	0.10	0.04	0.08	0.12	0.04	0.15	0.16	0.12	0.101
Sistema de entrepisos	0.04	0.02	0.03	0.04	0.06	0.04	0.03	0.02	0.034
Número de pisos	0.10	0.35	0.32	0.12	0.17	0.15	0.25	0.20	0.206
Antigüedad de construcción.	0.08	0.06	0.04	0.08	0.08	0.07	0.04	0.20	0.082
Estado de conserva.	0.15	0.04	0.04	0.12	0.06	0.15	0.08	0.12	0.094
topografía del sitio	0.10	0.03	0.03	0.08	0.03	0.01	0.03	0.04	0.044

Nota: El vector de priorización, es la ponderación la cual indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del factor de fragilidad de la vulnerabilidad estructural.

Tabla 40 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.12
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.087

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para los parámetros del factor de fragilidad de la vulnerabilidad estructural.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Tipo de material en pared.**

Tabla 41: Matriz de comparación de pares del tipo de material en pared

Parámetro	Pared de tapial/madera	Pared de adobe	Pared de piedra	Pared de bloque	Pared de ladrillo
Pared de tapial/madera	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Pared de adobe	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Pared de piedra	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Pared de bloque	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Pared de ladrillo	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 42:Matriz de normalización de pares del tipo de material en pared

Parámetro	Pared de tapial/madera	Pared de adobe	Pared de piedra	Pared de bloque	Pared de ladrillo	Vector priorización
Pared de tapial/madera	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Pared de adobe	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Pared de piedra	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Pared de bloque	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Pared de ladrillo	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 43:Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Tipo de cubierta de techo.**

Tabla 44: Matriz de comparación de pares de tipo de cubierta de techo

Parámetro	caña y zinc	Vigas de madera y teja	Vigas de madera y zinc	Cubierta metálica	Losa de concreto armado
caña y zinc	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Vigas de madera y teja	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Vigas de madera y zinc	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Cubierta metálica	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Losa de concreto armado	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 45: Matriz de normalización de pares de tipo de cubierta de techo

Parámetro	caña y zinc	Vigas de madera y teja	Vigas de madera y zinc	Cubierta metálica	Losa de concreto armado	Vector priorización
caña y zinc	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Vigas de madera y teja	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Vigas de madera y zinc	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Cubierta metálica	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Losa de concreto armado	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 46: Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Tipo de material en el techo.**

Tabla 47: Matriz de comparación de pares de tipo de material en el techo

Parámetro	Cartón/Plástico	Estera	Calamina	Teja	Concreto armado
Cartón/Plástico	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Estera	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Calamina	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Teja	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Concreto armado	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 48 :Matriz de normalización de pares de tipo de material en el techo

Parámetro	Cartón/Plástico	Estera	Calamina	Teja	Concreto armado	Vector priorización
Cartón/Plástico	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Estera	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Calamina	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Teja	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Concreto armado	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 49 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Sistema de entresijos.**

Tabla 50: Matriz de comparación de pares de sistema de entresijos

Parámetro	Entramado de madera/caña	Vigas y entramado madera	Entramado metálico	Entramado hormigón/metálico	Losa de hormigón armado
Entramado de madera/caña	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Vigas y entramado madera	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Entramado metálico	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Entramado hormigón/metálico	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Losa de hormigón armado	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 51 :Matriz de normalización de pares de sistema de entresijos

Parámetro	Entramado de madera/caña	Vigas y entramado madera	Entramado metálico	Entramado hormigón/metálico	Losa de hormigón armado	Vector priorización
Entramado de madera/caña	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Vigas y entramado madera	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Entramado metálico	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Entramado hormigón/metálico	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Losa de hormigón armado	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 52: Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Número de pisos**

Tabla 53 :Matriz de comparación de pares de número de pisos

Parámetro	5 pisos a mas	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 piso
5 pisos a mas	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
4 pisos	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
3 pisos	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
2 pisos	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
1 piso	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 54 :Matriz de normalización de pares de número de pisos

Parámetro	5 pisos a mas	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 piso	Vector priorización
5 pisos a mas	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
4 pisos	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
3 pisos	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
2 pisos	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
1 piso	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 55 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Antigüedad de construcción**

Tabla 56 :Matriz de comparación de pares de antigüedad de construcción

Parámetro	De 40 años a más	De 30 a 40 años	De 20 a 30 años	De 10 a 20 años	Menor a 10 años
De 40 años a más	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
De 30 a 40 años	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
De 20 a 30 años	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
De 10 a 20 años	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 10 años	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 57 :Matriz de normalización de pares de antigüedad de construcción

Parámetro	De 40 años a más	De 30 a 40 años	De 20 a 30 años	De 10 a 20 años	Menor a 10 años	Vector priorización
De 40 años a más	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
De 30 a 40 años	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
De 20 a 30 años	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
De 10 a 20 años	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a 10 años	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 58 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Estado de construcción**

Tabla 59 :Matriz de comparación de pares del estado de construcción

Parámetro	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Malo	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Regular	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Bueno	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy bueno	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Muy malo: edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir un colapso. Malo: edificaciones no reciben mantenimiento regular cuya estructura acusa deterioros que lo comprometen, aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos. Regular: edificaciones que reciben mantenimiento esporádico cuyas estructuras no tienen deterioro, si lo tienen no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visible debido al mal uso. Bueno: edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal. Muy bueno: edificaciones que reciben mantenimiento permanente y no presentan deterioro alguno

Tabla 60 :Matriz de normalización de pares del estado de construcción

Parámetro	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Vector priorización
Muy malo	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Malo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Regular	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Bueno	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Muy bueno	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 61 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del factor fragilidad: Topografía del sitio.**

Tabla 62: Matriz de comparación de pares de topografía del sitio

Parámetro	A nivel, terreno plano	Bajo nivel calzada	Sobre nivel calzada	Escarpe positivo	Escarpe negativo
Escarpe negativo	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Escarpe positivo	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Bajo nivel calzada	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Sobre nivel calzada	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
A nivel, terreno plano	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Tabla 63 : Matriz de normalización de pares de topografía del sitio

Parámetro	A nivel, terreno plano	Bajo nivel calzada	Sobre nivel calzada	Escarpe positivo	Escarpe negativo	Vector priorización
Escarpe negativo	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Escarpe positivo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Bajo nivel calzada	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Sobre nivel calzada	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
A nivel, terreno plano	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 64: Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

➤ **Parámetros del Factor resiliencia- cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura.**

Tabla 65 :Matriz de comparación de pares de cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura.

Parámetro	C <20 %	30% < C ≤20 %	50% < C ≤30 %	70% < C ≤50 %	C >70%
C <20 %	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
30% < C ≤20 %	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
50% < C ≤30 %	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
70% < C ≤50 %	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
C >70%	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, C: categoría de edificación.

Tabla 66 :Matriz de normalización de pares de cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura.

Parámetro	C<20 %	30%< C ≤20%	50%< C ≤30%	70%< C ≤50%	C >70%	Vector priorización
C<20%	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
30%< C ≤20%	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
50%< C ≤30%	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
70%< C ≤50%	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
C>70%	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 67:Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

- **Parámetros del Factor resiliencia- participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción.**

Tabla 68 :Matriz de comparación de pares de participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción

Parámetro	No	Solo opinión	Solo construcción	Solo diseño	Si, totalmente
No	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Solo opinión	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Solo construcción	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Solo diseño	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Si, totalmente	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Nota: Se realiza ese procedimiento usando la escala de Thomas Saaty, lo cual indica que la comparación de los descriptores del parámetro nos dará la unidad (1: igual importancia). Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED

Tabla 69 :Matriz de normalización de pares de participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción

Parámetro	No	Solo opinión	Solo construcción	Solo diseño	Si, totalmente	Vector priorización
No	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Solo opinión	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Solo construcción	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Solo diseño	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Si, totalmente	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: El vector de priorización, indica la importancia (peso) de cada descriptor del parámetro.

Tabla 70 :Índice (IC) y Relación de consistencia (RC)

Índice de Consistencia (IC)	0.061
Relación de Consistencia (RC) <0.1	0.054

Nota: La Relación de Consistencia (RC), debe tener un coeficiente menor al 10%, (RC) <0.1, lo que indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada para el parámetro.

Tabla 71 : Resultado de los valores de los parámetros de la vulnerabilidad de las viviendas del jirón José Olaya

Item	Parámetro	Cantidad	Porcentaje	Valor ponderado	Valores de vulnerabilidad
EXPOSICIÓN					
1	Localización de la vivienda según zona sísmica				0.134
1.1	En la zona 4	0	0.00%	0.503	
1.2	Entre zona 3 y 4	0	0.00%	0.26	
1.3	En la zona 3	61	100%	0.134	
1.4	En la zona 2	0	0.00%	0.068	
1.5	En la zona 1	0	0.00%	0.035	
FRAGILIDAD					
2	Tipo de material en paredes				0.148
2.1	Pared de tapial/madera	0	0.00%	0.503	
2.2	Pared de adobe	35	57.38%	0.26	
2.3	Pared de piedra	0	0.00%	0.134	
2.4	Pared de bloque	0	0.00%	0.068	
2.5	Pared de ladrillo	26	42.62%	0.035	
3	Tipo de cubierta de techo				0.233
3.1	Caña y zinc	1	1.64%	0.503	
3.2	Vigas de madera y teja	31	50.82%	0.26	
3.3	Vigas de madera y zinc	3	4.92%	0.134	
3.4	Cubierta metálica	0	0.00%	0.068	
3.5	Losa de hormigón armado	26	42.62%	0.035	
4	Tipo de material en el techo	0			0.079
4.1	Cartón/Plástico	0	0.00%	0.503	
4.2	Estera	0	0.00%	0.26	
4.3	Calamina	3	4.92%	0.134	
4.4	Teja	36	59.02%	0.068	
4.5	Concreto armado	22	36.07%	0.035	
5	Sistema de entrepisos	0			0.266
5.1.	Entramado de madera/caña	15	24.59%	0.503	
5.2	Vigas y entramado madera	21	34.43%	0.26	
5.3	Entramado metálico	0	0.00%	0.134	
5.4	Entramado hormigón/metálico	0	0.00%	0.068	
5.5	Losa de hormigón armado	25	40.98%	0.035	
6	Número de pisos	0			0.124
6.1	5 pisos a mas	0	0.00%	0.503	
6.2	4 pisos	3	4.92%	0.26	
6.3	3 pisos	8	13.11%	0.134	
6.4	2 pisos	30	49.18%	0.068	

6.5	1 piso	20	32.79%	0.035	
7	Antigüedad de construcción	0			0.200
7.1	De 40 años a más	19	31.15%	0.503	
7.2	De 30 a 40 años	8	13.11%	0.26	
7.3	De 20 a 30 años	10	16.39%	0.134	
7.4	De 10 a 20 años	8	13.11%	0.068	
7.5	Menor a 10 años	16	26.23%	0.035	
8	Estado de conservación	0			0.233
8.1	Muy malo	19	31.15%	0.503	
8.2	Malo	16	26.23%	0.26	
8.3	Regular	4	6.56%	0.134	
8.4	Bueno	0	0.00%	0.068	
8.5	Muy bueno	22	36.07%	0.035	
9	Topografía del sitio	0	0.00%		0.299
9.1	A nivel, terreno plano	4	6.56%	0.503	
9.2	Bajo nivel calzada	11	18.03%	0.26	
9.3	Sobre nivel calzada	46	75.41%	0.134	
9.4	Escarpe positivo	0	0.00%	0.068	
9.5	Escarpe negativo	0	0.00%	0.035	
RESILIENCIA					
10	Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura	0	0.00%		0.299
10.1	C <20 %	57	93.44%	0.503	
10.2	30% < C <=20 %	2	3.28%	0.26	
10.3	50% < C <=30 %	2	3.28%	0.134	
10.4	70% < C <=50 %	0	0.00%	0.068	
10.5	C >70%	0	0.00%	0.035	
11	Participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción	0	0.00%		0.217
11.1	No	38	62.30%	0.503	
11.2	Solo opinion	4	6.56%	0.26	
11.3	Solo construccion	0	0.00%	0.134	
11.4	Solo diseño	16	26.23%	0.068	
11.5	Si, totalmente	3	4.92%	0.035	

Nota:

Estos valores son los resultados procesados de las fichas técnicas aplicadas.

Tabla 72 : Calculo para la determinación de la vulnerabilidad estructural

PARAMETROS DE EVALUACIÓN																					
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD																RESILIENCIA			
Localización de la vivienda según zona sísmica		Tipo de material de paredes		Tipo de cubierta de techo		Tipo de material de el techo		Sistema de entresijos		Número de pisos		Antigüedad de construcción		Topografía del sitio		Estado de conservación		Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura		Participación de un ingeniero o a fines, en el diseño y/o construcción	
VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP	VP	VPP
0.503	1.000	0.503	0.281	0.503	0.158	0.503	0.101	0.503	0.034	0.503	0.206	0.503	0.082	0.503	0.044	0.503	0.094	0.503	0.250	0.503	0.750
0.260	1.000	0.260	0.281	0.260	0.158	0.260	0.101	0.260	0.034	0.260	0.206	0.260	0.082	0.260	0.044	0.260	0.094	0.260	0.250	0.260	0.750
0.134	1.000	0.134	0.281	0.134	0.158	0.134	0.101	0.134	0.034	0.134	0.206	0.134	0.082	0.134	0.044	0.134	0.094	0.134	0.250	0.134	0.750
0.068	1.000	0.068	0.281	0.068	0.158	0.068	0.101	0.068	0.034	0.068	0.206	0.068	0.082	0.068	0.044	0.068	0.094	0.068	0.250	0.068	0.750
0.035	1.000	0.035	0.281	0.035	0.158	0.035	0.101	0.035	0.034	0.035	0.206	0.035	0.082	0.035	0.044	0.035	0.094	0.035	0.250	0.035	0.750
CALCULO DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL																					
0.134	1.000	0.148	0.281	0.233	0.158	0.079	0.101	0.266	0.034	0.124	0.206	0.200	0.082	0.233	0.044	0.299	0.094	0.299	0.250	0.217	0.750

Nota: VP= Vector de priorización de los descriptores, VPP=Vector de priorización del parámetro de evaluación

$$Valor = \frac{(VP * VPP)}{(PP)}$$

$$Valor = 0.2375$$



Tabla 73: Cálculo de Niveles de Vulnerabilidad

Rangos	Niveles
$0.253 \leq P \leq 0.503$	Vulnerabilidad muy alta
$0.129 \leq P \leq 0.253$	Vulnerabilidad alta
$0.064 \leq P \leq 0.129$	Vulnerabilidad media
$0.034 \leq P \leq 0.064$	Vulnerabilidad baja

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Nota: Los rangos, son valores de priorización calculados de los parámetros de evaluación y factores condicionantes.
Los niveles, son los que clasifica el CENEPRED en el Manual para la evaluación del riesgo por sismos.

Tabla 74 : Matriz de índices de vulnerabilidad estructural de las viviendas del jirón José Olaya

Nivel de vulnerab.	Descripción	Rangos
Peligro Muy alto	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características:</p> <p>Localización de la vivienda se sitúa en la zona 4, de acuerdo a la zonificación sísmica del Perú.</p> <p>Tipo de material en paredes es de tapial/madera</p> <p>Tipo de cubierta de techo es de caña y zinc</p> <p>Tipo de material en el techo es de cartón /plástico</p> <p>Sistema de entrepisos es de entramado de madera/caña</p> <p>Número de pisos es 5 pisos a más</p> <p>Antigüedad de la construcción es de 40 años a más</p> <p>Estado de conservación muy malo, las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir un colapso.</p> <p>Topografía del sitio es a nivel del terreno plano</p> <p>Cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura <20%</p> <p>No hubo participación de un ingeniero en el diseño y/o construcción:</p>	$0.253 \leq P \leq 0.503$
Peligro Alto	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características:</p> <p>Localización de la vivienda se sitúa entre la zona 3 y 4, de acuerdo a la zonificación sísmica del Perú.</p> <p>Tipo de material en paredes es de adobe</p> <p>Tipo de cubierta de techo es de vigas de madera y teja</p> <p>Tipo de material en el techo es de estera</p> <p>Sistema de entrepisos es de vigas y entramado madera</p> <p>Número de pisos es 4 pisos</p> <p>Antigüedad de la construcción es de 30 a 40 años</p> <p>Estado de conservación malo: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular cuya estructura acusa deterioros que lo comprometen, aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos</p> <p>Topografía del sitio bajo nivel de calzada</p>	$0.129 \leq P \leq 0.253$

	<p>Cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura $30 < C \leq 20\%$ Hubo participación de un ingeniero en el diseño y/o construcción: solo opinión</p>	
Peligro medio	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características: Localización de la vivienda se sitúa en la zona 3 y 2, de acuerdo a la zonificación sísmica del Perú. Tipo de material en paredes es de piedra/ bloque Tipo de cubierta de techo es vigas de madera y zinc/ cubierta metálica Tipo de material en el techo es de calamina/ teja Sistema de entrepisos es de entramado metálico/hormigón Número de pisos es 2- 3 pisos Antigüedad de la construcción es de 10 a 30 años Estado de conservación regular/buena: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico cuyas estructuras presentan ligeros deterioros, si lo tienen no lo comprometen y es subsanable. Topografía del sitio es sobre nivel de calzada/ escarpe positivo Cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura $70 < C \leq 30\%$ Hubo participación de un ingeniero solo en construcción/ diseño</p>	$0.064 \leq P \leq 0.129$
Peligro bajo	<p>Se ha tomado como escenario del riesgo las siguientes características: Localización de la vivienda se sitúa en la zona 1, de acuerdo a la zonificación sísmica del Perú. Tipo de material en paredes es de ladrillo Tipo de cubierta de techo es de loza de concreto Tipo de material en el techo es concreto armado Sistema de entrepisos es de losa de hormigón Número de pisos es 1 piso Antigüedad de la construcción es de menor a 10 años Estado de conservación muy buena: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y no presentan deterioro alguno Topografía del sitio es a nivel de escarpe negativo Cumplimiento de medidas para el reforzamiento de infraestructura $< 70\%$ Si hubo participación de un ingeniero en el diseño y/o construcción</p>	$0.034 \leq P \leq 0.064$

Fuente: Adaptado del Manual para la evaluación del riesgo por sismos del CENEPRED.

Nota: Los niveles, son los que clasifica el CENEPRED en el Manual para la evaluación del riesgo por sismos. La descripción, son los descriptores de cada parámetro que se evaluó en base a su valor de priorización que se encuentra dentro de los rangos considerados. Los rangos, son los valores de priorización calculados de los parámetros de evaluación y factores condicionantes.

ANEXO 3

FICHA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE

VIVIENDA



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MÁYOLO
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE VIVIENDA

ENCUESTA A: CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN

Encuestador: _____ Fecha: _____ N° de Ficha _____

La investigación se realiza con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad estructural de las viviendas del Jr. José Olaya. Le agradeceríamos su valiosa colaboración al contestar y le garantizamos el carácter anónimo de sus respuestas.

Características del encuestado:

Barrio: _____ Calle: _____

Sexo: A. Masculino () B. Femenino ()

Edad: C. Menos de 30 () D. De 30 a 60 () E. Mas de 60 ()

instrucción: F. Sin escolaridad () G. Primaria () H. Secundaria ()

ocupacional: J. Trabajador () K. Ama de casa () L. Estudiante ()
I. Superior () M. Jubilado () N. Desocupado ()

Tiempo de residencia en esta zona:
O. Menos de 1 año () P. De 1 a 5 años () Q. Mas de 5 años ()

Rango de edades de los integrantes de la vivienda N° ()

R. 0 a 5 y mayor a 70 años () S. 6 a 12 y entre 55 a 69 años T. 13 a 18 y entre 40 a 54 años ()

U. 19 a 25 años () V. 26 a 39 años ()

VARIABLE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

<p>1 Localización de la vivienda según zona sísmica</p> <p>1.1 En la zona 4 <input type="checkbox"/></p> <p>1.2 Entre zona 3 y 4 <input type="checkbox"/></p> <p>1.3 En la zona 3 <input type="checkbox"/></p> <p>1.4 En la zona 2 <input type="checkbox"/></p> <p>1.5 En la zona 1 <input type="checkbox"/></p> <p>2 Tipo de material en paredes</p> <p>2.1 Pared de tapial/madera <input type="checkbox"/></p> <p>2.2 Pared de adobe <input type="checkbox"/></p> <p>2.3 Pared de piedra <input type="checkbox"/></p> <p>2.4 Pared de bloque <input type="checkbox"/></p> <p>2.5 Pared de ladrillo <input type="checkbox"/></p> <p>3 Tipo de cubierta</p> <p>3.1 Caña y zinc <input type="checkbox"/></p> <p>3.2 Vigas de madera y teja <input type="checkbox"/></p> <p>3.3 Vigas de madera y zinc <input type="checkbox"/></p> <p>3.4 Cubierta metálica <input type="checkbox"/></p> <p>3.5 Losa de hormigón armado <input type="checkbox"/></p> <p>4 Tipo de material en el techo</p> <p>4.1 Cartón/Plastico <input type="checkbox"/></p> <p>4.2 Estera <input type="checkbox"/></p> <p>4.3 Calamina <input type="checkbox"/></p> <p>4.4 Teja <input type="checkbox"/></p> <p>4.5 Concreto armado <input type="checkbox"/></p> <p>5 Sistema de entrepisos</p> <p>5.1 Entramado de madera/caña <input type="checkbox"/></p> <p>5.2 Vigas y entramado madera <input type="checkbox"/></p> <p>5.3 Entramado metálico <input type="checkbox"/></p> <p>5.4 Entramado hormigón/metálico <input type="checkbox"/></p> <p>5.5 Losa de hormigón armado <input type="checkbox"/></p> <p>6 Número de pisos</p> <p>6.1 5 pisos a mas <input type="checkbox"/></p> <p>6.2 4 pisos <input type="checkbox"/></p> <p>6.3 3 pisos <input type="checkbox"/></p> <p>6.4 2 pisos <input type="checkbox"/></p> <p>6.5 1 piso <input type="checkbox"/></p>	<p>7 Antigüedad de construcción</p> <p>7.1 De 40 años a más <input type="checkbox"/></p> <p>7.2 De 30 a 40 años <input type="checkbox"/></p> <p>7.3 De 20 a 30 años <input type="checkbox"/></p> <p>7.4 De 10 a 20 años <input type="checkbox"/></p> <p>7.5 Menor a 10 años <input type="checkbox"/></p> <p>8 Estado de conservación</p> <p>Muy malo: Las edificaciones en que las estructuras presentan un deterioro tal que hace presumir un colapso <input type="checkbox"/></p> <p>Malo: Las edificaciones no reciben mantenimiento regular cuya estructura acusa deterioro que lo comprometen aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos <input type="checkbox"/></p> <p>Regular: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporadico cuyas estructuras no tienen deterioro, si lo tienen no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visible debido al mal uso <input type="checkbox"/></p> <p>Bueno: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal <input type="checkbox"/></p> <p>muy bueno: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y no presentan deterioro alguno <input type="checkbox"/></p> <p>9 topografía del sitio</p> <p>9.1 A nivel, terreno plano <input type="checkbox"/></p> <p>9.2 Bajo nivel calzada <input type="checkbox"/></p> <p>9.3 Sobre nivel calzada <input type="checkbox"/></p> <p>9.4 Escarpe positivo <input type="checkbox"/></p> <p>9.5 Escarpe negativo <input type="checkbox"/></p> <p>10 Cumplimiento de medidas para reforzamiento de infraestructura</p> <p>10.1 C < 20 % <input type="checkbox"/></p> <p>10.2 30% < C <= 20 % <input type="checkbox"/></p> <p>10.3 50% < C <= 30 % <input type="checkbox"/></p> <p>10.4 70% < C <= 50 % <input type="checkbox"/></p> <p>10.5 C > 70% <input type="checkbox"/></p> <p>11 Participación de un ingeniero civil en el diseño y/o construcción</p> <p>11.1 No <input type="checkbox"/></p> <p>11.2 Solo opinion <input type="checkbox"/></p> <p>11.3 Solo construccion <input type="checkbox"/></p> <p>11.4 Solo diseño <input type="checkbox"/></p> <p>11.5 Si, totalmente <input type="checkbox"/></p>
--	--



ANEXO 4

**VALIDACIÓN DE FICHA DE VULNERABILIDAD
ESTRUCTURAL DE VIVIENDA**



VALIDEZ DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS CON EL COEFICIENTE DE VALIDACION V DE AIKEN

Nombre del experto: Ing. Tito Moner Tinoco Meyhuay

Nombre del instrumento: Vulnerabilidad Estructural de vivienda.

Indicaciones: Le pedimos su colaboración para establecer la validez de contenido del instrumento, para lo cual debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1° Lea cuidadosamente la especificación de cada uno de los reactivos de la prueba.
- 2° Indique que tan bien considera usted que el ítem guarda relación con el indicador del criterio de desempeño y la competencia específica que se aborda. (Analice la matriz)
- 3° Juzgue cada ítem o reactivo de manera individual comparando el contenido del ítem con el indicador del criterio de desempeño y la competencia.
- 4° Anote los valores correspondientes según la apreciación respecto del grado de relación del ítem con el indicador del criterio de desempeño y la competencia específica, según lo cual puede indicar si el ítem se acepta, se modifica o rechaza, considerando la escala:
0= ítem que se rechaza (R)
1= ítem que se modifica (M)
2= ítem que se acepta (A)
- 5° Redacte sus observaciones en relación a la claridad, si es apropiada, comprensible y si ayuda a evaluar la competencia específica.

Tabla de resultados obtenidos:

Ítem	Experto 1	Experto 2	Experto 3	S=suma	$V=s/[n(c-1)]^*$	Grado de validez
1	A					
2	A					
3	M					
4	A					
5	A					
6	A					
7	A					
8	A					
9	A					
10	A					
11	A					

(*) V= Coeficiente de Validación; V de Aiken; s= suma de las valoraciones de los expertos por cada ítem; n=numero de expertos (3); c=número de valores (3=A,R,M)

Escala de grado de validez:

Intervalos de valores de índice de acuerdo	Grado de validez

Observaciones y/o recomendaciones

En el acápite 3, se debe modificar el título, teniendo en cuenta los puntos a evaluar.

Conclusiones finales




COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
FIRMA
Tito Moner Tinoco Meyhuay
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 55332

VALIDEZ DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS CON EL COEFICIENTE DE VALIDACION V DE AIKEN

Nombre del experto: RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

Nombre del instrumento: VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE VIVIENDA

Indicaciones: Le pedimos su colaboración para establecer la validez de contenido del instrumento, para lo cual debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1° Lea cuidadosamente la especificación de cada uno de los reactivos de la prueba.
- 2° Indique que tan bien considera usted que el ítem guarda relación con el indicador del criterio de desempeño y la competencia específica que se aborda. (Analice la matriz)
- 3° Juzgue cada ítem o reactivo de manera individual comparando el contenido del ítem con el indicador del criterio de desempeño y la competencia.
- 4° Anote los valores correspondientes según la apreciación respecto del grado de relación del ítem con el indicador del criterio de desempeño y la competencia específica, según lo cual puede indicar si el ítem se acepta, se modifica o rechaza, considerando la escala:
 0=ítem que se rechaza(R)
 1= ítem que se modifica(M)
 2= ítem que se acepta (A)
- 5° Redacte sus observaciones en relación a la claridad, si es apropiada, comprensible y si ayuda a evaluar la competencia específica.

Tabla de resultados obtenidos:

Ítem	Experto 1	Experto 2	Experto 3	S=suma	V=s/[n(c-1)] *	Grado de validez
1	2					
2	2					
3	2					
4	2					
5	2					
6	2					
7	1					
8	2					
9	2					
10	2					
11	2					

(*) V= Coeficiente de Validación: V de Aiken; s= suma de las valoraciones de los expertos por cada ítem; n=numero de expertos (3); c=número de valores (3=A,R,M)

Escala de grado de validez:

Intervalos de valores de índice de acuerdo	Grado de validez

Observaciones y/o recomendaciones

- PODRIA LA ANTIGUEDAD SE PODRIA CONSIDERAR 50 AÑOS, YA QUE POR LO GENERAL ES EL TIEMPO DE VIDA UTIL DE UNA ESTRUCTURA.

Conclusiones finales

- PODRIA AUMENTARSE UN ÍTEM SOBRE EL TIPO DE SUELO SOBRE EL CUAL ESTA CIMENTADA O CONSTRUIDA LA VIVIENDA (GRAVA, ARENA Ó ARCILLA)


 FIRMA

VALIDEZ DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS CON EL COEFICIENTE DE VALIDACION V DE AIKEN

Nombre del experto: Dr. Ing. Reynaldo Reyes Roque

Nombre del instrumento: Vulnerabilidad Estructural de viviendas

Indicaciones: Le pedimos su colaboración para establecer la validez de contenido del instrumento, para lo cual debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1° Lea cuidadosamente la especificación de cada uno de los reactivos de la prueba.
- 2° Indique que tan bien considera usted que el ítem guarda relación con el indicador del criterio de desempeño y la competencia específica que se aborda. (Analice la matriz)
- 3° Juzgue cada ítem o reactivo de manera individual comparando el contenido del ítem con el indicador del criterio de desempeño y la competencia.
- 4° Anote los valores correspondientes según la apreciación respecto del grado de relación del ítem con el indicador del criterio de desempeño y la competencia específica, según lo cual puede indicar si el ítem se acepta, se modifica o rechaza, considerando la escala:
0=ítem que se rechaza(R)
1= ítem que se modifica(M)
2= ítem que se acepta (A)
- 5° Redacte sus observaciones en relación a la claridad, si es apropiada, comprensible y si ayuda a evaluar la competencia específica.

Tabla de resultados obtenidos:

Ítem	Experto 1	Experto 2	Experto 3	S=suma	V=s/[n(c-1)] *	Grado de validez
1			2			
2			2			
3			2			
4			2			
5			2			
6			2			
7			2			
8			2			
9			2			
10			2			
11			2			

(*) V= Coeficiente de Validación: V de Aiken; s= suma de las valoraciones de los expertos por cada ítem; n=numero de expertos (3); c=número de valores (3=A,R,M)

Escala de grado de validez:

Intervalos de valores de índice de acuerdo	Grado de validez

Observaciones y/o recomendaciones

En futuras investigaciones incorporar el analisis de respuesta sísmica de las ciudades.

Conclusiones finales



 FIRMA

ANEXO 5

PANEL FOTOGRAFICO DE APLICACIÓN DE INSTRUMENTO





Figura 35: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio



Figura 36: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio



Figura 37: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio

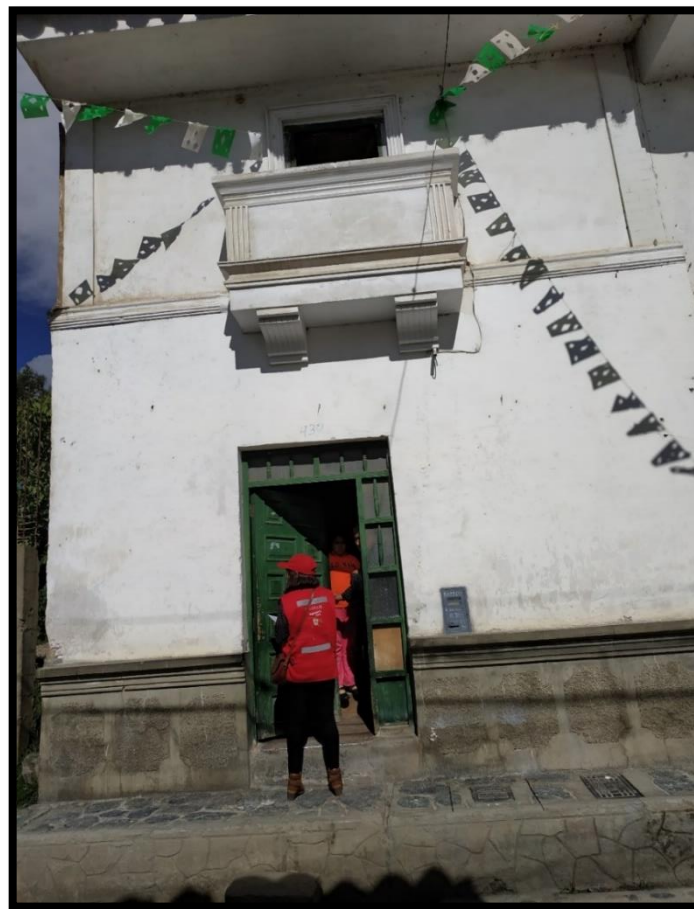


Figura 38: Aplicación de ficha técnica en el ámbito de estudio

ANEXO 6

PANEL FOTOGRAFICO DE VIVIENDAS DEL AMBITO DE ESTUDIO





Figura 39: Vivienda de adobe del ámbito de estudio



Figura 40: Vivienda de adobe del ámbito de estudio



Figura 41: Vivienda de adobe del ámbito de estudio



Figura 42: Vivienda de adobe del ámbito de estudio



Figura 43: Vivienda de adobe del ámbito de estudio



Figura 44: Vivienda de adobe del ámbito de estudio



Figura 45: Vivienda de concreto del ámbito de estudio



Figura 46: Vivienda de concreto del ámbito de estudio