

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas
autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017**

Danny Junior Santos Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Ángel Narcizo Aquino Fernández

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento:

A mi hermana Liz, por brindarme sus palabras de ánimo, por estar siempre pendiente en las decisiones y acciones que tomé en mi carrera profesional y sobre todo por tener fe en mí.

A mis maestros de la EAP de Ingeniería Civil de la Universidad Continental, por su valiosa contribución en mi formación profesional.

Al Ing. Ángel Aquino Fernández, por su contribución y empeño para la ejecución y finalización de la presente investigación.

A los estudiantes y docentes de la EAP de Ingeniería Civil.

A todos mis compañeros de aula y amigos que con sus prácticas y vivencias aportaron con información valiosa para la ejecución del trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Ciro (†) y María, por su inmensa sabiduría e infinita bondad, por su abnegado sacrificio en aras de convertirme en profesional, por sus firmeza y rectitud en ocasiones muy necesarias y por su inmenso amor que es una bendición de Dios.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	15
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	15
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	15
1.5. VARIABLES.....	16
1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	16
1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	18
2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES O LOCALES	20
2.2. ASPECTOS SISMOLÓGICOS	21
2.2.1. PLACAS TECTÓNICAS.....	21
2.2.2. FALLA GEOLÓGICA	23
2.2.3. SISMO	24
2.2.4. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN HUANCAYO	29
2.2.5. PRINCIPALES SISMOS OCURRIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE JUNÍN ...	30
2.3. VULNERABILIDAD.....	34
2.3.1. VULNERABILIDAD SÍSMICA	35
2.3.1.1. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	35
2.3.1.2. VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL	35
2.3.2. VULNERABILIDAD SÍSMICA EN HUANCAYO	36
2.4. VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS.....	37
2.4.1. VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN HUANCAYO.....	37
2.5. DEFINICIONES SEGÚN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	41
3.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.2.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.2.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	42
3.4.1. POBLACIÓN.....	42
3.4.2. MUESTRA	42

3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	43
3.6.	FICHAS DE EVALUACION Y ANÁLISIS	44
3.6.1.	FICHA DE VERIFICACIÓN SEGÚN INDECI	44
3.6.2.	FICHA DE INSPECCIÓN SEGÚN EL ATC-21	48
3.6.3.	FICHA DE EVALUACIÓN SEGÚN LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA	50
3.6.4.	ANÁLISIS ESTÁTICO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA SEGÚN LA NORMA E.030	51
3.6.5.	ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ADOBE SEGÚN LA NORMA E.080	56
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		58
4.1.	ZONA DE TRABAJO	58
4.2.	DIFICULTADES DE LA INVESTIGACIÓN	59
4.3.	. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	60
4.3.1.	RESULTADOS SEGÚN INDECI	60
4.3.2.	RESULTADOS SEGÚN ATC-21	73
4.3.3.	RESULTADOS SEGÚN LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA 75	75
4.3.4.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA BAJO LA NORMA E.030	77
4.3.5.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ADOBE, BAJO LA NORMA E.080	83
CONCLUSIONES		86
RECOMENDACIONES		88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		90
ANEXOS		92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Escala de Mercalli modificada	28
Tabla 2: Viviendas en Huancayo, el Tambo y Chilca	37
Tabla 3: Materiales utilizados en las viviendas de Huancayo	38
Tabla 4: Factor de suelo “s”	53
Tabla 5: Periodos “ t_p y t_l ”	53
Tabla 6: Sistema estructural y coeficiente de reducción	54
Tabla 7: Límites para la distorsión del entrepiso	55
Tabla 8: Factor de suelo “s”	56
Tabla 9: Factor de uso “u”	56
Tabla 10: Coeficiente sísmico “c”	57
Tabla 11: Material predominante.....	60
Tabla 12: Participación de un especialista	61
Tabla 13: Antigüedad de la vivienda	62
Tabla 14: Tipo de suelo.....	62
Tabla 15: Topografía del terreno.....	63
Tabla 16: Topografía del terreno colindante.....	64
Tabla 17: Configuración geométrica en planta.....	65
Tabla 18: Configuración en elevación	66
Tabla 19: Juntas de dilatación.....	67
Tabla 20: Concentración de masas.....	68
Tabla 21: Condición de principales elementos estructurales	69
Tabla 22: Factores adicionales que influyen en la vulnerabilidad.....	70
Tabla 23: Resumen del nivel de vulnerabilidad sísmica.....	71
Tabla 24: Resumen de ficha de inspección con puntaje y evaluación	73
Tabla 25: Resumen de la ficha de inspección según atc-21	74
Tabla 26: Resumen de la vulnerabilidad sísmica mediante puntuación.....	75
Tabla 27: Nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas.....	76
Tabla 28: Resumen de criterios utilizados para el análisis sísmico estático	79
Tabla 29: Área de la edificación	80
Tabla 30: Peso total de la edificación.....	80
Tabla 31: Cortante por nivel en “x”	81
Tabla 32: Rigidez por piso en la dirección “x”.....	81
Tabla 33: Resultado de las derivas por piso en “x”	82
Tabla 34: Cortante por piso en “y”	82
Tabla 35: Rigidez por nivel en “y”	83
Tabla 36: Resultado de las derivas por piso en “y”	83
Tabla 37: Parámetros para el cálculo de la fuerza sísmica	85
Tabla 38: Resistencia de los muros para ambas direcciones	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Placa de Nazca y placa Sudamericana.....	22
Figura 2: Placas tectónicas de la tierra.	23
Figura 3: Ubicación del epicentro e hipocentro	25
Figura 4: Ondas primarias.....	26
Figura 5: Ondas secundarias	26
Figura 6: 1° Tipo de ondas superficiales	27
Figura 7: 2° Tipo de ondas superficiales	27
Figura 8: Escala de Ritsher	29
Figura 9: Mapa del terremoto de Satipo	31
Figura 10: Grietas y desplazamiento de tierra después del sismo	32
Figura 11: Escarpe de falla del sismo de 1969.....	33
Figura 12: Cordillera de Huaytapallana	34
Figura 13: tipos de unidades de albañilería.....	40
Figura 14: Ficha de verificación-datos generales	45
Figura 15: Ficha de verificación-características de la vivienda	47
Figura 16: Ficha de verificación-recomendaciones	48
Figura 17: Ficha de inspección.....	50
Figura 18: Ficha de verificación-a.c.i.s.	51
Figura 19: Zonificación	52
Figura 20: Delimitación de la zona de trabajo	59
Figura 21: Material predominante.....	60
Figura 22: Participación de un especialista	61
Figura 23: Antigüedad de la vivienda	62
Figura 24: Tipo de suelo de la vivienda.....	63
Figura 25: Topografía del terreno.....	64
Figura 26: Topografía del terreno colindante	65
Figura 27: Configuración en planta	66
Figura 28: Configuración en elevación	67
Figura 29: Juntas de dilatación.....	68
Figura 30: Concentración de masas.....	69
Figura 31: Condición de los principales elementos estructurales.....	70
Figura 32: Factores adicionales que influyen en la vulnerabilidad	71
Figura 33: Resumen del número de viviendas con el nivel de vulnerabilidad sísmica	72
Figura 34: resumen del porcentaje de viviendas con el nivel de vulnerabilidad sísmica	72
Figura 35: Resumen de la ficha de inspección en porcentaje	74
Figura 36: Cantidad de viviendas en relación al nivel de vulnerabilidad sísmica	76
Figura 37: Porcentaje de las viviendas en relación al nivel de vulnerabilidad sísmica	76
Figura 38: Plano en planta de vivienda de albañilería – 1° piso.....	77
Figura 39: plano en planta de vivienda de albañilería-2° y 3° piso.....	78
Figura 40: Plano en elevación de vivienda de albañilería	79
Figura 41: Plano en planta de la vivienda de adobe.....	84
Figura 42: Vivienda de adobe.....	84

RESUMEN

El distrito de Chilca, perteneciente a la provincia de Huancayo, lugar donde se realizó la investigación, tiene antecedentes de haber sufrido daños por movimientos sísmicos, los cuales fueron originados por la presencia de la falla geológica del Huaytapallana, que en la actualidad se encuentra en un silencio sísmico de 50 años.

En las últimas décadas, la población del distrito de Chilca y su necesidad de tener una vivienda, fue aumentando exponencialmente. Al no contar con los recursos económicos suficientes, optan por construir de manera personal o la realizan mediante terceras personas, que no cuentan con conocimientos adecuados para la construcción de una vivienda.

Para la investigación se realizó el Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica usando tres metodologías: Método cualitativo – ATC 21, Método de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y Método de INDECI. Métodos que permiten la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. Así mismo, se contrastó los límites de distorsión de entrepiso (deriva) de una vivienda de albañilería mediante un análisis estático sísmico, y también la resistencia última de los muros de una vivienda de adobe. Ambos análisis fueron contrastados por la Norma E.0.30, Diseño Sismoresistente, y Norma E0.80, Diseño y Construcción con tierra reforzada.

Palabras claves: vulnerabilidad, sismicidad, autoconstrucción, albañilería, adobe, zona.

ABSTRACT

The district of Chilca, belonging to the province of Huancayo, where the investigation was carried out, has a history of having suffered damage from seismic movements, which were caused by the presence of the geological fault of Huaytapallana, which is currently in a seismic silence of 50 years.

In recent decades, the population of the district of Chilca and its need for housing has increased exponentially, not having sufficient economic resources, choose to build personally or through third parties who do not have adequate knowledge to build a home.

For the investigation the Seismic Vulnerability Analysis was carried out using three methodologies: Qualitative Method - ATC 21, Method of the Colombian Association of Seismic Engineering and Method of INDECI, methods that allow the evaluation of the seismic vulnerability of the houses. Also, the limits of distortion of mezzanine (drift) of a masonry house were contrasted by means of a static seismic analysis and also the last resistance of the walls of an adobe house, both analyses were contrasted by the Norm E.0.30 Seismic Resistant Design and Norm E0.80 Design and Construction with reinforced earth.

Keywords: vulnerability, seismicity, self-construction, masonry, adobe, zone.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación que lleva por título “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017”, se desarrolló con el fin de obtener información del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de dicho distrito, así mismo, recomendar refuerzos con geomallas o encamisados en los elementos estructurales de la edificación que sean vulnerables ante un evento sísmico. Por lo cual, la tesis consta de cinco capítulos que se detalla a continuación:

En el primer capítulo; se plantean, formulan, delimitan y justifican los problemas de la investigación, además se proponen los objetivos e hipótesis del proyecto. También, se detalla la variable independiente y dependiente.

En el segundo capítulo, se mencionan los antecedentes de la investigación, de la misma manera, se definen las bases teóricas de la investigación que incluyen los métodos utilizados y las definiciones necesarias de vulnerabilidad y autoconstrucción en el distrito de Chilca.

En el tercer capítulo, se plasma la metodología de la investigación, se realiza el cálculo correspondiente para obtener la cantidad de viviendas a encuestar y las técnicas e instrumentos de recolección de datos a utilizar.

En el cuarto capítulo, se presenta el análisis de los resultados del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas del distrito de Chilca con sus respectivas tablas y gráficos, que se realizaron mediante las fichas de inspección, evaluación y verificación. De la misma, se presenta el análisis sísmico estático de una vivienda de albañilería y de una vivienda de adobe, con las normas E.030 y E.080, respectivamente.

En el quinto capítulo, se muestra las conclusiones, las recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al analizar la actividad sísmica en el mundo se percata que los sismos ocurren de diferentes magnitudes e intensidades ya que están relacionadas con la energía liberada a través de ondas sísmicas propagadas a través del suelo.

Los daños ocasionados por sismos sobre las estructuras siempre han sido y serán materia de investigación ya que dejan gran enseñanza sobre las deficiencias en los procesos constructivos y en los diseños estructurales, como consecuencia, generan grandes pérdidas económicas y de vidas humanas.

El punto de inicio para el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica de una vivienda autoconstruida, es determinar sus características estructurales y los posibles daños que podría causar a las personas que se encuentren en el interior de la vivienda ante un eventual movimiento sísmico.

La actividad autoconstructiva en los últimos años se hizo constante principalmente en sectores de la población que no cuentan con los recursos económicos suficientes. Este acontecimiento sucede en todas partes del mundo, tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo.

En el Perú, los propietarios recurren a la actividad autoconstructiva debido a que edifican con materiales que no cumplen con los estándares de calidad, falta de asesoría técnica profesional y lo más importante, que no emplean el Reglamento Nacional de Edificaciones, y menos las Normas Técnicas Peruanas.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 42.4% de la población de Perú, más aún en provincias, no cuenta con la economía suficiente para la construcción de una vivienda que cumpla con las normas técnicas profesionales bajo la asesoría y supervisión de especialistas. Por ello, optan por la construcción informal de viviendas mediante terceras personas sin permiso de las autoridades pertinentes, lo cual genera un grado de vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo.

Las investigaciones que se realizaron acerca de la vulnerabilidad de las viviendas en el Perú son preocupantes, según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) de todas las viviendas evaluadas, el 70% son autoconstruidas y son vulnerables ante la ocurrencia de fenómenos naturales.

La provincia de Huancayo no es la excepción a estos acontecimientos, ya que la población está en constante crecimiento, por lo que se requiere el aumento de viviendas, las cuales serán construidas de la manera menos adecuada, así mismo, no cuenta con la participación de asesoría profesional correspondiente.

Huancayo cuenta con 28 distritos siendo las principales: Huancayo (distrito), El Tambo y Chilca. Siendo este último, el distrito que cuenta con la mayor cantidad de viviendas autoconstruidas, por ello se realiza el análisis correspondiente de vulnerabilidad sísmica.

El problema principal de la investigación es la construcción de viviendas por personas no especializadas, empleando materiales que no cumplen con la calidad requerida, bajo un proceso de construcción inadecuado. Por lo que genera en la edificación deficiencias estructurales y presenta un nivel de vulnerabilidad sísmica.

1.1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La investigación se desarrollará en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Chilca. Se analizará el nivel de vulnerabilidad sísmica en 40 viviendas autoconstruidas en el barrio denominado Chilca Cercado, que abarca edificaciones con características similares.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca traen consigo efectos negativos en relación al nivel de vulnerabilidad sísmica, que se presenta en cada una de ellas, por ello se formulan los siguientes problemas:

1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017?

1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de albañilería en el distrito de Chilca?
- ¿Cuál es el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de adobe en el distrito de Chilca?
- ¿Cuál es el análisis del nivel de Vulnerabilidad Sísmica de una vivienda autoconstruida en el distrito de Chilca, bajo un análisis estructural con la normativa E030?

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Lamentablemente en el Perú, eventos sísmicos importantes (Nazca, 1996 o Arequipa, 2001) generaron daños irreparables que hasta el momento no pueden reponerse. Para la construcción de viviendas, no tomaron conciencia en aplicar normas y criterios correspondientes para un buen diseño sismoresistente.

Las investigaciones que se realizaron en distritos de diferentes ciudades, muestran las deficiencias en la calidad estructural de las viviendas, que debido a los materiales que no cumplen con estándares de calidad utilizados en un proceso constructivo inadecuado y la falta de asesoría profesional, hacen que sean autoconstruidas. Al no contar con un buen comportamiento sísmico estructural podrían causar pérdidas en materiales, que trae consigo pérdidas económicas, y lo que podría ser fatal, pérdidas humanas.

La investigación se justifica en el hecho que se ha observado, que la gran mayoría de las viviendas de los distritos de Huancayo están autoconstruidas, sobre todo en el distrito de Chilca, para ello se plantea el análisis para la evaluación del nivel de vulnerabilidad sísmica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de albañilería en el distrito de Chilca en el 2017.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de adobe en el distrito de Chilca en el 2017.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas bajo un análisis estático sísmico, según la normatividad E030.

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las viviendas autoconstruidas del Distrito de Chilca son altamente vulnerables ante un movimiento sísmico.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- El análisis de las viviendas autoconstruidas de albañilería en el distrito de Chilca muestra que tienen un nivel alto de vulnerabilidad sísmica y son frágiles ante un movimiento sísmico.
- El análisis de las viviendas autoconstruidas de adobe en el distrito de Chilca muestra que se encuentran entre media y alta vulnerabilidad sísmica y pueden ser peligrosas ante un movimiento sísmico.
- El análisis estático sísmico, según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la E0.30, muestra que las viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca son altamente vulnerables ante un movimiento sísmico.

1.5. VARIABLES

La investigación presenta dos variables:

1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La variable independiente de la investigación es el nivel de vulnerabilidad sísmica porque sus efectos serán estudiados en la variable dependiente

1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

En la investigación, la variable dependiente serán las viviendas autoconstruidas, ya que serán medidas por el nivel de vulnerabilidad sísmica

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación se tuvo en cuenta los siguientes antecedentes

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Llanos, F. y Vidal, L. (2003). En la tesis titulada: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica”, de la Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería Civil, tesis para optar el título de Ingeniero Civil; menciona que el objetivo general de la investigación es evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en instituciones educativas públicas en la ciudad de Santiago de Cali, además, se identifica si el nivel de daño está relacionado con el tipo, ubicación y el tiempo de la edificación. La evaluación de vulnerabilidad sísmica tendrá como muestra 70 instituciones educativas públicas; cabe resaltar que no aplica métodos detallados para estimar los daños de las instituciones. Para el desarrollo de la investigación, se tomaron en cuenta métodos analíticos complejas como el método NSR-98, método FEMA 178, método ATC-14 y el método FEMA-273, y métodos cualitativos como el método ATC-21, método NAVFAC, método japonés, método venezolano, método del I.S.T.C., método del índice de vulnerabilidad y método de la AIS.

La investigación llega a la conclusión, que por cada edificación se debe formular evaluaciones; esto debido a la tipología, aspectos constructivos y

tiempo de construcción, y una estimación global de la vulnerabilidad sísmica de la institución

- Silva, N. (2011). En la tesis titulada: “Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana”, de la Universidad de Chile, facultad de ciencias físicas y matemáticas, tesis para optar el Grado de Magister en ciencias con mención en geofísica; concluye que el problema radica en la situación de vulnerabilidad presente en la ciudad de Santiago por el deficiente orden de territorio e inexistencia de información técnica profesional de viviendas, por lo cual, es necesario mejorar el comportamiento de las edificaciones que existen mediante correcciones de normativas propuestas.

La investigación lleva como objetivo general, evaluar el riesgo sísmico en algunas comunas de la región metropolitana y emplea 2 metodologías; la primera, se basa en la clasificación de las estructuras según las clases definidas por la escala MSK -64 y la segunda, en el cálculo del índice de densidad de muros propuesto por Meli en 1991.

Como resultado, presenta grados de daño promedio esto debido a consideraciones que tiene la autora, análisis de peligro sísmico probabilístico y criterio conservador ante el riesgo.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- Laucata, J. (2013). En la tesis titulada: “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo”, de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú, facultad de Ingeniería Civil, tesis para optar el título de Ingeniero Civil; menciona que la población trujillana se incrementó en los últimos años, por lo que genera un descontrol de viviendas. Esta situación, conlleva a obtener predios con características vulnerables ante la ocurrencia de un sismo.

El objetivo de la investigación, contribuir en la disminución de la vulnerabilidad sísmica en viviendas informales de albañilería confinada en el Perú, identificar los sistemas constructivos de mayor utilización en la construcción de viviendas informales en Trujillo, elaborar fichas de evaluación de las

condiciones de vulnerabilidad de las viviendas en Trujillo y estimar el riesgo sísmico de 30 viviendas informales en Trujillo.

La metodología empleada en la investigación se basa en la recopilación de información precisa, delimitación de las zonas de trabajo, fichas de trabajo-encuesta, y por último, en el procesamiento de datos reales analizados en campo.

Como conclusiones; la vulnerabilidad suele ser por los materiales empleados en la construcción de la vivienda, la mano de obra involucrada en la construcción no es la óptima, el proceso constructivo no son las adecuadas y por ende las construcciones informales en la ciudad de Trujillo podrían sufrir un colapso total ante la ocurrencia de un movimiento sísmico

- Díaz, A. (2015). En la tesis titulada: “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach – ex palacio municipal de la ciudad de Cajamarca”, de la Universidad Privada del Norte, facultad de Ingeniería Civil, tesis para optar el título de Ingeniera Civil; se realiza a una edificación patrimonial de adobe en Cajamarca evaluando la vulnerabilidad sísmica a través de fichas evaluativas y modelamiento con el programa SAP 2000.

La tesis tiene tres objetivos; determinar la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach – ex palacio municipal en la ciudad de Cajamarca, determinar la resistencia del material con que está construido, comparar con la Norma E.080 – Adobe y determinar el comportamiento sísmico de la edificación mediante programa SAP 2000. La metodología empleada básicamente se resume en identificar y caracterizar los materiales y configuración estructural, realizar un modelo analítico, y la determinación de la vulnerabilidad sísmica de la edificación.

Como conclusión, la edificación contempla un alto nivel de vulnerabilidad sísmica debido a características de la estructura, el material empleado como el adobe, que tiene una baja resistencia a la comprensión, el cual no está permitido por la norma E.080 que nos menciona que la resistencia mínima del adobe es 12 kg/cm², la densidad de los muros no es la adecuada y las tabiquerías son inestables.

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES O LOCALES

- Castro, D. (2015). En la tesis titulada: “Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja - Junín”, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para optar el título de Ingeniera Civil, menciona que el propósito de la investigación es contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Jauja aportando herramientas para la toma de decisión sobre los criterios de intervención, además determinar la vulnerabilidad sísmica, estimar las pérdidas económicas y elaborar mapas de vulnerabilidad sísmica del centro de histórico de Jauja.

La metodología empleada, según el índice de vulnerabilidad, permite evaluar la calidad estructural de los edificios mediante 11 parámetros, los cuales fueron evaluados en 702 edificaciones.

Como conclusión, las edificaciones fueron divididas en 3 grupos dependiendo del tipo de material de construcción y se tuvo como resultado que en edificaciones de adobe el 64.8% tiene vulnerabilidad media y el 35.2% tiene vulnerabilidad alta, en edificaciones de albañilería el 20.5% tiene vulnerabilidad media y el 79.2% tiene vulnerabilidad baja, y en edificaciones de concreto armado 25% presenta vulnerabilidad media y el 75% presenta vulnerabilidad baja.

- Fernández, P. y Párraga, C. (2013) En la tesis titulada: “Vulnerabilidad sísmica de centros educativos de Huancayo metropolitano”; menciona sobre la vulnerabilidad sísmica que existe en las instituciones educativas de la ciudad de Huancayo, teniendo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de estos centros educativos.

De acuerdo al contexto de la investigación se utilizaron métodos como el método ATC-21, método índice de vulnerabilidad estudiado a causas de daños producidos por sismos, método japonés de Hirosawa y el método cuantitativo análisis dinámico Etabs, programa que ayudó al modelamiento de las edificaciones, en este caso Instituciones Educativas.

La evaluación mediante los métodos dio como resultado que de los 69 centros educativos el 17% de las Instituciones Educativas son altamente vulnerables, el 69% son vulnerables y el 14% son no vulnerables frente a sismo de

intensidad fuerte. Se concluyó además que los resultados obtenidos por las diferentes metodologías, son similares.

- Rojas, Y. (2017). En la tesis titulada: “Análisis del riesgo sísmico en las edificaciones informales en el sector 5 lado este de Chupaca”, de la Universidad Peruana Los Andes, facultad de Ingeniería Civil, tesis para optar el título de Ingeniera Civil; menciona sobre las edificaciones del sector siendo 100% informales ya que se encuentran ubicadas dentro de la franja marginal del río Cunas.

El propósito de la investigación es estimar el nivel de peligro sísmico en las edificaciones informales en el sector 5 lado este de Chupaca por lo que se emplea un método cuantitativo. La investigación evalúa a todas las viviendas del sector que está ubicado en una distancia de 283.38 metros lineales. Cabe resaltar que, al finalizar la tesis, se proporcionó los datos a la entidad correspondiente para la información y orientación de las personas que habitan el sector.

El resultado de la investigación menciona que existe un nivel alto de riesgo sísmico en las edificaciones informales en el sector de estudio, además que el peligro sísmico es muy elevado y ante la ocurrencia de una actividad sísmica las pérdidas económicas llegarían a un monto promedio de s/. 2'116,069.86.

2.2. ASPECTOS SISMOLÓGICOS

2.2.1. PLACAS TECTÓNICAS

Son fragmentos de la litósfera, capa rígida y fuerte del manto superior, que se encuentra dividida en 7 placas tectónicas principales: Norteamericana, Sudamericana, del Pacífico, Africana, Euroasiática, Australiana y Antártica, y en placas de tamaño mediano: la Caribeña, de Nazca, la Filipina, la Árábica, de Coco, de Scotia y de Juan de Fuca, tal como se muestra en la figura 2.

Las placas tectónicas se desplazan unas con respecto a otras e interactúan provocando deformaciones a lo largo de sus bordes, las cuales pueden ser:

- **BORDES DIVERGENTES.**- Denominado también como bordes constructivos. Es el resultado de movimientos opuestos de las placas tectónicas con el

ascenso de estructuras (material) para origen de un nuevo suelo oceánico. Se observa en la figura 2A.

- **BORDES CONVERGENTES.-** Denominados también como bordes destructivos. Es el resultado de la colisión entre placas tectónicas, es decir, la placa oceánica se desliza debajo de la placa continental generando así grandes sismos. Se observa en la figura 2B.

Los países como Chile, Ecuador, Colombia y Perú, se encuentran en la Placa de Nazca (placa oceánica) que al colisionar con la Placa Sudamericana genera numerosos sismos, por el ello, el territorio peruano es considerado uno de los países con mayor actividad sísmica en el mundo. En la figura 1 se muestra las dos placas tectónicas, siendo la Placa de Nazca que se desliza por debajo de la Placa Sudamericana

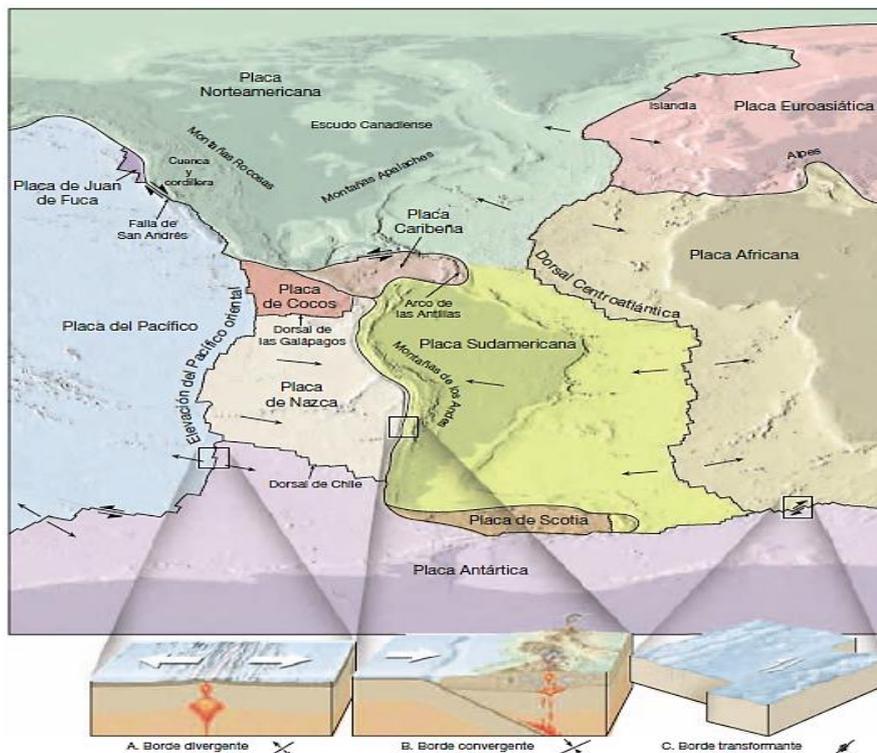
Figura 1: Placa de Nazca y placa Sudamericana



FUENTE: KUROIWA J. 2002, Placas Tectónicas

- **LÍMITES DE TRANSFORMACIÓN.-** Conocidos como deslizamientos horizontales. Es el resultado del movimiento de las placas en dirección opuesta lateralmente, sin construir ni destruir la litosfera. Se observa en la FIGURA 2C.

Figura 2: Placas tectónicas de la tierra.



FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., figura 2.18.

2.2.2. FALLA GEOLÓGICA

Son fracturas en la corteza terrestre en la que desplazan los bloques rocosos verticalmente, horizontalmente o de ambas maneras. Las fallas son originadas debido al reiterado movimiento de las placas tectónicas, y la energía que libera, lo hace en forma de ondas sísmicas. Existen diferentes tipos de fallas:

- FALLA INVERSA.- Es debido al movimiento ascendente del bloque superior con respecto al bloque inferior con ángulo de buzamiento de 45°, están asociados a esfuerzos compresivos que se produce en la corteza.
- FALLA NORMAL.- Es el movimiento descendente del bloque superior con respecto al bloque inferior con ángulo de buzamiento promedio de 60°, están asociadas a esfuerzos de tensión en la corteza terrestre.
- FALLA TRANSCURRENTE.- Movimiento de manera horizontal de los bloques con ángulo de buzamiento de 90°

2.2.3. SISMO

El sismo es un fenómeno natural de movimiento pasajero de la corteza terrestre, producido por la liberación de energía ante los movimientos de las placas tectónicas en forma de ondas o como la fricción del borde de placas, también pueden ser producidos por agentes externos como el impacto de asteroides, erupción volcánica o por la intervención del hombre en pruebas nucleares.

En el Perú, se agrupan de acuerdo al rango de intensidad que pueda generar el movimiento sísmico de acuerdo a las regiones y son:

- **SISMO DE INTENSIDAD NULA.**- En el Perú se consideran a las regiones donde no se han sentido sismos de intensidad IV en la escala de Mercalli (MM).
- **SISMO DE INTENSIDAD BAJA.**- Agrupa a las regiones en que la frecuencia de los sismos con intensidad IV en la escala de Mercalli, son casi nulas.
- **SISMO DE INTENSIDAD MEDIA.**- Este grupo considera a las regiones en los cuales la frecuencia de sismos con intensidad IV en escala de Mercalli es regular.
- **SISMO DE INTENSIDAD ALTA.**- En este punto, se considera a las regiones en las cuales la frecuencia de sismos con intensidad mayores a IV en la escala MM es regular o alta.

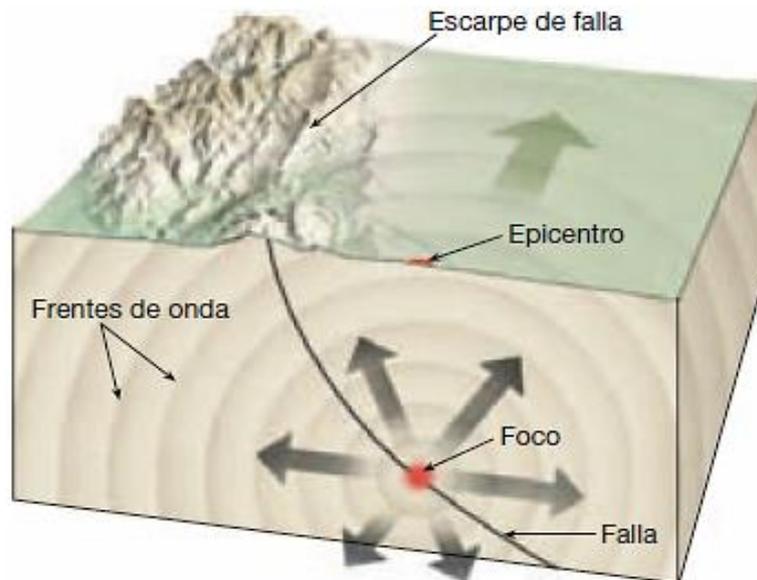
2.2.3.1. EPICENTRO

Es el punto superficial exacto que representa la proyección del hipocentro o foco sísmico

2.2.3.2. FOCO SÍSMICO O HIPOCENTRO

Es la ubicación precisa donde ocurre la actividad sísmica, el lugar donde es liberada la energía mediante ondas sísmicas vibratorias y se pronuncia en la profundidad del suelo. En la figura 3 se muestra la localización del foco sísmico y epicentro cuando ocurre un sismo.

Figura 3: Ubicación del epicentro e hipocentro



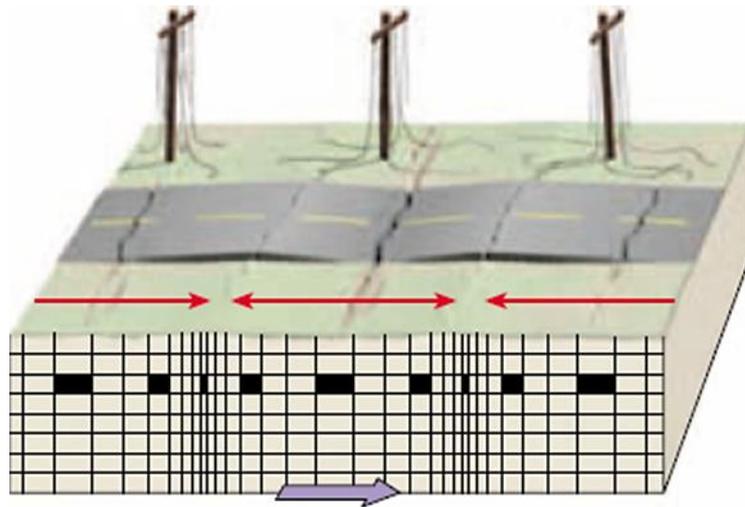
FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., figura 11.1

2.2.3.3. ONDAS SISMICAS

Son vibraciones que se desplazan en el interior de la tierra, que se disipa a partir del hipocentro, y varían sus periodos de acuerdo a como atraviesan los materiales. Las ondas sísmicas pueden ser:

- **ONDAS PRIMARIAS (P).**- Son ondas longitudinales que viajan a través de cualquier tipo de material ya sean sólidos, líquidos o gases. Como se observa en la figura 4, las ondas P se alternan en compresión y expansión del material, es decir, hace que se fracture y doble el terreno.

Figura 4: Ondas primarias

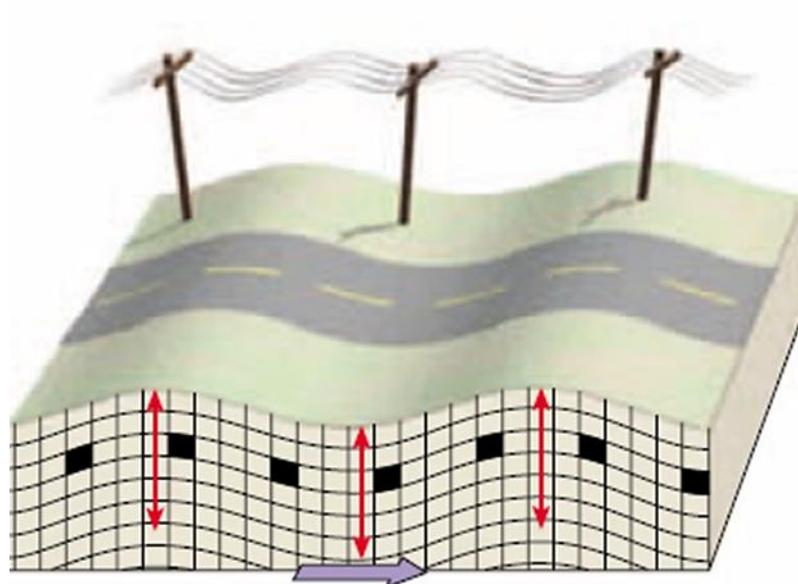


FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., figura 11.8^a

- ONDAS SECUNDARIAS (S).- Son ondas transversales que viajan por cualquier material sólido, pero no por fluidos (líquidos o gases), a una velocidad de 58% de una onda primaria (P). Como se muestra en la figura 5, las ondas S viajan perpendicularmente a la dirección del sismo, por ello, provoca movimiento del terreno de manera vertical y horizontal.

•

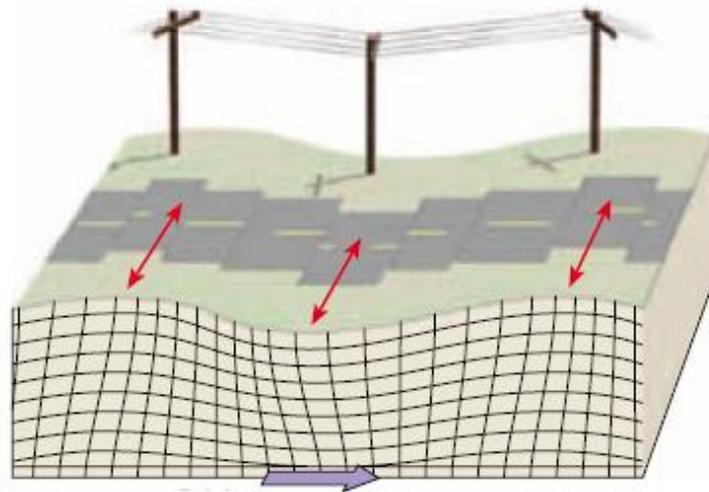
Figura 5: Ondas secundarias



FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., figura 11.8B

- ONDAS SUPERFICIALES.- Ostenta el mismo movimiento que una onda S y pueden ser de dos maneras. El primer tipo de onda superficial, como se muestra en figura 6, sacude el terreno de un lado a otro y puede generar daños en los cimientos de las edificaciones

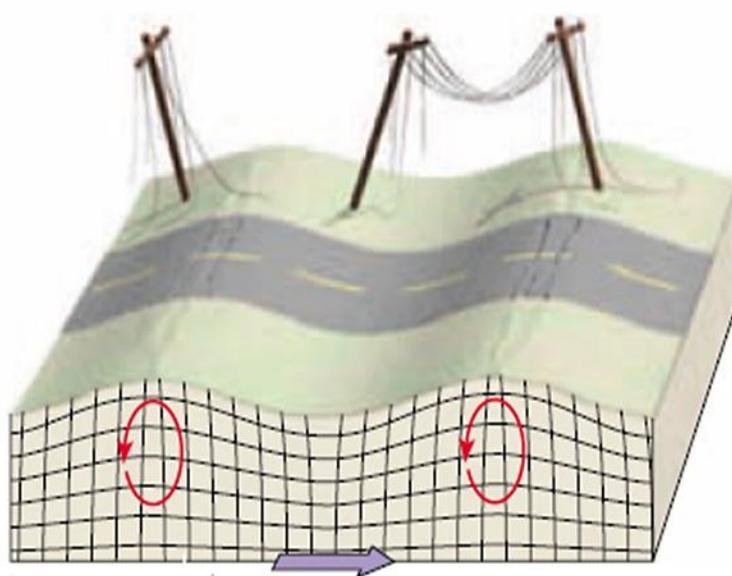
Figura 6: 1° Tipo de ondas superficiales



FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., figura 11.8C

El segundo tipo de ondas superficiales, como se muestra en la figura 8, viajan por el suelo en forma elíptica, muy parecido a las olas oceánicas.

Figura 7: 2° Tipo de ondas superficiales



FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., figura 11.8D

2.2.3.4. MEDIDA DE LOS SISMOS

Los movimientos sísmicos pueden ser medidos de manera cualitativa (depende del nivel de destrucción que genera un sismo) y cuantitativa (depende de la cantidad de energía liberada). Se tiene 2 parámetros para la medición de sismos:

- **INTENSIDAD SÍSMICA.**- Es la perspectiva con la que se siente un movimiento sísmico, la medición se realiza de manera cualitativa con la escala de Mercalli como se muestra en la tabla 1, que se designa valores con números romanos, desde I hasta XII, de acuerdo a los daños en las edificaciones y el impacto que tiene en la población. Siendo I el valor más bajo, por no presentar daño alguno, y XII el valor más alto por causar daños muy graves.

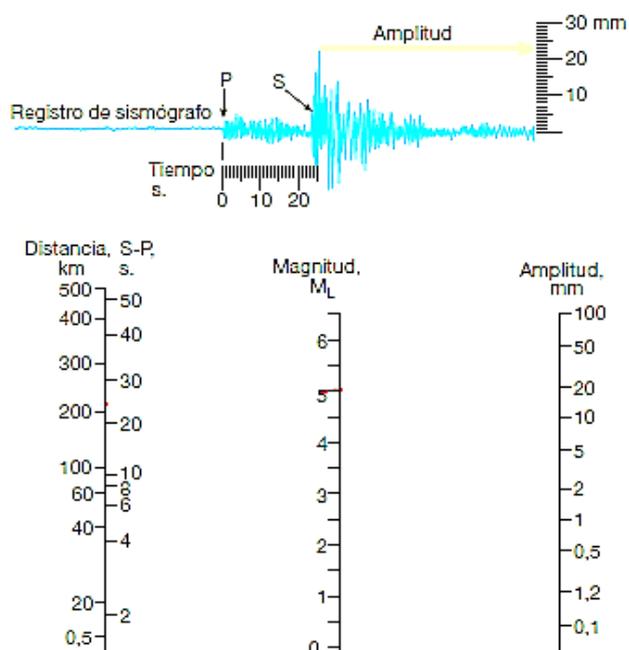
Tabla 1: Escala de Mercalli modificada

Tabla 11.1 Escala de intensidad de Mercalli modificada	
I	No sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por unas pocas personas en reposo, especialmente en los pisos elevados de los edificios.
III	Sentido con bastante nitidez en los interiores, especialmente en los pisos superiores de los edificios, pero muchas personas no lo reconocen como un terremoto.
IV	Durante el día, sentido en interiores de edificios por muchas personas, en los exteriores por muy pocas. Sensación de que un camión pesado haya chocado contra el edificio.
V	Sentido por casi todo el mundo, muchos se despiertan. A veces se observan cambios en los árboles, los postes y otros objetos altos.
VI	Sentido por todos; muchos se asustan y salen a la calle. Algunos muebles pesados se mueven; pocos casos de paredes caídas o chimeneas dañadas. Poco daño.
VII	Todo el mundo corre a la calle. Daño despreciable en los edificios de diseño y construcción buenos; de ligero a moderado en las estructuras de construcción ordinaria; considerable en los edificios pobres o con estructuras mal diseñadas.
VIII	Daño ligero en estructuras especialmente diseñadas; considerable en edificios sustanciales ordinarios con derrumbamiento parcial; grande en estructuras mal construidas (caída de chimeneas, columnas, monumentos, muros).
IX	Daño considerable en estructuras especialmente diseñadas. Los edificios son desplazados de sus cimientos. Se abren grietas en el suelo.
X	Se destruyen algunas estructuras de madera bien construidas. La mayoría de las estructuras de albañilería y madera se destruyen. Se abren muchísimas grietas en el terreno.
XI	Quedan de pie muy pocas estructuras, si queda alguna. Se destruyen los puentes; grandes fisuras en el terreno.
XII	Daño total. Se ven ondas en el suelo. Los objetos son lanzados al aire.

FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., tabla 11.1

- **MAGNITUD SÍSMICA.**- Mide cuantitativamente la energía liberada de un sismo y se realiza utilizando un registro sismográfico para determinar de manera gráfica la magnitud a través de la escala de Richter. En la figura 8, se muestra la medición de un sismo, el cual depende de la amplitud y la distancia entre intervalos de la onda S y P, en un tiempo determinado.

Figura 8: Escala de Richter



FUENTE: Tarbuck E. y Lutgens F., 2005 Ciencias de la tierra 8va ed., figura 11.14

Cabe resaltar que la magnitud de un movimiento sísmico puede generar diferentes intensidades, el cual depende de la distancia en que se encuentre una zona con respecto al epicentro del sismo.

2.2.4. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN HUANCAYO

Es la división de un área geográfica con respecto a las características del suelo, que influyen en la estabilidad de una edificación ante un eventual movimiento sísmico.

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), mediante el informe final del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en Huancayo se pueden distinguir 3 tipos o zonas:

2.2.4.1. ZONA

Comprende la zona urbana del distrito de El Tambo, con el Terminal Terrestre en la avenida Evitamiento, UNCP y más, el tipo de suelo encontrado en esta zona es GP y GP-GM, quiere decir, una combinación

de gravas con cuarzo y baja porción de limos. La capacidad portante de esta zona es mayor a los 4.00 kg/cm²

2.2.4.2. ZONA II.

Comprende parte del distrito de El Tambo y un sector aledaño de Pilcomayo. La napa freática tiene 2.00 metros de profundidad, lo que se supone que existe en licuación causadas por fenómenos sísmicos severos. El tipo de suelo que se encuentra en esta zona es SM y GM, comprende la combinación de arenas y gravas con limos. Además, la capacidad portante de esta zona varía entre 2.00 kg/cm² a 4.00 kg/cm².

2.2.4.3. ZONA III

Comprendido por los distritos de Huancayo y Chilca en toda su extensión, la napa freática tiende a 1.80 metros de profundidad en las épocas de lluvia, por ejemplo, en febrero. En esta zona se puede encontrar porciones de arcilla saturada y en algunas partes se combina con arenas en baja proporción (20%), por lo que están clasificadas como CL y ML. La capacidad portante del sector III, está en un rango de 0.89 kg/cm² a 2.00 kg/cm², considerada la zona más crítica.

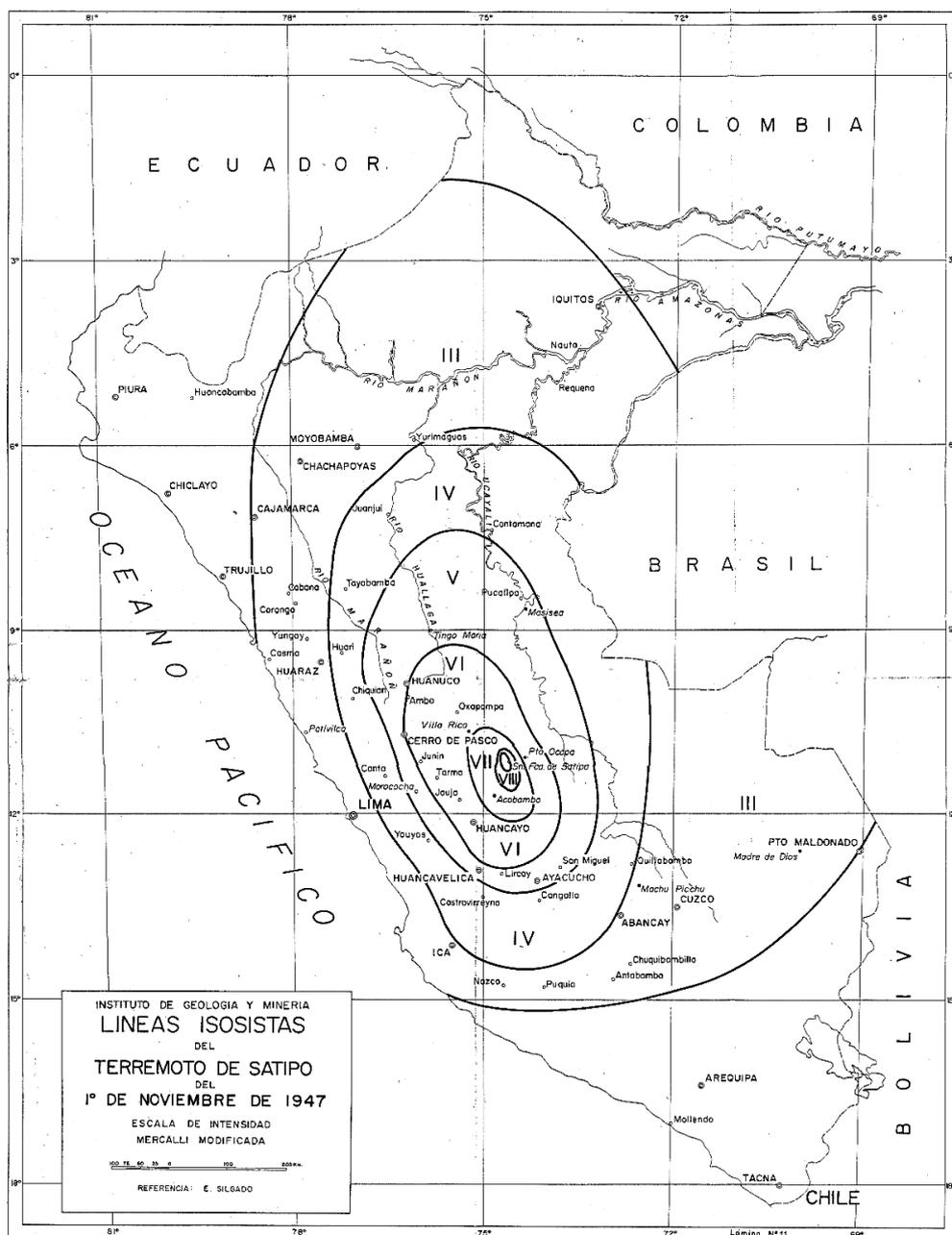
2.2.5. PRINCIPALES SISMOS OCURRIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE JUNÍN

En el Perú acontecieron sismos de diferentes intensidades y magnitudes a lo largo de su extensión territorial, ejemplo claro es el departamento de Junín, donde ocurrieron fenómenos como:

- **SISMO EN SATIPO (1947):** A las 09:59 horas del primer día de noviembre, se registró un terremoto en la zona central del país, afectando una porción considerable de bosques. En la figura 9 se muestra la ubicación del sismo, siendo el epicentro en San Francisco de Satipo con una intensidad de VIII en escala de Mercalli y disminuye mientras se aleja del punto de origen. Este acontecimiento, trajo consigo pérdidas humanas, del cual se desconoce la cantidad de fallecidos, al contrario, de lo que sucedió en las poblaciones de Satipo, Andamarca, Acobamba, La Merced, Víctor, Comas, Perené y otros,

donde alcanzó un promedio de 200 muertos. Por sus efectos destructores, se estimó una intensidad que osciló entre los grados VIII a IX en la Escala de Mercalli abarcando un área de 4000 km².

Figura 9: Mapa del terremoto de Satipo.



FUENTE: Silgado E., 1947, Instituto De Geología y Minería, lámina 5

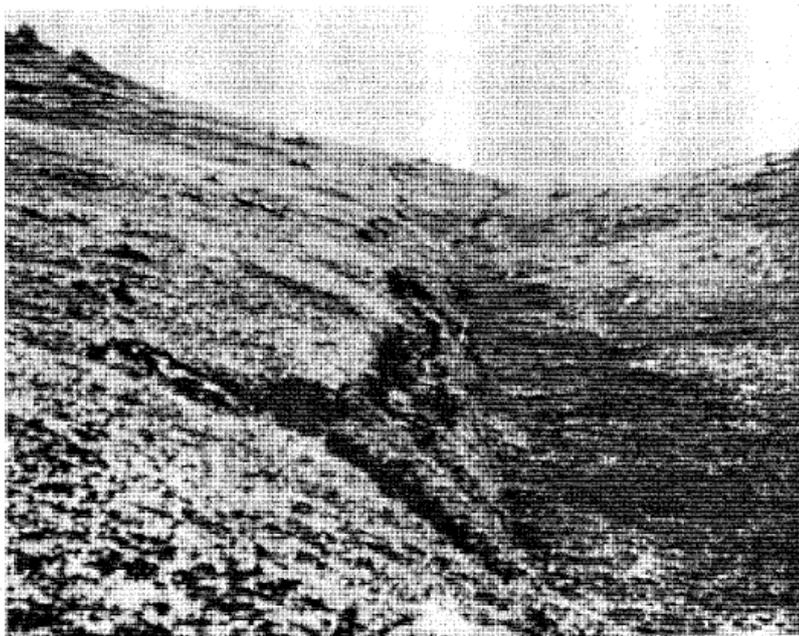
Las viviendas de adobe en La Merced resultaron inhabitables, estos efectos llegaron hasta las extensiones de los poblados de Jauja y Cerro de Pasco ya que las viviendas eran del mismo material rural.

Así mismo, el movimiento sísmico trajo consigo, derrumbes de bosques y desprendimiento de fuentes de agua, dañando gravemente parte de la carretera de Satipo y el Puerto de Ocopa.

Del primer día de noviembre hasta mediados del mismo mes, se registraron réplicas, aproximadamente 100 de ellas, además, el observatorio de Huancayo, registró otros movimientos sísmicos a 110 km y 140 km a direcciones entre 32° y 59° Noreste.

- 1° SISMO EN HUANCAYO (1969): A las 22:00 horas del 23 de julio, se registró un movimiento sísmico de 5.6 de magnitud con una profundidad de 1 kilómetro, ocasionando daños leves en las construcciones de los poblados de Chilifruta, Lampa, Pomamanta y Pariahuanca en los Andes Orientales, que distan de 50 kilómetros al noreste de Huancayo. Posteriormente al sismo, se observó un desplazamiento vertical de aproximadamente 40 centímetros con respecto a la zona Suroeste.

Figura 10: Grietas y desplazamiento de tierra después del sismo



FUENTE: Silgado E., 1969, Instituto de Geología y Minería

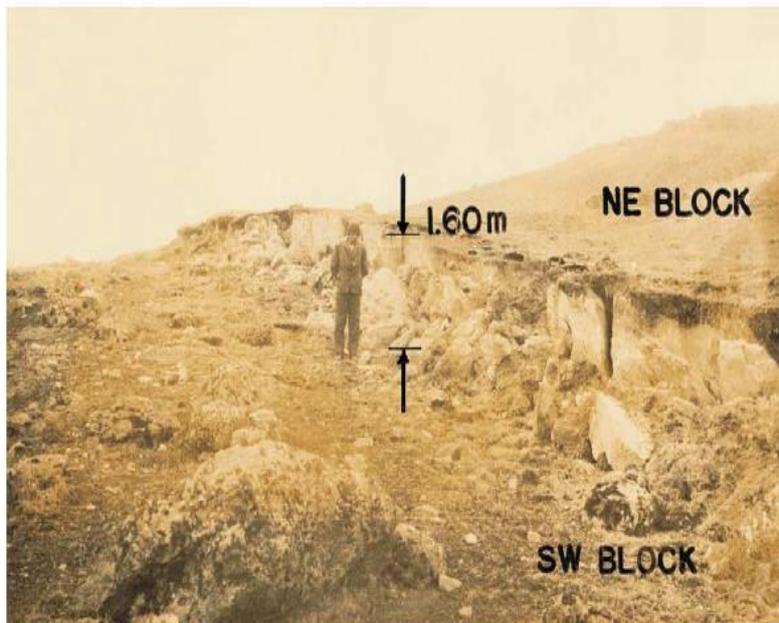
- 2° SISMO EN HUANCAYO (1969): Ocurrido el 01 de octubre a las 00:06 horas con una intensidad de V en escala de Mercalli, pero en la zona donde fue el epicentro, la magnitud fue de 6.2 grados en la escala de Richter, que trajo

consigo 130 personas fallecidas y muchos heridos. Las viviendas de adobe y piedra de los poblados quedaron muy dañadas.

El movimiento sísmico reactivó una falla ubicada a 6.5 km al noreste de la hacienda Acopalca, que trajo consigo desplazamiento vertical de 1.60 metros y 0.70 metros de manera horizontal. Se observa en la figura 13.

Se registró 2000 réplicas aproximadamente entre los últimos 6 meses del mismo año mediante el observatorio de Huancayo.

Figura 11: Escarpe de falla del sismo de 1969



FUENTE: Silgado E., 1969, Instituto de Geología y Minería, Tomada de Macharé.

- **SISMO POR FALLA GEOLÓGICA DEL HUAYTAPALLANA.**- Las rocas del área han sido afectadas por diferentes movimientos sísmicos deformándolas y fracturándolas mediante fracturas y fallas. La cuenca del Mantaro está rodeada por dos zonas de fallas activas, como la fractura del Mantaro y la falla del Huaytapallana, siendo esta última, la más conocida de la región.

En la figura 12 se muestra la figura de la cordillera del Huaytapallana. La falla del Huaytapallana es una fractura de tipo inversa, de rumbo N 30°- 40° W, cuya traza corre el flanco occidental del macizo del mismo nombre, con un buzamiento

estimado de 60° a 70° al NE que pasa cercanas a las lagunas Chuspicocha, Lasuntay y Runicochoa.

En los sismos ocurridos con mayor intensidad en la localidad de Pariahuanca, en julio y octubre de 1969, se observó que el primero fue acompañado por una rotura superficial de 40 cm, de desplazamiento vertical en la traza de la falla del Huaytapallana. Durante el segundo sismo, la misma falla fue reactivada y tuvo un desplazamiento vertical de 1.60 m y 0.70 m de desplazamiento horizontal; estos hechos demuestran que esta falla es activa.

Figura 12: Cordillera de Huaytapallana.



FUENTE: Silgado E., 1969, Instituto de Geología y Minería, Tomada de Macharé

2.3. VULNERABILIDAD

Se define como el grado de debilidad o fortaleza de la población y su entorno, o la imposibilidad de restaurarse, ante la eventual ocurrencia de un fenómeno natural (sismo, huaico, aluviones, etc.) o fenómeno artificial, actividades donde involucra la mano del hombre (reacciones nucleares).

2.3.1. VULNERABILIDAD SISMICA

Según Sandy (1986), la vulnerabilidad sísmica la define como: “propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño”.

Entonces, la vulnerabilidad sísmica es la capacidad de resistencia de una edificación ante la eventual ocurrencia de una actividad sísmica. Depende del daño que pueda generar un sismo a la estructura, se puede analizar el nivel de vulnerabilidad que presenta. Así mismo, la vulnerabilidad sísmica se evalúa de manera independiente del peligro, es decir, una edificación puede ser vulnerable pero no estar en peligro el cual depende de la ubicación de la edificación.

La vulnerabilidad sísmica de una edificación se puede presentar de dos maneras:

2.3.1.1. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Es el nivel de vulnerabilidad de los elementos estructurales (cimientos, columnas, muros portantes, vigas, losas macizas y aligeradas, diseñados para transmitir fuerzas verticales y horizontales), componentes que pueden resultar gravemente dañados ante un sismo, debilitando la resistencia y estabilidad de la edificación.

2.3.1.2. VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL

Es el nivel de vulnerabilidad de los elementos no estructurales; de acuerdo a su ubicación, pueden generar daños en los habitantes ante un sismo. Los elementos no estructurales pueden agruparse en categorías: arquitectónicos (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), instalaciones (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o equipos (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc.).

2.3.2. VULNERABILIDAD SÍSMICA EN HUANCAYO

La vulnerabilidad sísmica en las viviendas de Huancayo puede presentarse de distintos niveles:

2.3.2.1. VULNERABILIDAD MUY ALTA

Se presenta en edificaciones que tienen grandes debilidades estructurales, en las que se estima que las pérdidas y daños ocasionados a las personas y a la infraestructura serían enormes; como producto de la ocurrencia de un sismo, que tendrían como efecto: colapso de edificaciones y destrucción de líneas vitales, serios daños a la integridad física de las personas, alto número de damnificados, numerosas pérdidas humanas, etc.

2.3.2.2. VULNERABILIDAD ALTA

Se presenta en edificaciones con debilidad estructural, en las que, por las características de infraestructura se estima que las pérdidas y daños ocasionados a las personas y a la infraestructura serían altas. Ante un sismo, podrían generar numerosas pérdidas humanas, pérdidas económicas, etc.

2.3.2.3. VULNERABILIDAD MEDIA

Se presenta en edificaciones con algunas manifestaciones con debilidad estructural. Ante la ocurrencia de un sismo, produciría daños regulares a las personas; y los elementos estructurales de una edificación resultarían ligeramente dañados. Una vivienda con una vulnerabilidad sísmica media, genera pérdidas económicas mínimas.

2.3.2.4. VULNERABILIDAD BAJA

Se presenta en edificaciones con gran resistencia estructural, ante un eventual movimiento sísmico, no generaría pérdidas de ningún tipo.

2.4. VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Las viviendas son construcciones habitables por personas, y la actividad autoconstructiva se pronuncia cuando no presenta los requisitos necesarios para su construcción, requerimientos que deben cumplir con normas básicas constructivas y legales, con el fin de evitar daños y peligros en el futuro ante la ocurrencia de un fenómeno natural. Por lo tanto, las viviendas autoconstruidas son construcciones que no cumplen con los requerimientos necesarios, y como consecuencia, presentan deficiencias estructurales, arquitectónicas y constructivas, y que a largo plazo pueden generar pérdidas humanas, económicas y de materiales, ante un fenómeno natural.

Actualmente, las viviendas autoconstruidas en el Perú están en aumento, más aún en provincias ya que las personas tienen la necesidad de poseer una vivienda propia, pero al no contar con los recursos económicos necesarios, optan por construir inadecuadamente. Esto implica, la falta de asesoría técnica profesional y la reducida calidad de los materiales de construcción.

2.4.1. VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN HUANCAYO

La ciudad de Huancayo cuenta con un total de 82 232 viviendas en sus tres principales distritos: distrito Huancayo, El Tambo y Chilca. En la tabla 2, se muestra la cantidad en cada una de ellas.

Tabla 2: Viviendas en Huancayo, el Tambo y Chilca

Distrito	Viviendas	%
Huancayo	27,713	33.70
Chilca	17,528	21.32
El Tambo	36,991	44.98
Total	82,232	100.00

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007, número de viviendas de la provincia de Huancayo

En la tabla 3, se aprecia la cantidad de viviendas con el material predominante con el que fue construido, siendo el ladrillo y adobe con más casos de construcción.

Tabla 3: Materiales utilizados en las viviendas de Huancayo.

	Huancayo		Chilca		El Tambo	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Ladrillo o bloque de cemento	14,921	59.80	7,897	49.59	24,356	73.30
Adobe o tapia	9,732	39.00	7,846	49.27	8,613	25.92
Madera	117	0.47	33	0.21	87	0.26
Quincha	51	0.20	8	0.05	21	0.06
Estera	6	0.02	24	0.15	6	0.02
Piedra con barro	25	0.10	18	0.11	33	0.10
Piedra o sillar, con cal o cemento	14	0.06	10	0.06	16	0.05
Otro	85	0.34	90	0.57	98	0.29
TOTAL	24,951	100.00	15,926	100.00	33,230	100.00

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007, Tipo de material empleado.

Cabe mencionar que, del total de viviendas que existen entre los 3 distritos, la mayoría de ellos fueron autoconstruidas, resaltando en aquellos que predomina el ladrillo y adobe, ya que no cumplen con los requisitos mínimos; como la falta de licencia y permisos para su construcción, no hubo asesoría técnica profesional para el diseño y construcción; en este caso por un ingeniero civil o arquitecto; los materiales de construcción no cumplen con los estándares de calidad y la inexistencia de supervisión de autoridades municipales.

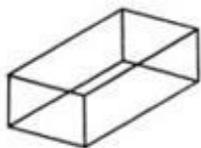
En la tabla 3, se observa que, en el distrito de Chilca, las viviendas de ladrillo (albañilería) y viviendas de adobe tienen aproximadamente la misma cantidad, por ello, el análisis de la investigación se realiza para ambas construcciones.

2.5. DEFINICIONES SEGÚN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

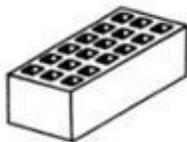
- **ARQUITECTURA:** Arte y técnica de proyectar y construir edificios, según reglas, técnicas, y cánones estéticos determinados.
- **ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA:** Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- **ALBAÑILERÍA CONFINADA:** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

- **COLUMNA:** Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.
- **CONFINAMIENTO:** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.
- **CONSTRUCTOR:** Persona natural o jurídica, cuya responsabilidad es ejecutar una obra.
- **DISEÑO:** Disciplina que tiene por objeto la armonización del entorno humano, desde la concepción de los objetos de uso, hasta el urbanismo.
- **EDIFICACIÓN:** Obra de carácter permanente, cuyo destino es albergar actividades humanas. Comprende las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.
- **LOTE:** Superficie de terreno urbano delimitado por una poligonal, definido como resultado de un proceso de habilitación urbana y subdivisión del suelo.
- **MANZANA:** Lote o conjunto de lotes limitados por vías vehiculares, vías peatonales o áreas de uso público, en todos sus frentes.
- **MURO NO PORTANTE:** Muro diseñado y construido en forma tal que solo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo los parapetos y los cercos.
- **MURO PORTANTE:** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación, Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.
- **MORTERO:** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente las unidades de albañilería.
- **TABIQUE:** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.
- **UNIDAD DE ALBAÑILERÍA:** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

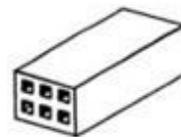
Figura 13: tipos de unidades de albañilería.



Unidad sólida (o maciza).



Unidad hueca



Unidad tubular (o pandereta)

FUENTE: Gallegos H. y Casabonne C., 2005, Albañilería Estructural 3° ed., figura 2.9

- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUECA: Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SOLIDA (O MACIZA): Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA TUBULAR (O PANDERETA): Unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.
- Según el capítulo 8, de la norma E.070 (Albañilería) las definiciones son:
- SISMO SEVERO: Es aquel proporcionado por la NTE-E.030 Diseño Sismoresistente, empleando un coeficiente de reducción de la sollicitación sísmica $R=3$.
- SISMO MODERADO: Es aquel que proporciona fuerzas de inercia equivalentes a la mitad de los valores producidos por el "sismo severo".
- SISTEMA CONSTRUCTIVO: Conjunto integral de materiales de construcción que, combinados según lineamientos técnicos precisos, es decir, según un determinado proceso constructivo, se construye un edificio u obra de ingeniería.
- USO DEL SUELO: Determinación del tipo de actividades que se pueden realizar en las edificaciones que se ejecuten en cada lote según la zonificación asignada a los terrenos urbanos, de acuerdo a su vocación y en función de las necesidades de los habitantes de una ciudad. Puede ser residencial, comercial, industrial o de servicios.
- VIVIENDA: Edificación independiente o parte de una edificación multifamiliar, compuesta por ambientes para el uso de una o varias personas, capaz de satisfacer sus necesidades de dormir, comer, cocinar, asear, entre otras. El estacionamiento de vehículos, cuando existe, forma parte de la vivienda.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para la investigación se utilizó el método cualitativo y se tuvo en cuenta los siguientes razonamientos:

- Inductivo – Deductivo.- Permite hacer un análisis de la realidad concreta hasta la teoría.
- Hipotético – Deductivo.- Permite verificar la hipótesis.
- Análisis – Sintético.- Permite analizar los resultados y la realización de conclusiones.

3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicada, porque busca generar conocimiento aplicando directamente al problema de la sociedad, relacionando la teoría con la realidad.

3.2.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es descriptivo-explicativo, debido a que se realizó la descripción, el análisis y la interpretación sintética de la variable dependiente y variable independiente, tal como se indica en la investigación

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es:

No experimental → Trasversal → Descriptivo

No experimental, porque inicia del marco teórico y queda en ella, el objetivo es la formulación de teorías nuevas o de la modificación de las que ya existen. Se observa y recoge información sin cambiar ni mover datos, (por qué no se llevarán muestras al laboratorio o realizar ensayos).

Decimos que una muestra de investigación es de corte transversal porque la investigación se realiza en un momento dado, es decir, un único tiempo (por única vez se recabará la información).

Descriptivo, porque se describirá el tipo de edificación y el nivel de vulnerabilidad sísmica que presenta cada vivienda analizada.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La investigación se desarrolló en el distrito de Chilca, en el barrio denominado Chilca Cercado, ya que, en dicha zona se requiere tener información actualizada sobre el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas. Por lo tanto, según el plano del Plan Urbano Distrital de Chilca–Huancayo 2015-2020, nuestra población son las 85 viviendas que conforman el sector de la investigación.

3.4.2. MUESTRA

Una vez tenido nuestra población, se establecerá el tamaño de la muestra mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(z^2 * p * q * N)}{\varepsilon^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Tamaño de la población o universo

- ε = Error muestral
- z = Nivel de confianza
- p = Probabilidad a favor
- q = Probabilidad en contra

Entonces, tenemos:

$$N = 85, p = 95\%, q = 5\%, \varepsilon = 5\%, Z = 1.96 \text{ (confianza del 95\%).}$$

Reemplazando obtenemos:

$$n = \frac{(1,96^2 * 0,95 * 0,05 * 85)}{0,05^2 * (85 - 1) + 1,96^2 * 0,95 * 0,05} = 39.52$$

Por lo tanto, se hará el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica a 40 viviendas autoconstruidas entre adobe y albañilería, en el barrio denominado Chilca Cercado.

Mediante el plano de zonificación del distrito de Chilca, se realizó la búsqueda de las viviendas según la muestra obtenida, se optó por las manzanas F, G y J, ya que en conjunto cumple con la cantidad necesaria para el análisis, y están ubicadas por el Jr. General Córdoba.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Representan el conjunto de componentes, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar e informar los datos de los fenómenos sobre los cuales se investigan. Así mismo, las técnicas son pasos a seguir mediante un procedimiento o recurso para la recolección de información, los cuales ayudarán como guía para que la persona que realiza la investigación pueda aproximarse a los hechos y acceder a su conocimiento, donde podemos tener información primaria (investigación de campo) e información secundaria (investigación bibliográfica).

- Técnica la observación (visualización), relación del observador (sujeto) y el objeto a analizar, donde podemos observar las características de las viviendas autoconstruidas.
- Técnicas de procesamiento de información, para evaluar los resultados encuestados a las edificaciones analizadas.

- Técnica investigación bibliográfica, se recurre a estudios pasados, como libros, investigaciones, revistas, etc.
- Para la recolección de datos será de manera prolectiva, ya que será de acuerdo a los criterios (teoría) del evaluador para cumplir los objetivos de la investigación en un tiempo real.
- Para la investigación, se emplea la encuesta como instrumento de recolección de datos, mediante las fichas de evaluación detalladas en la sección 3.6.

3.6. FICHAS DE EVALUACION Y ANÁLISIS

Las fichas evaluadoras son instrumentos de evaluación que permiten diagnosticar zonas, personas, estructuras, proyectos, etc. con el propósito de contribuir en la toma de decisiones en la mejora de acciones.

Dada la investigación sobre el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017, se realizó la indagación de instrumentos de recolección de datos que contemplen características similares y además que se adecúen al sector de trabajo, por ello mismo, se optó por tres Fichas de Evaluación, análisis sísmico estático mediante la norma E 0.30 para una vivienda de albañilería y la norma E 0.80 para una vivienda de adobe.

3.6.1. FICHA DE VERIFICACIÓN SEGÚN INDECI

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), es un organismo del sector público descentralizado, cuyas funciones son: atender a las personas afectadas ante un fenómeno natural, gestionar acciones de emergencia, y el debido comportamiento de la población en el caso de un desastre.

Por ello, proporciona una ficha de verificación denominada “Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo” (ver figura 14, 15 y 16), que forma parte del Plan de Prevención por sismos 2010 que busca proporcionar a la población recomendaciones de prevención ante la ocurrencia de un sismo, y tiene como objetivos, identificar y determinar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones ante la ocurrencia de un sismo.

La ficha consta de 7 bloques en la primera parte se encuentran los bloques A, B y C, se aprecia en la figura 14. En el bloque A se encuentra toda la información acerca de la ubicación geográfica (departamento, provincia y distrito), catastral (zona, manzana y lote) y la dirección exacta de la vivienda, de la misma manera, se debe conocer el nombre del propietario con su respectiva identificación. En el bloque B se debe recabar la información de la vivienda mediante la observación directa; en el caso del bloque C se detalla las características del tipo de vivienda en 6 secciones como se muestra en la figura 14.

Figura 14: Ficha de verificación-datos generales

**DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA PARA CASOS DE SISMO
FICHA DE VERIFICACION**

A.- UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA VIVIENDA

1. UBICACION GEOGRAFICA		2. UBICACION CATASTRAL		3. FECHA y HORA		
1 Departamento		1 Zona N°				
2 Provincia		2 Manzana N°		dd	mm	aa
3 Distrito		3 Lote N°		Hora	:	hora

4. DIRECCION DE LA VIVIENDA						
1 Avenida ()	2 Jirón ()	3 Paseaje ()	4 Carretera ()	5 Otro: ()		
Nombre de la Calle, Av, Jr, etc.		Puerta N°	Interior	Piso	Mz	Lote
Nombre de la Urbanización / Asentamiento Humano / Asoc. de vivienda / otros						
Referencia:						

5. APELLIDOS Y NOMBRES DEL JEFE(A) DE HOGAR O ENTREVISTADO(A)						
Apellido Paterno						
Apellido Materno						
Nombres						6. DNI

B.- INFORMACIÓN DEL INMUEBLE POR OBSERVACIÓN DIRECTA

1. DESDE EL EXTERIOR SE PUEDE OBSERVAR QUE :		2. LA VIVIENDA SE ENCUENTRA ...	
1 En caso de colapso, por el predominante deterioro, SI compromete al área colindante	()	1 Habitada	()
2 Ante posible colapso, por el predominante deterioro, NO compromete al área colindante	()	2 No habitada	()
3 No muestra precariedad	()	3 Habitada, pero sin ocupantes	()
4 No fue posible observar el estado general de la vivienda	()		

Fin caso la respuesta como "ord" a la Vivienda se encuentra NO habitada se debe poner el campo N° 6 de la sección "C" y CANCELAR LA VERIFICACION

C.- CARACTERISTICAS DEL TIPO DE VIVIENDA

1. CUENTA CON PUERTA INDEPENDIENTE		2. FORMA PARTE DE UN COMPLEJO		3. TOTAL DE OCUPANTES (Cantidad de personas)	
1 SI cuenta con puerta de calle	()	1 Multifamiliar horizontal	()	1 De la vivienda	
2 NO es parte de un complejo multifamiliar	()	2 Multifamiliar vertical	()	2 Del complejo multifamiliar (aproximado)	

4. CANTIDAD DE PISOS DE LA VIVIENDA		5. CANTIDAD DE PISOS DEL COMPLEJO MULTIFAMILIAR	
1 Cantidad de niveles superiores (incluido el 1° piso)		1 Cantidad de niveles superiores (incluido el 1° piso)	
2 Cantidad de niveles inferiores (patios)		2 Cantidad de niveles inferiores (patios)	
3 No aplica por ser vivienda multifamiliar		3 No aplica por ser vivienda unifamiliar	

6. FACTORES CRITICOS PARA LA DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD "MUY ALTO" o "ALTO":	
1 El inmueble se encuentra en un terreno inapropiado para edificar	()
2 Encontrarse el inmueble en una ubicación expuesta a derrumbes y/o deslizamientos	()
3 Otro	()
4 Otro	()
5 No aplica	()

De ser necesario, se deberá especificar los factores y tener en consideración esta información para la evaluación de las edificaciones colindantes.

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil, 2010, Ficha de Verificación

En la segunda parte, se encuentran los bloques D y E, ver figura 15. En el bloque D, proporciona características relevantes sobre la construcción de la vivienda; como el material dominante, participación de un especialista (técnico o profesional), antigüedad, tipo de suelo, topografía del terreno, configuración en planta y elevación, junta sísmica, concentración de masas y otros; donde cada característica tiene su propio valor siendo 4 el de mayor puntaje y 1 el de menor puntuación. En el bloque E, se determina el nivel de vulnerabilidad sísmica, el cual se divide en 2 secciones (E1 y E2), donde en E1 se coloca la sumatoria de las puntuaciones obtenidas del bloque D, y en E2 se encuentran los rangos de calificación del nivel de vulnerabilidad sísmica, el cual depende de la puntuación total de la sección E1, siendo: BAJO (puntuación hasta 14), MODERADO (puntuación de 15 a 17), ALTO (puntuación de 18 a 24) o MUY ALTO (puntuación mayor a 24).

Figura 15: Ficha de verificación-características de la vivienda

D- CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA											
1. MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Adobe ()		6 Adobe reforzado ()		8 Albañilería confinada ()		9 Concreto Armado ()		10 Acero ()			
2 Quincha ()	4	7 Albañilería ()	3		2						1
3 Mampostería ()											
4 Madera ()											
5 Otros ()											
2. LA EDIFICACION CONTÓ CON LA PARTICIPACION DE INGENIERO CIVIL EN EL DISEÑO Y/O CONSTRUCCION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No ()	4	2 Solo Construcción ()	3	3 Solo diseño ()	3	4 Si, totalmente ()					1
3. ANTIGÜEDAD DE LA EDIFICACION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Mas de 50 años ()	4	2 De 20 a 49 años ()	3	3 De 3 a 19 años ()	2	4 De 0 a 2 años ()					1
4. TIPO DE SUELO											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Rellenos ()		4 Depósito de suelos finos ()		6 Granular fino y arcilloso ()		7 Suelos rocosos ()					
2 Depósitos marinos ()	4	5 Arena de gran espesor ()	3		2						1
3 Pantanosos, turba ()											
5. TOPOGRAFIA DEL TERRENO DE LA VIVIENDA											
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Plana o Ligera	Valor				
1 Mayor a 45% ()	4	2 Entre 45% a 20% ()	3	3 Entre 20% a 10% ()	2	4 Hasta 10% ()					1
6. TOPOGRAFIA DEL TERRENO COLINDANTE A LA VIVIENDA Y/O EN AREA DE INFLUENCIA											
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Plana o Ligera	Valor				
1 Mayor a 45% ()	4	2 Entre 45% a 20% ()	3	3 Entre 20% a 10% ()	2	4 Hasta 10% ()					1
7. CONFIGURACION GEOMETRICA EN PLANTA											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Irregular ()	4	2 Regular ()	1	1 Irregular ()	4	2 Regular ()					1
8. CONFIGURACION GEOMETRICA EN ELEVACION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Irregular ()	4	2 Regular ()	1	1 Irregular ()	4	2 Regular ()					1
9. JUNTAS DE DILATACION SISMICA SON ACORDES A LA ESTRUCTURA											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No / No Existen ()	4	2 Si ()	1	1 Superiores ()	4	2 Inferiores ()					1
10. EXISTE CONCENTRACION DE MASAS EN NIVELES ...											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No / No Existen ()	4	2 Si ()	1	1 Superiores ()	4	2 Inferiores ()					1
11. EN LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES SE OBSERVA											
11.1 No existen/son Precarios	Valor	11.2 Deterioro y/o humedad	Valor	11.3 Regular estado	Valor	11.4 Buen estado	Valor				
1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento ()					
2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()					
3 Muros portantes ()	4	3 Muros portantes ()	3	3 Muros portantes ()	2	3 Muros portantes ()					1
4 Vigas ()		4 Vigas ()		4 Vigas ()		4 Vigas ()					
5 Techos ()		5 Techos ()		5 Techos ()		5 Techos ()					
12. OTROS FACTORES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD POR ...											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Humedad ()		4 Debilitamiento por modificaciones ()		6 Densidad de muros inadecuada ()		8 No aplica: ()					
2 Cargas laterales ()	4	5 Debilitamiento por sobrecarga ()	4	7 Otros:..... ()	4						0
3 Colapso elementos del entorno ()											

E.- DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA

Llevar los valores más críticos de cada uno de los campos de la Sección D	E.1.- SUMATORIA DE VALORES DE LA SECCION "D" CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA												
	∑												=

E.2.- Calificación del Nivel de Vulnerabilidad de la vivienda

Nivel de Vulnerabilidad	Rango del Valor	Características del Nivel de Vulnerabilidad	Calificación Según E.1 (marcar con "X")
MUY ALTO	Mayor a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.	
ALTO	Entre 18 a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación, requiere cambios drásticos en la estructura.	
MODERADO	Entre 15 a 17	Requiere reforzamiento en potencial Zona de Seguridad Interna.	
BAJO	Hasta 14	En las condiciones actuales es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.	

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil, 2010, Ficha de Verificación

La tercera parte, consta de los bloques F y G, se puede apreciar en la figura 16, donde en el bloque F se da las recomendaciones generales del cual depende el nivel de vulnerabilidad sísmica analizada en el bloque E sección E2 y el bloque G proporciona recomendaciones referida a la potencial zona de seguridad y/o vía de evacuación, dependerá del nivel de vulnerabilidad sísmica.

Figura 16: Ficha de verificación-recomendaciones

F.- RECOMENDACIONES DE CARÁCTER INMEDIATO PARA JEFE(A) DE HOGAR		
Calificación viene de la sección "E"		
Nivel de Vulnerabilidad	Recomendaciones Generales para caso de SISMOS (*)	Calificación (marcar con "X")
MUY ALTO	La Vivienda NO DEBE SER HABITADA Muy Importante: * Si el Nivel de Vulnerabilidad responde a factores inherentes al Tipo de Suelo, Ubicación y/o normas vigentes, la restricción del uso del terreno es Definitiva * Si el Nivel de Vulnerabilidad corresponde a elementos estructurales de la vivienda considerar reconstrucción si el uso del terreno es adecuado.	()
ALTO	En caso de Sismo se debe EVACUAR la edificación en forma inmediata; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; Reforzar los elementos de la vía de evacuación, en caso de ser factible; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
MODERADO	Determinar y/o REFORZAR la potencial Zona de Seguridad Interna; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; REFORZAR la vía de evacuación; Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
BAJO	Determinar la Zona de Seguridad Interna; Determinar la vía de evacuación; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
Otras recomendaciones:		

* Para viviendas cercanas al mar, tener en cuenta las recomendaciones para caso de tsunami

G.- RECOMENDACION REFERIDA A LA POTENCIAL "ZONA DE SEGURIDAD" Y/O "VIA DE EVACUACION"			
El Nivel de Vulnerabilidad viene de la sección "E"			
Nivel de Vulnerabilidad	Recomendaciones para la ZONA DE SEGURIDAD y/o VIA DE EVACUACION		
MUY ALTO	NO aplica, la Vivienda NO ES HABITABLE		
ALTO	NO aplica recomendar zona de seguridad interna		
	Vía de evacuación recomendada:		
MODERADO	Hacer uso de la <i>Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos</i>		
	REFORZAR potencial Zona de Seguridad Interna recomendada:		
	Área aproximadam2	Total, de ocupantes:	Zona de Seguridad para personas aprox.
	<i>Si la Zona de Seguridad no es suficiente para la cantidad de personas que la requieren, para el uso de esta área se deberá dar prioridad a las personas vulnerables (Ejemplo: Adulto Mayor, Niños, Madre Gestante y Personas con capacidades diferentes).</i>		
BAJO	Vía de evacuación recomendada:		
	Hacer uso de la <i>Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos</i>		
	Potencial Zona de Seguridad Interna recomendada:		
	Área aproximadam2	Total, de ocupantes:	Zona de Seguridad para personas aprox.
<i>Si la Zona de Seguridad no es suficiente, para el uso de esta área se deberá priorizar a personas vulnerables (Ejemplo: Adulto Mayor, Niños, Madre Gestante y Personas con capacidades diferentes).</i>			
Vía de evacuación recomendada:			
Hacer uso de la <i>Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos</i>			

*Ficha elaborada por INDECI y adecuada por Danny J. Santos Quispe

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil, 2010, Ficha de Verificación.

3.6.2. FICHA DE INSPECCIÓN SEGÚN EL ATC-21

El ATC- 21 es un método analítico que permite la revisión de la vulnerabilidad sísmica potenciales en edificaciones existentes mediante filtros, que se le asigna una puntuación inicial dependiendo del grado de sismicidad, plasmada en una ficha de inspección rápida y se aprecia en la figura 17.

La ficha de inspección rápida cuenta con características de una edificación, los cuales se van revisando mientras se avanza con el análisis donde el tipo de construcción puede ser: "W" para viviendas de albañilería, "S" para edificaciones de acero, "C" para edificaciones de concreto, "PC" para edificaciones de concreto armado y "RM" para edificaciones de mampostería reforzada. Cabe mencionar, que la ficha es válida para edificaciones de madera, albañilería, concreto y acero, más no de adobe.

El análisis empieza con la identificación del sistema estructural e inmediatamente está asignado con un puntaje inicial que se resta y/o suma dependiendo de las características o factores comprendidos por la altura, las irregularidades geométricas, torsión, daños estructurales y el tipo de suelo, que comprende cada edificación.

El análisis final de la edificación se hará si necesita una evaluación más detallada el cual depende del resultado final; si la calificación es menor o igual a 2, la vivienda presenta un nivel de vulnerabilidad baja a media, pero sí debe contar con un análisis más detallado recurriendo a ingenieros estructurales con especialización en diseño sísmoresistente, y si la calificación resulta mayor a 2 el nivel de vulnerabilidad es media a alta y no es necesario el detallado de la edificación.

Existen tres tipos de fichas de inspección de acuerdo a la intensidad del sismo (baja, moderada y alta) y cada ficha consta de puntajes diferentes. Para la investigación se utilizó la ficha de moderada sismicidad, porque la zona tiene antecedentes de sismos de igual categoría.

Figura 17: Ficha de inspección

FICHA DE INSPECCION VISUAL RAPIDA DE MODERADA SISMICIDAD (ATC 21)

CROQUIS										Direccion: Nombre de la Edificacion: N° de bloque: Año de Construccion: Área total de piso en m2: Fecha: Uso: Zona de Importancia Sismica: Realizado por:					
										FOTOGRAFIA					
TIPO DE VIVIENDA		N° DE PERSONAS		TIPO											
UNIFAMILIAR		0-10		ROCA	ROCA	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	CHIMENEAS NO REFORZADAS	PARAPETOS	REVESTIMIENTO	OTRO	
MULTIFAMILIAR		10-100		DURA	MEDIA	DENSO	RIGIDO	SUAVE	POBRE						
PUNTAJACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTAJACIÓN FINAL S															
TIPO DE CONSTRUCCION	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BF)	S3 (LM)	S4 (FC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje Basica	5.2	4.8	3.6	3.6	3.8	3.6	3.6	3	3.6	3.2	3.2	3.2	3.6	3.4	3.4
Altura Mediana	N/A	N/A	0.4	0.4	N/A	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	N/A	0.4	0.4	0.4	-0.4
Altura Elevada	N/A	N/A	1.4	1.4	N/A	1.4	0.8	0.5	0.8	0.4	N/A	0.6	0.6	0.6	N/A
Irregularidad Vertical	-3.5	-3.0	-2	-2	N/A	-2	-2	-2	-2	-2	N/A	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Posibilidad de Golpeo	N/A	N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	N/A	-0.5	N/A	N/A	N/A	-0.5	N/A	N/A	N/A
Post. De Referencia	1.6	1.6	1.4	1.4	N/A	N/A	N/A	1.2	1.6	N/A	1.8	N/A	N/A	N/A	N/A
Suelo Tipo C (GM,GP)	-0.2	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Suelo Tipo D (SM,SC)	-0.6	-1.2	-1	-1.2	-1	-1	-1.2	-1	-1.2	-1	-1	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
Suelo Tipo E (ML,CL)	-1.2	-1.8	-1.6	-1.6	-1.6	1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
PUNTAJE FINAL S	1.6														
Comentarios:												REQUIERE EVALUACION DETALLADA			
												SI		NO	

FUENTE: ATC 21. 2002, Rapid Visual Screening Building. 2°Ed. Apéndice B

3.6.3. FICHA DE EVALUACIÓN SEGÚN LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (ACIS), integrados por ingenieros civiles especialistas en ingeniería sísmoresistente, con el fin de ayudar a profesionales especialistas en el ámbito de construcción y a personas no expertas en las especificaciones mínimas a tomar en cuenta, desarrolló el Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sísmoresistente de viviendas de mampostería, el cual está basado en Normas Contemporáneas de Diseño y Construcción Sísmoresistente.

El Manual brinda una manera sencilla de evaluar la vulnerabilidad sísmica en viviendas mediante una ficha de diagnóstico, se aprecia en la figura 18, que contiene: aspectos geométricos, constructivos, estructurales, de cimentación, entorno y suelo; con el propósito de identificar carencias ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico, las cuales puedan mejorar su comportamiento sísmico. Cada característica evalúa el nivel de vulnerabilidad sísmica.

Por lo tanto, cada vivienda analizada se calificará como vulnerabilidad baja, media o alta, según la cantidad de características en común.

Figura 18: Ficha de verificación-a.c.i.s.

COMPONENTE	VULNERABILIDAD		
	BAJA	MEDIA	ALTA
ASPECTOS GEOMÉTRICOS			
• Irregularidad en planta de la edificación			
• Cantidad de muros en las dos direcciones			
• Irregularidad en altura			
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS			
• Calidad de las juntas de pega en mortero			
• Tipo y disposición de las unidades de mampostería			
• Calidad de las juntas de los materiales			
ASPECTOS ESTRUCTURALES			
• Muros confinados y reforzados			
• Detalles de columnas y vigas de confinamiento			
• Vigas de amarre o corona			
• Características de las aberturas			
• Entrepiso			
• Amarre de cubiertas			
CIMENTACIÓN			
SUELOS			
ENTORNO			
	BAJA	MEDIA	ALTA
CALIFICACIÓN GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA VIVIENDA			

FUENTE: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica 2001, Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismoresistente de viviendas de mampostería, Cap. II.

3.6.4. ANÁLISIS ESTÁTICO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA SEGÚN LA NORMA E.030

El Reglamento Nacional de Edificaciones proporciona normas que ayudan al análisis y diseño estructural de construcciones de diferentes materiales. Una norma

básica a tener en cuenta es la norma E. 030, Diseño Sismoresistente, con el propósito de realizar el análisis estático sísmico de una vivienda de albañilería.

Para el análisis sísmico estático de una vivienda autoconstruida de albañilería, se debe obtener los siguientes criterios según la Norma E.030 Diseño Sismoresistente:

- ZONIFICACIÓN.- Es la distribución del territorio a lo largo de su extensión en 4 zonas sísmicas, se observa en la figura 19, donde cada zona consta de un valor “Z” interpretado como aceleración máxima horizontal con la probabilidad de modificarse cada 50 años.

Figura 19: Zonificación



FUENTE: Norma E. 030 Diseño Sismoresistente, 2018, Figura N°1

- CONDICIONES GEOTÉCNICAS.- Se denominan a los suelos con condiciones únicas y existen 5 tipos de perfiles de suelo, del cual depende la velocidad de propagación de onda y la resistencia al corte: Roca dura (S_0), Roca o suelos muy rígidos (S_1), Suelos intermedios (S_2), Suelos blandos (S_3) y Suelos con condiciones especiales (S_4).

- **PARÁMETROS DE SITIO.-** Son factores que influyen en el análisis sísmico estático en relación a la zonificación y condición geotécnica. Dichos factores son:

El factor de suelo(S), factor de relación entre la zonificación y la condición geotécnica, es decir, una vez ubicado el tipo de zona (zonificación) y el tipo de perfil del suelo, se ubica el valor del factor de suelo mediante la tabla 3:

Tabla 4: Factor de suelo “s”

FACTOR DE SUELO “S”				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

FUENTE: Norma E. 030 Diseño Sismoresistente, 2018, Tabla N°3

El periodo (T), es el periodo fundamental de vibración de la estructura y son: T_p, periodo que define la plataforma del factor de ampliación sísmica “C”, y T_L, periodo que define el inicio de la zona del factor de ampliación sísmica “C” con desplazamiento constante. En la tabla 5, se muestra cómo encontrar el valor de T_p y T_L mediante el perfil de suelo.

Tabla 5: Periodos “tp y tl”

PERÍODOS “T _p ” Y “T _L ”				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

FUENTE: Norma E. 030 Diseño Sismoresistente, 2018, Tabla N°4

Factor de ampliación sísmica (C), es el factor de relación entre la aceleración de la estructura con respecto a la aceleración del suelo, y se puede hallar mediante las siguientes expresiones matemáticas:

$$Si: T < T_p, \text{ entonces } C = 2.5$$

$$Si: T_p < T < T_L, \text{ entonces } C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T_L}\right)$$

$$\text{Si: } T > T_L, \text{ entonces } C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

Donde, T es el periodo fundamental de vibración, y se puede hallar mediante la siguiente fórmula:

$$T = \frac{hn}{C_T}$$

Siendo, hn, la altura total de la edificación, y C_T, el valor designado para la resistencia de elementos con respecto a su dirección.

- **USO DE LA EDIFICACIÓN.-** Es la importancia que se da a una edificación, y pueden clasificarlo como: esenciales “A” (hospitales, instituciones educativas, etc.), importantes “B” (cine, bibliotecas, etc.), comunes “C” (viviendas, restaurantes, etc.) o temporales “D” (construcciones provisionales), donde cada una de ellas consta de un factor siendo 1.5 el mayor valor y 1 el menor valor.
- **SISTEMA ESTRUCTURAL.-** Son modelos físicos que conforman los elementos estructurales y cada uno de ellos poseen un coeficiente de reducción (R₀). En la tabla 6, se muestra los factores de reducción de acuerdo al sistema estructural.

Tabla 6: Sistema estructural y coeficiente de reducción

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R ₀ (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

FUENTE: Norma E. 030 Diseño Sismoresistente, Tabla N°7

- PESO DE LA EDIFICACIÓN (P).- Es el peso total de la edificación, el cual se obtiene mediante el metrado de cada elemento estructural y no estructural, separando en carga viva y muerta, respectivamente. El peso depende de la categoría de la edificación y pueden ser:

Categoría "A" o "B", donde: $W = CM + CV$. (50%)

Categoría "C": $W = CM + CV$. (25%)

- LA CORTANTE BASAL (V).- Es la acumulación de fuerzas cortantes de cada piso y está relacionado a los parámetros mencionados anteriormente: zonificación, condiciones geotécnicas, parámetros de sitio, uso de la edificación, sistema estructural y el peso total. La cortante basal se puede hallar mediante la siguiente expresión matemática:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P$$

- LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO.- O también denominado derivas, son los máximos desplazamientos laterales de entrepiso que una edificación pueda tolerar. Es la relación entre la cortante por piso entre la rigidez del mismo nivel, en la TABLA 7, se aprecia los desplazamientos límites de una edificación con respecto al material predominante.

Tabla 7: Límites para la distorsión del entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_w)
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

FUENTE: Norma E. 030 Diseño Sismoresistente, Tabla N°11

3.6.5. ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ADOBE SEGÚN LA NORMA E.080

Para el análisis sísmico de una vivienda de adobe se debe tener en consideración la norma E.080 Diseño y Construcción de Tierra reforzada, que proporciona los siguientes parámetros:

- **FACTOR DE SUELO (S).**- Es el valor que se le asigna al tipo de suelo En la tabla 8, se observa el factor de suelo en relación al tipo con la capacidad portante admisible del mismo.

Tabla 8: Factor de suelo “s”

Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg.f/cm ²	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg.f/cm ²	1,4

FUENTE: Norma E.080 Diseño y Construcción de Tierra Reforzada 2017, Tabla N°1

- **FACTOR DE USO (U).**- Es el valor que se le asigna al tipo de edificación, es decir, el servicio que se desarrolla dentro de ella. En la tabla 9, se muestra el factor de uso con respecto a tipo de edificación y densidad.

Tabla 9: Factor de uso “u”

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1,2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

FUENTE: Norma E.080 Diseño y Construcción de Tierra Reforzada 2017, Tabla N°2

- **COEFICIENTE SÍSMICO (C).**- Factor correspondiente a la edificación de tierra reforzada con respecto a la zona sísmica. En la Tabla10, se muestra el coeficiente sísmico de las 4 zonas.

Tabla 10: Coeficiente sísmico “c”

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

FUENTE: Norma E.080 Diseño y Construcción de Tierra Reforzada, Tabla N° 3

- PESO DE EDIFICACIÓN (P).- Es el peso total de edificación de tierra reforzada, incluye el peso de la carga muerta y el 50% de la carga viva.
- FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL (H).- Es la fuerza horizontal aplicada en los muros de la edificación, su cálculo incluye los factores de suelo, de uso y coeficiente sísmico; se halla mediante la siguiente fórmula:

$$H = S.U.C.P$$

- RESISTENCIA ÚLTIMA.- Es la resistencia de elementos estructurales sometidos a fuerzas uniaxiales en ensayos de laboratorio de esfuerzos. La resistencia última del muro a tracción indirecta o compresión diagonal, es de 0.025 MPa o 0.25 kgf/cm², dato según la Norma E.080.

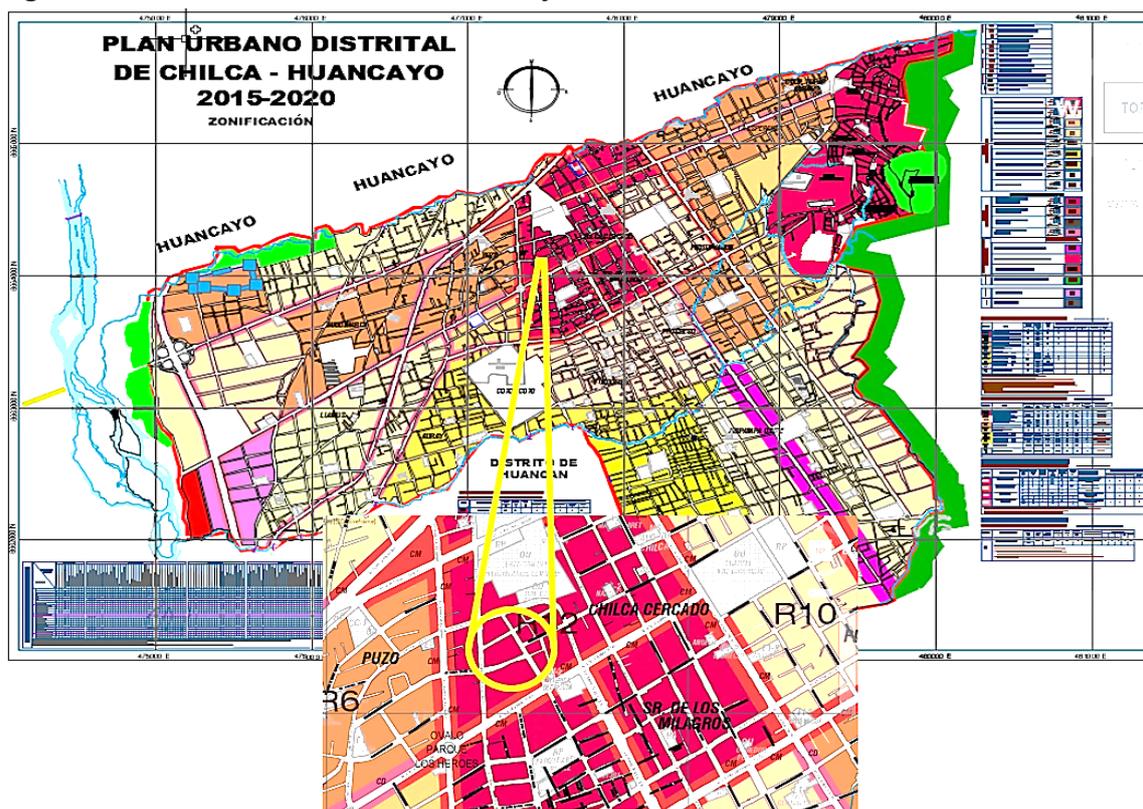
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ZONA DE TRABAJO

La investigación se desarrolló en las manzanas F, G y J, que pertenecen al barrio Chilca Cercado, como referencia, se encuentra a 2 cuadras del Parque de los Héroes del distrito de Chilca; ubicado en la provincia de Huancayo, departamento de Junín. En la figura 20 se muestra el plano de zonificación de Chilca y en ella se aprecia las manzanas que serán analizadas.

Figura 20: Delimitación de la zona de trabajo



FUENTE: Plano Urbano Distrital De Chilca-Huancayo 2015-2020

El distrito de Chilca se encuentra en el sur de la ciudad de Huancayo, a una distancia aproximada de 1 km. del centro de la ciudad y tiene como límites los siguientes distritos: por el norte el distrito de Huancayo, por el oeste la provincia de Chupaca, por el este el distrito de Huancayo y por el sur el distrito de Huancán.

4.2. DIFICULTADES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación hubo inconvenientes:

- Los propietarios se rehusaron a responder las preguntas de las fichas de evaluación, algunas estaban indispuestas y la mayoría simplemente no accedieron.
- El plano del Plan Urbano distrital de Chilca fue difícil conseguir, se hizo un pago para la adquisición de dicho documento actualizado. Era importante para la ubicación de la zona de trabajo.
- No hubo los planos de muchas viviendas, y las que tenían, no estaban completas, ya que sólo se encontró la parte de arquitectura.

4.3. . RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se hizo la encuesta a cada una de las viviendas del barrio Cercado Chilca, mediante las fichas de evaluación que se menciona en el capítulo III, en la sección 3.5, y de las cuales se obtuvo los siguientes resultados:

4.3.1. RESULTADOS SEGÚN INDECI

En la figura 15, se muestra la ficha de evaluación con las características importantes para el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica de la vivienda. A continuación, se presenta los resultados de cada característica con sus valores respectivos en tablas y figuras.

- MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACIÓN

La tabla 11, representa la cantidad de viviendas de acuerdo al valor asignado al material predominante de la edificación.

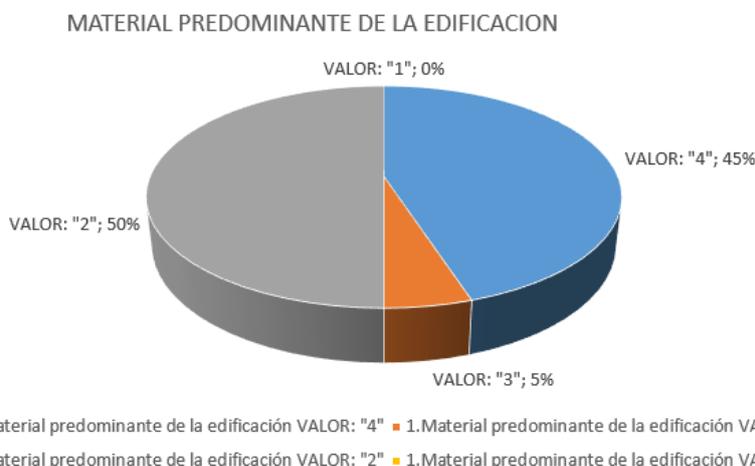
Tabla 11: Material predominante

CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA		1.Material predominante de la edificación				TOTAL
		VALOR: "4"	VALOR: "3"	VALOR: "2"	VALOR: "1"	
Numero de viviendas		18	2	20	0	40
Porcentaje		45%	5%	50%	0%	100%

1. MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACION							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Adobe ()		6 Adobe reforzado ()		8 Albañilería confinada ()		9 Concreto Armado ()	
2 Quincha ()		7 Albañilería ()	3			10 Acero ()	1
3 Mampostería ()					2		
4 Madera ()	4						
5 Otros ()							

FUENTE: Elaboración Propia

Figura21: Material predominante



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: El material predominante de la edificación, donde 20 viviendas (50%) son de albañilería confinada, 18 viviendas (45%) son de adobe y 2 viviendas (5%) son adobe reforzado o de albañilería.

- CONTÓ CON LA PARTICIPACIÓN DE INGENIERO CIVIL EN DISEÑO Y/O CONSTRUCCIÓN

La tabla 12, representa la cantidad de viviendas de acuerdo al valor asignado a la característica de la participación de ingeniero civil en diseño y/o construcción.

Tabla 12: Participación de un especialista

CARATERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	2. Conto con la participación de ingeniero civil en diseño y/o construcción				TOTAL
	VALOR: "4"	VALOR: "3"	VALOR: "2"	VALOR: "1"	
Numero de viviendas	21	0	16	3	40
Porcentaje	53%	0%	40%	8%	100%

2. LA EDIFICACION CONTÓ CON LA PARTICIPACION DE INGENIERO CIVIL EN EL DISEÑO Y/O CONSTRUCCION							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No ()	4	2 Solo Construcción ()	3	3 Solo diseño ()	3	4 Si, totalmente ()	1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 22: Participación de un especialista

PARTICIPACION DE INGENIERO CIVIL EN DISEÑO Y/O CONSTRUCCION



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 22, se presenta que: 21 viviendas (53%) no hubo participación de un ingeniero civil, en 16 viviendas (40%) hubo participación sólo en el diseño y en solo 3 viviendas (8%) hubo la participación de ingeniero civil en el diseño y construcción.

- ANTIGÜEDAD DE LA EDIFICACIÓN

La tabla 13, se muestra la cantidad de viviendas con respecto al valor asignado ante la característica de la antigüedad de la edificación.

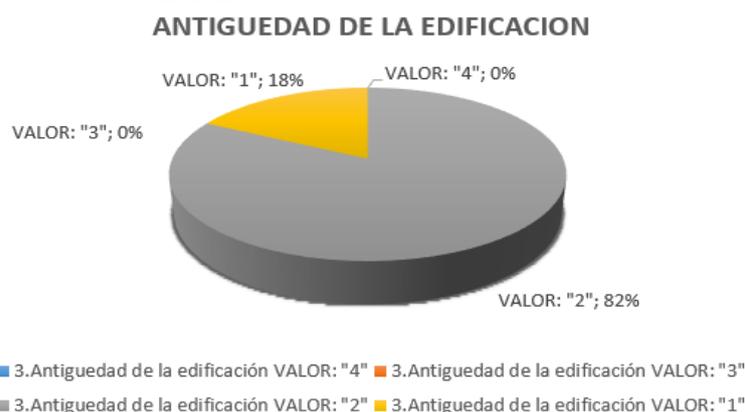
Tabla 13: Antigüedad de la vivienda

CARATERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	3.Antigüedad de la edificación				TOTAL
	VALOR: "4"	VALOR: "3"	VALOR: "2"	VALOR: "1"	
Numero de viviendas	0	0	33	7	40
Porcentaje	0%	0%	83%	18%	100%

3 ANTIGÜEDAD DE LA EDIFICACION							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Mas de 50 años ()	4	2 De 20 a 49 años ()	3	3 De 3 a 19 años ()	2	4 De 0 a 2 años ()	1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 23: Antigüedad de la vivienda



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 23, muestra que: 33 viviendas (83%) fueron construidas hace 3 a 19 años, que en su mayor parte son de adobe, y 7 viviendas (18%), todas de albañilería, fueron construidas hace 2 años.

- TIPO DE SUELO DE LA EDIFICACIÓN

La tabla 14, se muestra la cantidad de viviendas de acuerdo al valor asignado a la característica del tipo de suelo de la edificación.

Tabla 14: Tipo de suelo

CARATERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	4.Tipo de suelo				TOTAL
	VALOR: "4"	VALOR: "3"	VALOR: "2"	VALOR: "1"	
Numero de viviendas	0	1	39	0	40
Porcentaje	0%	3%	98%	0%	100%

4. TIPO DE SUELO							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Rellenos ()	4	4 Depósito de suelos finos ()	3	6 Granular fino y arcilloso ()	2	7 Suelos rocosos ()	1
2 Depósitos marinos ()		5 Arena de gran espesor ()					
3 Pantanosos, turba ()							

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 24: Tipo de suelo de la vivienda



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 24, muestra el resultado, donde: 39 viviendas (98%) se encuentran en suelo fino y arcillo y 1 vivienda (3%) se encuentra en arena de gran espesor.

- TOPOGRAFÍA DEL TERRENO DE LA VIVIENDA

La tabla 15, representa la cantidad de viviendas de acuerdo al valor asignado a la topografía del terreno de la vivienda.

Tabla 15: Topografía del terreno

CARACTERÍSTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	5. Topografía del terreno de la vivienda				TOTAL		
	VALOR: "4"	VALOR: "3"	VALOR: "2"	VALOR: "1"			
Numero de viviendas	0	0	0	40	40		
Porcentaje	0%	0%	0%	100%	100%		
5. TOPOGRAFIA DEL TERRENO DE LA VIVIENDA							
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Plana o Ligera	Valor
1 Mayor a 45%	() 4	2 Entre 45% a 20%	() 3	3 Entre 20% a 10%	() 2	4 Hasta 10%	() 1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 25: Topografía del terreno



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 25, muestra que: 40 viviendas (100%) encuestadas presenta una pendiente menor a 10% ya que la zona de estudio de Chilca tiene pendiente plana.

- **TOPOGRAFÍA DEL TERRENO COLINDANTE DE LA VIVIENDA**

La tabla 16, representa la cantidad de viviendas de acuerdo al valor asignado a la topografía del terreno colindante de la vivienda analizada.

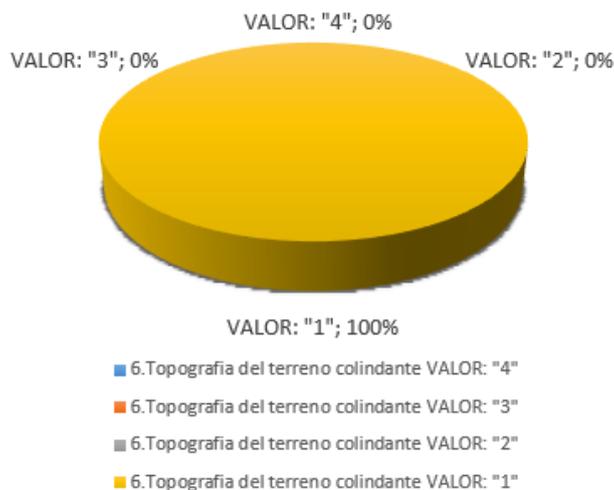
Tabla 16: Topografía del terreno colindante

CARATERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA		6.Topografia del terreno colindante				TOTAL	
		VALOR: "4"	VALOR: "3"	VALOR: "2"	VALOR: "1"		
Numero de viviendas		0	0	0	40	40	
Porcentaje		0%	0%	0%	100%	100%	
6. TOPOGRAFIA DEL TERRENO COLINDANTE A LA VIVIENDA Y/O EN AREA DE INFLUENCIA							
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Plana o Ligera	Valor
1 Mayor a 45%	() 4	2 Entre 45% a 20%	() 3	3 Entre 20% a 10%	() 2	4 Hasta 10%	() 1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 26: Topografía del terreno colindante

TOPOGRAFIA DEL TERRENO COLINDANTE



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 26, muestra que: 40 viviendas (100%) colindantes presentan una topografía plana con respecto a las viviendas encuestadas, es decir, la topografía es menor a 10%.

- CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN PLANTA

La tabla 17, representa la cantidad de viviendas encuestadas con respecto al valor asignado a la configuración geométrica en planta de la vivienda.

Tabla 17: Configuración geométrica en planta

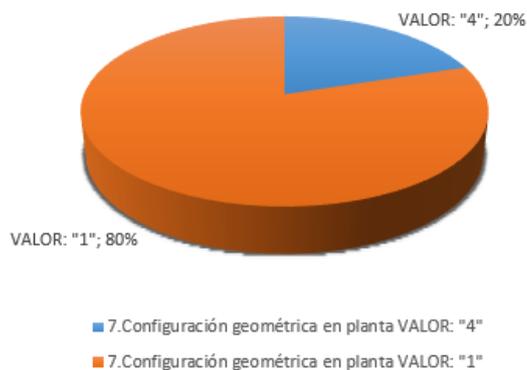
CARACTERÍSTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	7.Configuración geométrica en planta		
	VALOR: "4"	VALOR: "1"	TOTAL
Numero de viviendas	8	32	40
Porcentaje	20%	80%	100%

7. CONFIGURACIÓN GEOMETRICA EN PLANTA			
Características	Valor	Características	Valor
1 Irregular ()	4	2 Regular ()	1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 27: Configuración en planta

CONFIGURACION GEOMETRICA EN PLANTA



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 27, muestra que: 32 viviendas (80%) presentan una configuración geométrica regular y 8 viviendas (20%) presenta una configuración geométrica irregular.

- CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN PLANTA

La tabla 18, representa la cantidad de viviendas con respecto al valor asignado a la configuración geométrica en elevación de la vivienda.

Tabla 18: Configuración en elevación

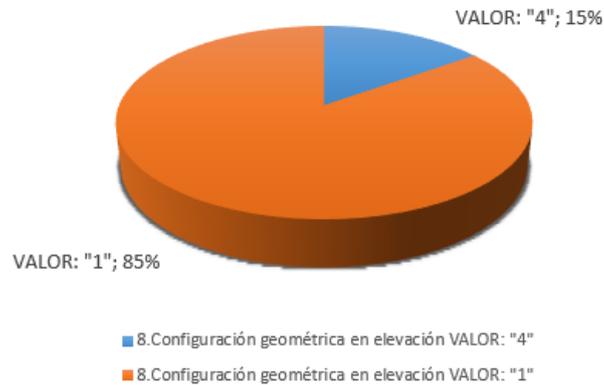
CARATERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	8.Configuración geométrica en elevación		TOTAL
	VALOR: "4"	VALOR: "1"	
Numero de viviendas	6	34	40
Porcentaje	15%	85%	100%

8. CONFIGURACION GEOMETRICA EN ELEVACION			
Características	Valor	Características	Valor
1 Irregular ()	4	2 Regular ()	1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 28: Configuración en elevación

CONFIGURACION GEOMETRICA EN ELEVACION



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 28, muestra que: 34 viviendas (85%) tienen una configuración geométrica en elevación regular y 6 viviendas (15%) tienen una configuración geométrica en elevación irregular.

- **JUNTAS DE DILATACIÓN**

En la tabla 19, representa la cantidad de viviendas en relación al valor asignado a la existencia de juntas de dilatación sísmica en las viviendas

Tabla 19: Juntas de dilatación

CARACTERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	9.Juntas de dilatación sísmica		TOTAL
	VALOR: "4"	VALOR: "1"	
Numero de viviendas	36	4	40
Porcentaje	90%	10%	100%

9. JUNTAS DE DILATACION SISMICA SON ACORDES A LA ESTRUCTURA			
Características	Valor	Características	Valor
1 No / No Existen ()	4	2 Si ()	1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 29: Juntas de dilatación

JUNTAS DE DILATACION SISMICA



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 29, muestra que: 36 viviendas (90%) no cuenta con juntas de dilatación sísmica acordes a la estructura y en 4 viviendas (10%) cuentan con juntas de dilatación sísmica

- EXISTENCIA DE CONCENTRACIÓN DE MASAS

La tabla 20, representa la cantidad de viviendas respecto al valor asignado a la presencia de concentración de masas en niveles superiores o inferiores.

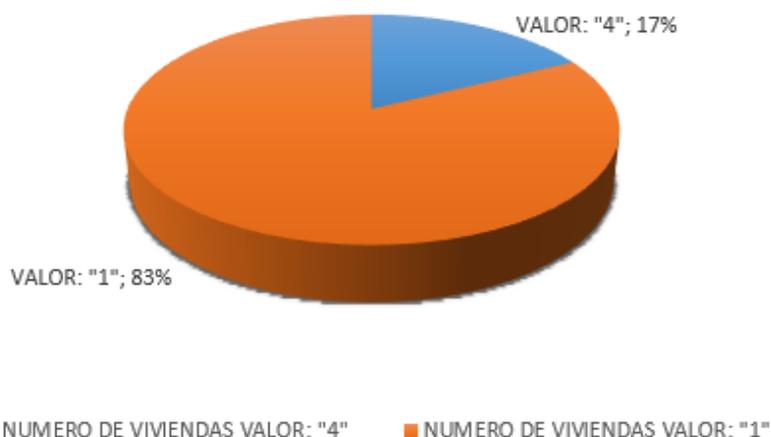
Tabla 20: Concentración de masas

CARACTERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	NUMERO DE VIVIENDAS		
	VALOR: "4"	VALOR: "1"	TOTAL
Numero de viviendas	7	33	40
Porcentaje	18%	83%	100%
10. EXISTE CONCENTRACION DE MASAS EN NIVELES ...			
Características	Valor	Características	Valor
1 Superiores ()	4	2 Inferiores ()	1

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 30: Concentración de masas

EXISTENCIA DE CONCENTRACION DE MASAS



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 30, se observa que: 33 viviendas (83%) presenta concentración de masas en los niveles inferiores y en 7 viviendas (17%) presenta concentración de masas en los niveles superiores sobre todo en las azoteas de las viviendas.

- **CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

La tabla 21, representa la cantidad de viviendas con respecto al valor asignado al estado de conservación de los principales elementos estructurales: cimiento, columnas, muros portantes, vigas y techos.

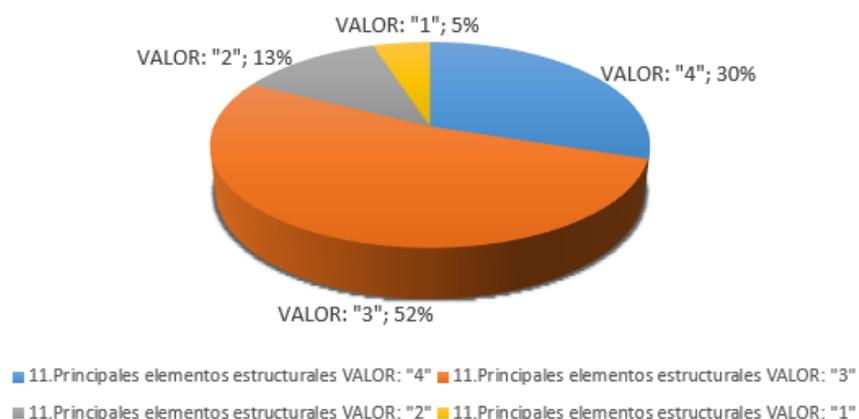
Tabla 21: Condición de principales elementos estructurales

CARATERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA		11.Principales elementos estructurales				TOTAL	
		VALOR: "4"	VALOR: "3"	VALOR: "2"	VALOR: "1"		
Numero de viviendas		12	21	5	2	40	
Porcentaje		30%	52%	13%	5%	100%	
11. EN LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES SE OBSERVA							
11.1 No existen/son Precarios	Valor	11.2 Deterioro y/o humedad	Valor	11.3 Regular estado	Valor	11.4 Buen estado	Valor
1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento Buen estado ()	
2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()	
3 Muros portantes ()	4	3 Muros portantes ()	3	3 Muros portantes ()	2	3 Muros portantes ()	1
4 Vigas ()		4 Vigas ()		4 Vigas ()		4 Vigas ()	
5 Techos ()		5 Techos ()		5 Techos ()		5 Techos ()	

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 31: Condición de los principales elementos estructurales

CONDICION DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 31, se aprecia que: 21 viviendas (52%) presentan deterioro y humedad en los principales elementos estructurales, en 12 viviendas (30%) existen daños relevantes en los elementos estructurales, 5 viviendas (13%) se encuentran en regular estado y sólo 2 viviendas (5%) están en buen estado.

- OTROS CARACTERÍSTICAS QUE INFLUYEN EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

La tabla 22, representa a la cantidad de viviendas con respecto al valor asignado a factores adicionales que influyen en el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas, como cargas laterales, debilitamiento por modificaciones, sobrecargas, etc.

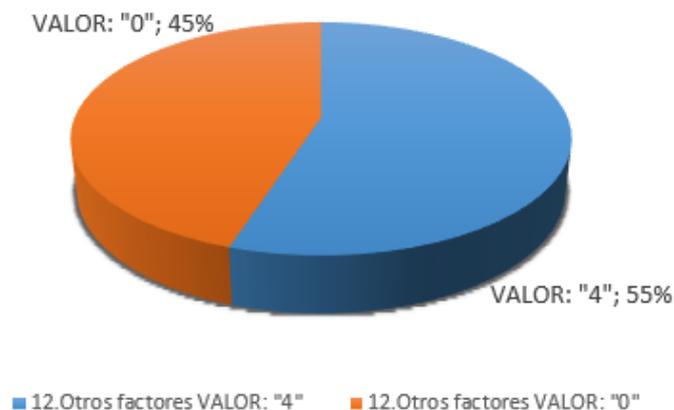
Tabla 22: Factores adicionales que influyen en la vulnerabilidad

CARACTERÍSTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA		12.Otros factores		
		VALOR: "4"	VALOR: "0"	TOTAL
Numero de viviendas		22	18	40
Porcentaje		55%	45%	100%

12 OTROS FACTORES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD POR ...							
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Humedad ()		4 Debilitamiento por modificaciones	()	6 Densidad de muros inadecuada	()	8 No aplica	()
2 Cargas laterales ()		5 Debilitamiento por sobrecarga	()	7 Otros.....	()		
3 Colapso elementos del entorno ()	4		4		4		0

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 32: Factores adicionales que influyen en la vulnerabilidad
OTROS FACTORES



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 32, se observa que en 22 viviendas (55%) existen factores como cargas laterales, debilitamiento por modificaciones o sobrecargas, etc., que influyen en la vulnerabilidad sísmica y en 18 viviendas (45%) no existen ningún factor que influye en la vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo.

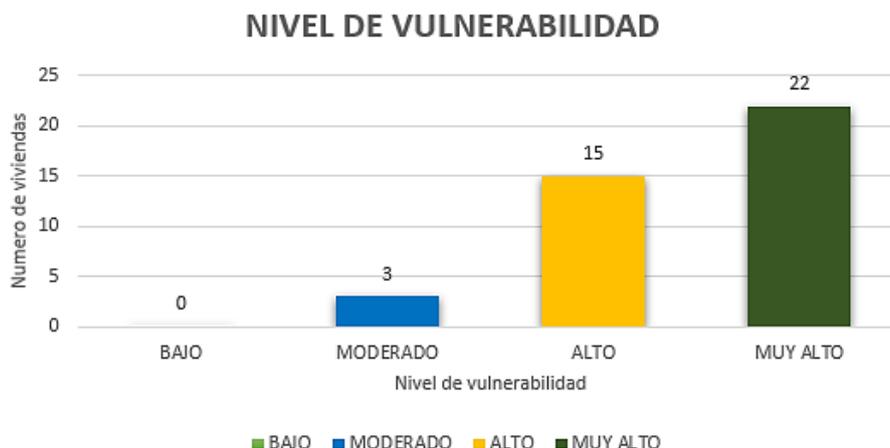
En la tabla 23, se presenta el resumen del número de viviendas con el nivel de vulnerabilidad sísmica de las 40 edificaciones encuestadas y analizadas.

Tabla 23: Resumen del nivel de vulnerabilidad sísmica

	RESUMEN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD SISMICA				TOTAL
	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	
numero de viviendas	0	3	15	22	40
porcentaje	0%	8%	38%	54%	100%

FUENTE: Elaboración Propia

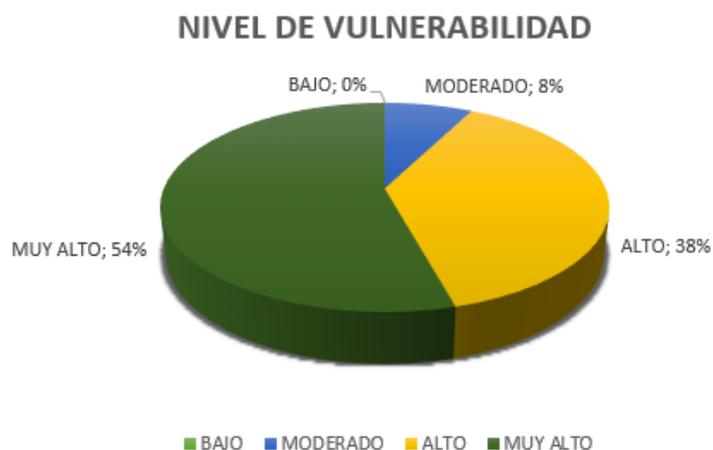
Figura 33: Resumen del número de viviendas con el nivel de vulnerabilidad sísmica



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 33, de las 40 edificaciones analizadas y encuestadas bajo la ficha de evaluación según INDECI, 22 viviendas presentan una vulnerabilidad sísmica muy alta, 15 viviendas presentan una vulnerabilidad alta, 3 viviendas presentan una vulnerabilidad moderada y ninguna vivienda presenta vulnerabilidad baja.

Figura 34: resumen del porcentaje de viviendas con el nivel de vulnerabilidad sísmica



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 34, se aprecia que: el 54% de las viviendas encuestadas tienen una vulnerabilidad sísmica muy alta, el 38% presentan vulnerabilidad sísmica alta y 8% presentan una vulnerabilidad sísmica moderada.

4.3.2. RESULTADOS SEGÚN ATC-21

En la figura 17, se presenta la ficha de inspección según el ATC-21 para el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica de la vivienda. Cabe resaltar que esta ficha es válida para viviendas de albañilería confinada. A continuación, se presenta el resultado final del análisis en tablas y figuras.

En los ANEXOS de la investigación se presenta las fichas de inspección de cada vivienda analizada con según el ATC-21. En la tabla 24 se muestra el puntaje de cada vivienda con su respectiva evaluación.

Tabla 24: Resumen de ficha de inspección con puntaje y evaluación

NUMERO DE VIVIENDA	PUNTAJE	EVALUACION DETALLADA	NUMERO DE VIVIENDA	PUNTAJE	EVALUACION DETALLADA
#1	NO APLICA	NO APLICA	#21	5.6	NO
#2	NO APLICA	NO APLICA	#22	NO APLICA	NO APLICA
#3	NO APLICA	NO APLICA	#23	NO APLICA	NO APLICA
#4	NO APLICA	NO APLICA	#24	NO APLICA	NO APLICA
#5	NO APLICA	NO APLICA	#25	5.6	NO
#6	NO APLICA	NO APLICA	#26	2.1	NO
#7	5.6	NO	#27	NO APLICA	NO APLICA
#8	2.1	NO	#28	5.1	NO
#9	NO APLICA	NO APLICA	#29	5.1	NO
#10	5.6	NO	#30	NO APLICA	NO APLICA
#11	5.1	NO	#31	5.6	NO
#12	NO APLICA	NO APLICA	#32	5.6	NO
#13	2.1	NO	#33	NO APLICA	NO APLICA
#14	NO APLICA	NO APLICA	#34	5.6	NO
#15	NO APLICA	NO APLICA	#35	NO APLICA	NO APLICA
#16	NO APLICA	NO APLICA	#36	5.6	NO
#17	5.6	NO	#37	2.1	NO
#18	NO APLICA	NO APLICA	#38	5.6	NO
#19	NO APLICA	NO APLICA	#39	2.1	NO
#20	5.6	NO	#40	1.6	SI

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 25: Resumen de la ficha de inspección según atc-21

NUMERO DE VIVIENDAS ANALIZADAS

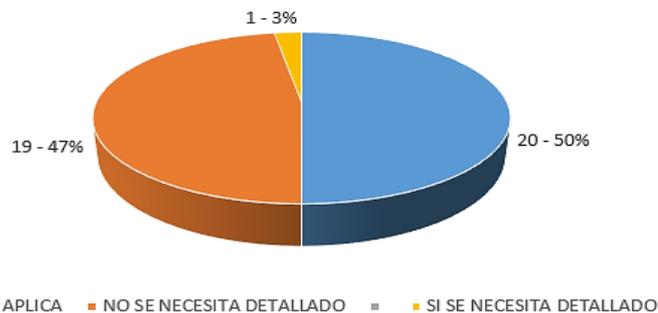
		TOTAL
NO APLICA		20
APLICA	NO SE NECESITA DETALLADO	19
	SI SE NECESITA DETALLADO	1
TOTAL DE VIVIENDAS		40

FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 25, se observa que la ficha de inspección no es aplicada en 20 viviendas debido a que son de material de adobe. Pero en las aplicables, 19 viviendas no necesitan detallado ya que la calificación resulta mayor a 2 y su nivel de vulnerabilidad es media a alta, y 1 vivienda si necesita detallado por tener una calificación inferior a 2 y por ende su vulnerabilidad es de baja a media.

Figura 35: Resumen de la ficha de inspección en porcentaje

ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 35, se observa que: el 50% de las viviendas no son aplicadas por la ficha de inspección, el 47% de las viviendas presentan vulnerabilidad media a alta y el 3% de las viviendas presentan vulnerabilidad baja a media.

4.3.3. RESULTADOS SEGÚN LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA

En la figura 18, se muestra la ficha de verificación empleada para el análisis de la vulnerabilidad sísmica que proporciona la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Las fichas de verificación utilizadas se detallan completamente en la sección de los ANEXOS. Se realizó el análisis de las 40 viviendas que a continuación se presenta en la tabla 26 de resumen, donde se resalta la mayor puntuación con respecto al nivel de vulnerabilidad sísmica de cada edificación.

Tabla 26: Resumen de la vulnerabilidad sísmica mediante puntuación

# DE VIVIENDA	VULNERABILIDAD			# DE VIVIENDA	VULNERABILIDAD		
	BAJA	MEDIA	ALTA		BAJA	MEDIA	ALTA
#1	4	8	3	#21	7	8	0
#2	4	7	4	#22	5	6	4
#3	4	10	1	#23	4	4	7
#4	4	3	8	#24	5	3	7
#5	2	10	3	#25	5	9	1
#6	3	5	7	#26	5	7	3
#7	5	3	7	#27	5	2	8
#8	6	8	1	#28	5	9	1
#9	4	4	7	#29	7	8	0
#10	8	6	1	#30	5	2	8
#11	1	6	8	#31	4	5	6
#12	7	7	1	#32	6	8	1
#13	4	10	1	#33	4	5	6
#14	4	3	8	#34	5	8	2
#15	4	1	10	#35	4	5	6
#16	4	5	6	#36	6	9	0
#17	6	9	0	#37	7	8	0
#18	3	7	5	#38	7	8	0
#19	2	7	6	#39	10	5	0
#20	5	9	1	#40	6	8	1

FUENTE: Elaboración Propia

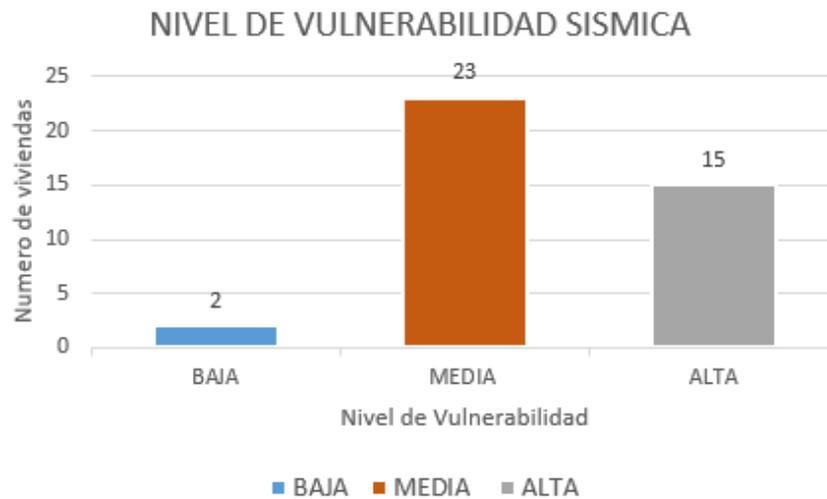
La tabla 27, muestra la cantidad de viviendas en relación al nivel de vulnerabilidad sísmica

Tabla 27: Nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas

	VULNERABILIDAD			TOTAL
	BAJA	MEDIA	ALTA	
TOTAL DE VIVIENDAS	2	23	15	40
	5%	58%	38%	100%

FUENTE: Elaboración Propia

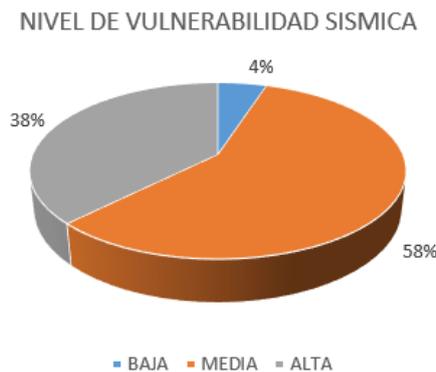
Figura 36: Cantidad de viviendas en relación al nivel de vulnerabilidad sísmica



FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 27, de acuerdo al análisis de los aspectos geométricos, constructivos, estructurales, de cimentación, de suelo y entorno, se observa que 15 viviendas presentan vulnerabilidad alta, 23 viviendas presentan vulnerabilidad sísmica media y 2 viviendas presentan vulnerabilidad sísmica baja.

Figura 37: Porcentaje de las viviendas en relación al nivel de vulnerabilidad sísmica



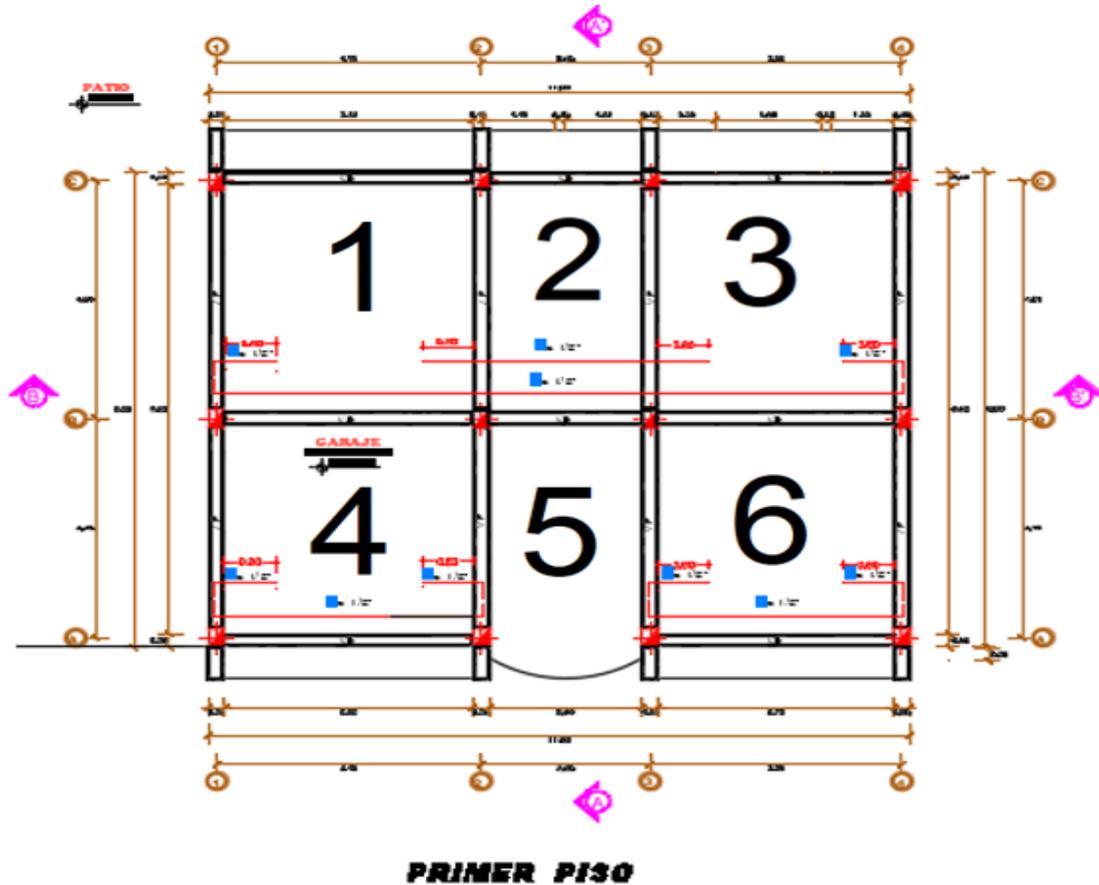
FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la figura 37, se observa que 38% de las viviendas analizadas presentan vulnerabilidad alta, el 58% presentan vulnerabilidad media y el 5% presentan vulnerabilidad relativamente baja.

4.3.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA BAJO LA NORMA E.030

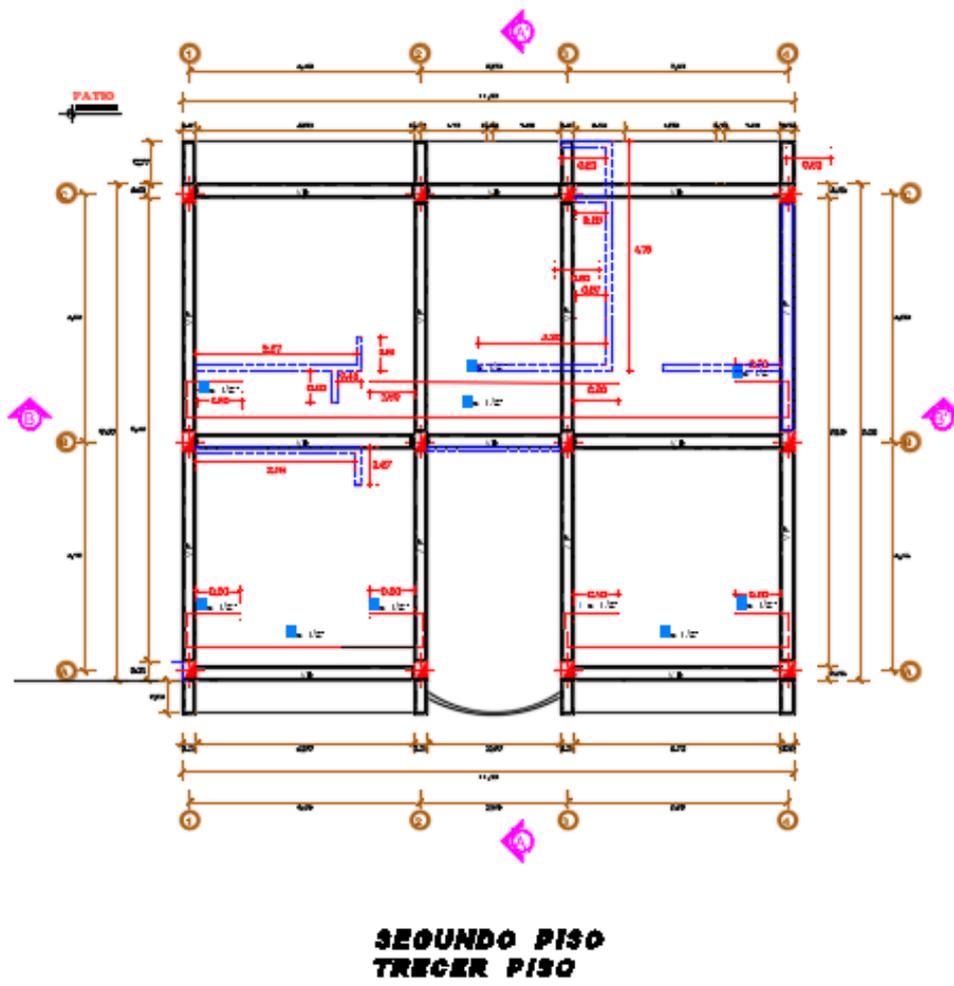
En la investigación se desarrolló el análisis estático sísmico de una vivienda de tres pisos de albañilería, cuyas dimensiones de columna y viga es 25 x 30. En las figuras 38,39 y 40, se muestran los planos de la vivienda de albañilería.

Figura 38: Plano en planta de vivienda de albañilería – 1° piso



FUENTE: Elaboración Propia

Figura 39: plano en planta de vivienda de albañilería-2° y 3° piso



FUENTE: Elaboración Propia

Figura 40: Plano en elevación de vivienda de albañilería



FUENTE: Elaboración Propia

Para el análisis, se realizó los siguientes cálculos con los parámetros mencionados en la sección 3.5.5. En la tabla 28 se presenta un cuadro de resumen de los valores utilizados.

Tabla 28: Resumen de criterios utilizados para el análisis sísmico estático

PARAMETROS	SIMBOLO	VALOR	REFERENCIA
ZONIFICACION	Z	3	Figura 19
FACTOR DE SUELO	S	1.15	Tabla 4
PLATAFORMA DEL FACTOR DE AMPLIACION	Tp	0.6	Tabla 5
INICIO DE LA ZONA DEL FACTOR DE AMPLIACION	TL	2	Tabla 5
FACTOR DE AMPLIACION SISMICA	C	2.5	Tp y TL
USO DE LA EDIFICACION	U	1	NormaE.030, tabla N°5
SISTEMA STRUCTURAL	R	En "X"=8 y en "Y"=6	Tabla 6

FUENTE: Elaboración Propia

Para el cálculo del peso de la edificación se utilizó los siguientes datos:

- Categoría C = 1000 kg/cm²
- Número de pisos = 3, h₁=3.04 m, h₂=2.50 m, h₃=2.5 m y azotea=1.0 m
- F'c = 210 kg/cm²
- Peso de piso terminado = 0.10 ton/m²
- Peso del concreto = 2.40 ton/m²

- Peso de parapeto = 0.06 ton/m²
- Sobrecarga = 0.2 ton/m²

En la tabla 29 se muestra el resultado de las áreas por cada paño y volado de edificación:

Tabla 29: Área de la edificación

PAÑO	=	LUZ LIBRE		AREAS	
		X	Y		
PAÑO 01	=	3.9	4.25	16.58	m ²
PAÑO 02	=	2.65	4.25	11.26	m ²
PAÑO 03	=	3.7	4.25	15.73	m ²
PAÑO 04	=	3.9	3.9	15.21	m ²
PAÑO 05	=	2.65	3.9	10.34	m ²
PAÑO 06	=	3.7	3.9	14.43	m ²
VOLADO 01	=	3.9	0.65	2.54	m ²
VOLADO 02	=	2.65	0.65	1.72	m ²
VOLADO 03	=	3.7	0.65	2.41	m ²
VOLADO 04	=	3.9	0.45	1.76	m ²
VOLADO 05	=	2.65	0.45	1.19	m ²
VOLADO 06	=	3.7	0.45	1.67	m ²
suma	=			94.81	m ²

FUENTE: Elaboración Propia

El peso de la edificación será la suma de los pesos por cada nivel, como se obtuvo el área por cada tramo, se realizó el metrado correspondiente de los elementos estructurales y no estructurales, se obtiene lo siguiente:

Tabla 30: Peso total de la edificación

NIVEL	CARGA MUERTA (CM)	CARGA VIVA (CV)	PESO "P"	
			CM + CV(25%)	
1° NIVEL	71.92 ton	18.96 ton	76.66	ton
2° NIVEL	71.34 ton	18.96 ton	76.08	ton
3° NIVEL +AZOTEA	83.49 ton	9.48 ton	85.86	ton
		TOTAL	238.60	ton

FUENTE: Elaboración Propia

El siguiente paso es obtener la cortante basal de la edificación para ambas direcciones, tanto para "X" como para "Y":

- ANÁLISIS EN LA DIRECCIÓN "X"

En la tabla 31, se presenta la cortante basal para la dirección "X", se tiene en consideración que R será igual a 7.2, debido a que existe irregularidad por geometría vertical (0.9), es decir, el valor inicial 8 será multiplicado por 0.9

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S \times P}{R}$$

$$V = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15 \times 238.60}{7.2}$$

$$V = 33.35 \text{ ton}$$

Tabla 31: Cortante por nivel en “x”

NIVEL	Altura acumulada H (Total)	PESO POR PISO (Ton)	P*H	%	Fi = % * V
3	8.04	85.86	690.33	51.33%	17.12
2	5.54	76.08	421.46	31.34%	10.45
1	3.04	76.66	233.04	17.33%	5.78
		SUMATORIA	1344.84	100.00%	33.35

FUENTE: Elaboración Propia

Una vez obtenida las cortantes por nivel, el siguiente paso es el cálculo de la rigidez por piso de la edificación por medio del método de los elementos flexibles En la tabla 32, se muestra el resultado de las rigideces.

Tabla 32: Rigidez por piso en la dirección “x”

RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA "X"	
K 1° PISO	39.87 ton/cm
K 2° PISO	52.11 ton/cm
K 3° PISO	52.11 ton/cm

FUENTE: Elaboración Propia

Por último, en la tabla 33 se presenta los límites de distorsión por piso.

Tabla 33: Resultado de las derivas por piso en “x”

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

FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 7, se presenta los límites de distorsión por entrepiso que nos proporciona la norma E.030; y en la tabla 33, se observa que no cumple con ningún nivel de la vivienda ya que supera el valor de 0.007. Por ende, en el caso que ocurra un sismo, la vivienda es vulnerable en la dirección X.

- ANÁLISIS EN LA DIRECCIÓN “Y”

En la tabla 34, se presenta la cortante basal para la dirección “Y”, se tiene en consideración que R será igual a 5.4, debido a que existe irregularidad por geometría vertical (0.9), es decir, el valor inicial 6 será multiplicado por 0.9.

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S \times P}{R}$$

$$V = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15 \times 238.60}{5.4}$$

$$V = 44.46 \text{ ton}$$

Tabla 34: Cortante por piso en “y”

NIVEL	H (Total)	PESO POR PISO (Ton)	P*H	%	Fi = % * V	V POR NIVEL
3	8.04	85.86	690.33	51.33%	22.82	22.82
2	5.54	76.08	421.46	31.34%	13.93	36.76
1	3.04	76.66	233.04	17.33%	7.70	44.46
SUMATORIA			1344.84	100.00%	44.46	

FUENTE: Elaboración Propia

Una vez obtenida las cortantes por piso, el siguiente paso es el cálculo de la rigidez por nivel de la edificación por medio del método de los elementos rígidos debido a

que existen muros portantes en la dirección “Y”, en la tabla 32 se muestra el resultado de las rigideces.

Tabla 35: Rigidez por nivel en “y”

RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA "Y"	
K 1° PISO=	18357.03363 ton/cm
K 2° PISO=	7675.041236 ton/cm
K 3° PISO=	3841.150013 ton/cm

FUENTE: Elaboración Propia

En la tabla 3 se presenta los límites de distorsión por piso en la dirección “Y”.

Tabla 36: Resultado de las derivas por piso en “y”

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

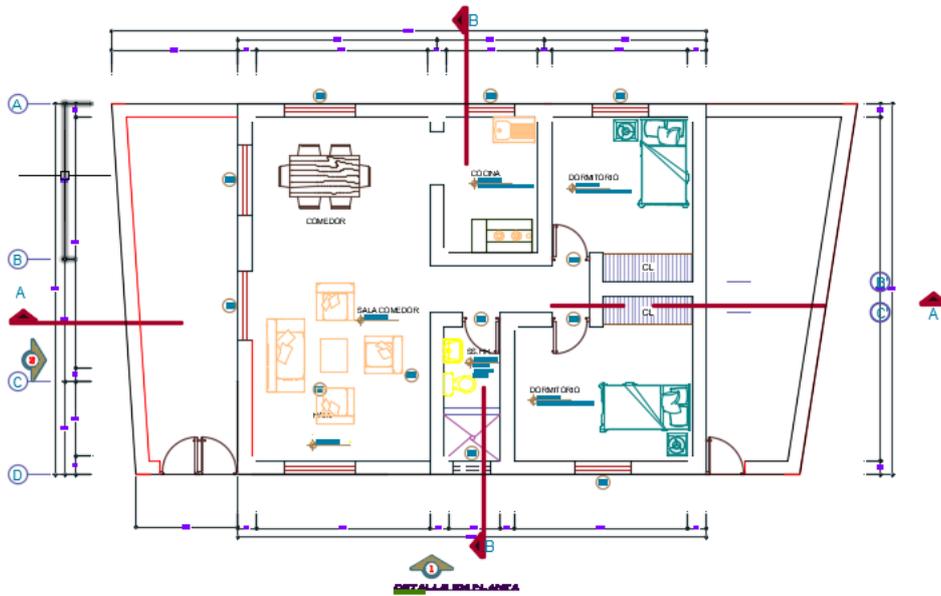
FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 7, se presenta los límites de distorsión por entrepiso que nos proporciona la norma E.030, en la tabla 36 se observa que cumple con las derivas por piso siendo menores al valor de 0.005 y no presenta vulnerabilidad sísmica en la dirección “Y”.

4.3.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ADOBE, BAJO LA NORMA E.080

En la investigación se desarrolló el análisis sísmico de una vivienda de adobe, en la figura 41 y en la figura 42 se muestra el plano en planta y el plano en elevación, respectivamente.

Figura 41: Plano en planta de la vivienda de adobe



FUENTE: Elaboración Propia

Figura 42: Vivienda de adobe



FUENTE: Elaboración Propia

En la sección 3.5.5, se detalla los parámetros para el análisis de una vivienda de tierra reforzada bajo la normativa E.080; en la tabla 37, se muestra los parámetros a utilizar para el cálculo de la fuerza sísmica a la vivienda de adobe.

Tabla 37: Parámetros para el cálculo de la fuerza sísmica

PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	REFERENCIA
FACTOR DE SUELO	S	1.4	Tabla 8
FACTOR DE USO	U	1	Tabla 9
COEFICIENTE SISMICO	C	0.2	Tabla 10

FUENTE: Elaboración Propia

El peso total será el resultado de la carga muerta más el 50% de la carga viva, donde la sobrecarga tendrá un valor de 0.2 ton/m². Una vez realizado el metrado, el peso de la carga muerta es 102.04 ton y la carga viva de 16.73 ton, por lo tanto, el peso total de edificación es 110.40 ton.

La fuerza sísmica “H” será mediante la fórmula, utilizando los parámetros obtenidos.

$$H = S.U.C.P$$

$$H = 1.4 \times 1 \times 0.2 \times 110.40$$

$$H = 30.91 \text{ ton}$$

En la tabla 38, se muestra la resistencia de los muros de ambas direcciones, tanto para “X” e “Y”. Para el cálculo de las áreas de los muros se tiene las siguientes medidas: altura igual 3.77 m, largo en x igual a 10.2 m y largo en “y” igual a 8.2 m.

Tabla 38: Resistencia de los muros para ambas direcciones

Area del muro x =	38.4540	Area del muro y =	30.9140
$\sigma_x =$	0.8039 ton/m ²	$\sigma_y =$	1.0000 ton/m ²
$\sigma_x =$	0.7886 kgf/cm ²	$\sigma_y =$	0.9810 kgf/cm ²
NO CUMPLE		NO CUMPLE	

FUENTE: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: Según la norma E.080, la resistencia ultima de los muros a tracción indirecta o compresión diagonal es 0.025 MPa o 0.25 kgf/cm², pero en la tabla 38 se observa que no cumple con la condición de la norma, por ende, la vivienda de adobe analizada es vulnerable ante la ocurrencia de un sismo.

CONCLUSIONES

1. La investigación nos muestra que según INDECI, el 54% de viviendas autoconstruidas presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica muy alto, el 38% presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica alto y el 8% presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica moderado; según el ATC 21, para el 50% de las viviendas autoconstruidas no se aplica la ficha por el motivo de que son de material de adobe, el 47% presentan un nivel de vulnerabilidad media a alta, y el 3% presentan un nivel de vulnerabilidad baja a media; y según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, el 38% de las viviendas autoconstruidas presentan una vulnerabilidad alta, el 58% presentan una vulnerabilidad media y el 4% presentan una vulnerabilidad baja. En conclusión, las viviendas autoconstruidas analizadas en el distrito de Chilca presentan vulnerabilidad sísmica alta y podrían colapsar ante un movimiento sísmico de intensidad V en la escala de Mercalli o de magnitud superior a 5.5 grados en la escala de Richter.
2. Las viviendas autoconstruidas de albañilería presentan alta vulnerabilidad sísmica debido a que no hubo participación de un ingeniero civil, el suelo presenta material granular fino y arcilloso por lo que tiene una capacidad portante de 0.89 kg/cm² que a comparación de otros distritos es bajo y es catalogado como zona crítica. Los tabiques observados no cuentan con arriostres, emplearon ladrillos King Kong de 18 huecos zonas voladizas, lo cual debilita la zona en volado.
3. Se concluye que los elementos estructurales como viga y columnas de la vivienda autoconstruida de albañilería bajo la normativa E.030 Diseño Sismoresistente, no han sido bien diseñados, los muros sólo presentan rigidez en la dirección "Y" más no en la dirección "X", donde las derivas están fuera del rango permitido (superan el límite de distorsión 0.007), por lo tanto, hace vulnerables sísmicamente. Cabe resaltar, que la vivienda presenta mayor densidad de muros en sentido perpendicular a la calle.
4. El 90% de las viviendas autoconstruidas analizadas no cuentan con juntas de dilatación sísmica, cabe decir que no existe ningún material que separe las viviendas colindantes una de otras; y el 10% que cuentan con las juntas de dilatación sísmica se encuentran en mal estado ya que son de poliestireno. En la investigación se visualizó que las todas las viviendas de albañilería tienen por lo menos una vivienda de adobe colindante. Y ambos tipos de construcción, no cuentan con sistemas de drenaje, por lo que existe filtración de agua al interior de la vivienda producto de las

lluvias, este acontecimiento provoca un debilitamiento en los elementos estructurales.

5. En las viviendas analizadas se observa que las viviendas de albañilería presentan concentración de masas en niveles superiores, tales como antenas de gran tamaño que se encuentran fijadas mediante alambres a las varillas de las columnas, por lo que provoca rajaduras en los elementos estructurales como en las no estructurales. Además, presentan grietas de 1 a 5 centímetros, en el caso de columnas se observan que tienen fisuras que varían entre 5 hasta 15 centímetro, que al ocurrir un fenómeno sísmico fuerte podría provocar el colapso de la estructura.
6. El 30% de las viviendas autoconstruidas analizadas en la investigación, presentan precariedad en su estructura, debido a características de la vivienda, tales como los muros y techos se encuentran en deterioro. Además, el 52% de las viviendas analizadas, en su totalidad viviendas de adobe, existe debilitamiento de muros debido a que la base y en la zona transversal se encuentran erosionadas debido al clima y no cuentan con ningún tipo de protección para ello, en consecuencia provocaría un colapso total ante la eventualidad de un movimiento sísmico, actualmente los muros de adobe se encuentran inclinadas. Sólo 2 viviendas tienen los elementos estructurales en buen estado.
7. Los materiales empleados en las viviendas no cumplen con la calidad necesaria para la construcción, ya que se observó que las unidades de albañilería tienen distintas tonalidades debido a la diferente cocción de cada una de ellas, el mortero empleado para aparejar ladrillos no tuvo una buena dosificación.
8. Todas las viviendas de albañilería analizadas se agravarían debido a que los propietarios planean extender de manera vertical sus viviendas lo cual presentaría deficiencias en exceso como fisuras y grietas, debido a que fueron realizadas por acto autoconstructivo. No habría reforzamiento alguno que pueda subsanar los daños que pueda fomentar un sismo de cualquier magnitud e intensidad.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda promover estudios de reforzamiento extensivo en las viviendas del distrito de Chilca con el fin reducir el grado de vulnerabilidad sísmica. Para las viviendas autoconstruidas de albañilería que existen deterioro en los elementos estructurales (vigas y columnas) y exposición de aceros a la intemperie por la falta de recubrimiento, se recomienda el reforzamiento con armaduras para ambos elementos estructurales insertando viga de amarre usando aceros de 3/8" y estribos de 1/4". Además, se pueden emplear planchas para fijaciones laterales para así evitar volcamiento en albañilería de relleno y tabiquerías.
2. Se recomienda que a las 40% de las viviendas analizadas, realizar el mejoramiento de los elementos estructurales, en el caso de las columnas utilizar epóxico para adherir el concreto viejo con el nuevo en los espacios que presentan pequeños desprendimientos en sus caras transversales. Además, utilizar un mortero de calidad excelente para un buen recubrimiento.
3. Ya que 25% de las viviendas de adobe se encuentran inclinadas; y presentan humedad y erosión en sus muros, se recomienda la demolición general de estos, ya que podrían provocar el colapso ante un movimiento sísmico leve dañando a las personas que transitan dentro o fuera de la vivienda. Además, al 53% de las viviendas se recomienda que sean rehabilitadas, realizando un diseño de concreto armado para cada elemento estructural, teniendo en cuenta las normas técnicas, principalmente la E.030, E.060 y E.080.
4. Para viviendas autoconstruidas de albañilería que presenta vigas y columnas que sufrieron daños o cambios en su capacidad de resistencia, se recomienda el encamisado de concreto armado. Consta en envolver el elemento estructural actual con una sección adicional de concreto armado, así se reforzará frente a fuerzas de compresión, flexión, cortante y torsión, previamente se debe realizar el diseño propio del elemento.
5. Para viviendas autoconstruidas de adobe con alta vulnerabilidad, se recomienda reforzar muros y puntos débiles con mallas electrosoldadas de manera vertical y horizontal, las cuales estarán enlazadas con conectores ubicadas cada 4 hiladas de adobe e inmediatamente cubrirla con mortero de cemento arena 1:4.
6. Otras recomendaciones para tomar medidas de prevención con ayuda de entidades públicas:

7. Se recomienda a las entidades responsables, Instituto Nacional de Defensa Civil y municipalidades ediles bajo la supervisión de profesionales y especialistas, en evaluar todas las construcciones de las viviendas de albañilería y adobe, y generar posibles rutas de evacuación en el interior de las viviendas que presentan un nivel de vulnerabilidad sísmico alto.
8. Se recomienda aplicar las metodologías empleadas en la investigación para otros barrios, distritos, provincias, caseríos, etc. Para informar a la población del nivel de vulnerabilidad de sus viviendas y tomar medidas de prevención con la ayuda de las autoridades encargadas.
9. Además, se recomienda realizar el análisis de las viviendas autoconstruidas en otros distritos y comparar el nivel de vulnerabilidad sísmica que presenta cada una de ellas en todo el Valle del Mantaro. Con el propósito de generar una base de datos de cada edificación y proponer alternativas de solución como reforzamiento, rehabilitación o en peor de los casos, la demolición de la vivienda.
10. Se recomienda realizar un estudio económico de las pérdidas que podría generar un sismo en todas las viviendas autoconstruidas del distrito de Chilca. Y, además, realizar un cuadro comparativo entre el costo entre viviendas seguras bajo normativas y viviendas informales.
11. Se recomienda elaborar mapas de zonificación de las viviendas que presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica baja, media y alta de toda la provincia de Huancayo, abarcando los principales distritos; para reconocer los daños que puedan sufrir las estructuras ante un potencial movimiento sísmico. Así obtener escenarios de riesgo sísmico en la población.
12. Se recomienda a los estudiantes que acabaron la universidad, extender la investigación sobre el nivel de vulnerabilidad sísmica en todos los distritos de Huancayo, y también desarrollar indagaciones de carácter multidisciplinario con el propósito de perfeccionar técnicas para la evaluación de las viviendas que fueron realizadas por actividades autoconstruidas.
13. Se recomienda la visita a las viviendas analizadas después de cada movimiento sísmico que suceda en el distrito, por más leve que sea, para visualizar la respuesta de las estructuras ante un sismo, y posteriormente realizar la evaluación del nivel de vulnerabilidad si presenta modificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alumnos de la Universidad Continental. Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica. Huancayo: Universidad Continental, 2013.
- ATC (Report ATC-21), Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Redwood City, 1988 (FEMA Report 154, July 1988).
- BLANCO, Antonio. Apuntes del Curso Concreto Armado 2. Lima: PUCP.2006.
- CARDONA, Omar. Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Boletín Técnico AIS No. 33. Bogotá, 1986.
- CASTRO, Deyvi. Vulnerabilidad Sísmica del Centro Histórico de la Ciudad de Jauja – Junín. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
- CENEPRED, "Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales", Perú 2014.
- DÍAZ, Alicia. Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la Ciudad de Cajamarca. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2015.
- FERNÁNDEZ, Alan, PÁRRAGA, Cintia. Vulnerabilidad Sísmica de Centros Educativos de Centros Educativos de Huancayo Metropolitano. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013.
- INDECI. Estudio para determinar el nivel de vulnerabilidad física ante la posible ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Lima 2006.
- INDECI. Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo, Vol. I, Huancayo, 2011.
- HERNÁNDEZ, Ulises. Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2002. 37 pp. ISBN: 8469995456
- HERRERA Indira. VIELMA Juan. PUJADES Lluís. Metodologías de Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios: Un Estado del Conocimiento. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2014.
- HIROSAWA, M., *Evaluation of Seismic Safety and Guidelines on Seismic Retrofitting Design of Existing Reinforced Concrete Buildings*, Tokyo, 1976, VI Seminar on Seismology and Earthquake Engineering for Structural Engineers, Tokio, 1988.

- KUROIWA, Julio. Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú, 1° Edición, Lima, 2002. 60 pp.
- LAUCATA, Johan. Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, 2013.
- LLANOS, Lina, VIDAL, Lina. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas Públicas de Cali: Una Propuesta Metodológica. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Santiago de Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, 2003.
- Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento. 2016. Norma E.030, Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- OPS, Guías para la mitigación de riesgos naturales en las instalaciones de la salud de los países de América Latina, Washington, D. C.1992.
- OTTAZZI, Gianfranco. Apuntes del Curso Concreto Armado 1. Fondo Editorial PUCP. Lima: PUCP. 2015
- ROMERO, Mirta. NAFA, Fernanda. CABALLERO, Manuel. CIUDAD Y RIESGO SÍSMICO: Metodologías para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica. San Juan: Universidad Nacional de San Juan. 2011.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.030 Diseño Sismoresistente. Capítulos 2,3 y 4: Perú 2016.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada. Capítulo II: Perú 2016.
- ROJAS, Yudy. Análisis del Riesgo Sísmico en las Edificaciones Informales en el Sector 5 Lado Este de Chupaca. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2017.
- SILGADO, Enrique. Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú, Boletín N°3, Lima: Instituto de Geología y Minería, 1978.
- SILVIA, Natalia. Vulnerabilidad Sísmica Estructural en Viviendas Sociales y Evaluación Preliminar de Riesgo Sísmico en la Región Metropolitana. Tesis (Magíster en Ciencias mención Geofísica). Santiago de Chile: Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2011
- Tarbuck E, Lutgens F, Tasa D. Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física. 8°ed. Madrid: Pearson; 2005.

ANEXOS

**DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA PARA CASOS DE SISMO
FICHA DE VERIFICACION**

A.- UBICACION GEOGRAFICA DE LA VIVIENDA

1. UBICACION GEOGRAFICA		2. UBICACION CATASTRAL		3. FECHA y HCRA		
1 Departamento	JUNIN	1 Zona N°		30	0CT	2018
2 Provincia	HUANCAVO	2 Manzana N°	F	od	mm	aa
3 Distrito	CHILCA	3 Lote N°	01	Hora // : 52 horas		

4. DIRECCION DE LA VIVIENDA								
1	2	3	4	5				
Avenida ()	Jirón (X)	Pasaje ()	Carretera ()	Otro: ()				
Nombre de la Calle, Av, Jr, etc.			Puerta N°	Interior	Piso	Mz	Lote	Km
JE HUMBOLODT			240					
Nombre de la Urbanización / Asentamiento Humano /Asoc. de vivienda /otros								
Referencia: A TRES CUADRAS DEL PARQUE DE LOS HEROES								

5. APELLIDOS Y NOMBRES DEL JEFE(A) DE HOGAR O ENTREVISTADO(A)			
Apellido Paterno	VILCHEZ		
Apellido Materno	VIVAS		
Nombres	VICENCIO LAO		6. DNI
			1 9 8 9 1 8 1 0

B.- INFORMACION DEL INMUEBLE POR OBSERVACION DIRECTA

1. DESDE EL EXTERIOR SE PUEDE OBSERVAR QUE :		2. LA VIVIENDA SE ENCUENTRA ...	
1 En caso de colapso, por el predominante deterioro, SI compromete al área colindante	()	1 Habitada	(X)
2 Ante posible colapso, por el predominante deterioro, NO compromete al área colindante	(X)	2 No habitada	()
3 No muestra precariedad	()	3 Habitada, pero sin ocupantes	()
4 No fue posible observar el estado general de la vivienda	()		

En caso la respuesta correspondiente a la vivienda se encuentra NO habitada se deberá pasar al campo N° 6 de la sección "C" y CONCLUIR LA VERIFICACION

C.- CARACTERISTICAS DEL TIPO DE VIVIENDA

1. CUENTA CON PUERTA INDEPENDIENTE		2. FORMA PARTE DE UN COMPLEJO		3. TOTAL DE OCUPANTES (Cantidad de personas)	
1 SI cuenta con puerta de calle	(X)	1 Multifamiliar horizontal	()	1 De la vivienda	
2 NO es parte de un complejo multifamiliar	()	2 Multifamiliar vertical	()	2 Del complejo multifamiliar (aproximado)	

4. CANTIDAD DE PISOS DE LA VIVIENDA		5. CANTIDAD DE PISOS DEL COMPLEJO MULTIFAMILIAR	
1 Cantidad de niveles superiores (incluido el 1° piso)	2	1 Cantidad de niveles superiores (incluido el 1° piso)	
2 Cantidad de niveles inferiores (subsuelos)	0	2 Cantidad de niveles inferiores (subsuelos)	
3 No aplica por ser vivienda unifamiliar		3 No aplica por ser vivienda unifamiliar	

6. FACTORES CRITICOS PARA LA DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD "MUY ALTO" o "ALTO":		
1 El inmueble se encuentra en un terreno inapropiado para edificar		()
2 Encontrarse el inmueble en una ubicación expuesta a derrumbes y/o deslizamientos		()
3 Otro: SUELO ARCILLOSO		(X)
4 Otro:		()
5 No aplica		()

De ser necesario, se deberá especificar los factores y tener en consideración esta información para la evaluación de las edificaciones colindantes.

D.- CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA											
1. MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Adobe ()		6 Adobe reforzado ()		8 Albañilería confinada ()		9 Concreto Armado ()		10 Acero ()	1		
2 Quircha ()	4	7 Albañilería ()	3								
3 Mampostería ()											
4 Madera ()											
5 Otras (X)											
2. LA EDIFICACION CONTO CON LA PARTICIPACION DE INGENIERO CIVIL EN EL DISEÑO Y/O CONSTRUCCION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No (X)	4	2 Solo Construcción ()	3	3 Solo diseño ()	3	4 Si, totalmente ()	1				
3. ANTIGÜEDAD DE LA EDIFICACION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Mas de 50 años ()	4	2 De 20 a 49 años ()	3	3 De 3 a 19 años ()	2	4 De 0 a 2 años (X)	1				
4. TIPO DE SUELO											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Rollenos ()		4 Depósito de suelos finos ()		6 Granular fino y arcilloso (X)		7 Suelos rocosos ()					
2 Depósitos marinos ()	4	5 Arena de gran espesor ()	3								
3 Pantanosos, turba ()											
5. TOPOGRAFIA DEL TERRENO DE LA VIVIENDA											
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Piana o Ligera	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Mayor a 45% ()	4	2 Entre 45% a 20% ()	3	3 Entre 20% a 10% ()	2	4 Hasta 13% (X)	1				
6. TOPOGRAFIA DEL TERRENO COLINDANTE A LA VIVIENDA Y/O EN AREA DE INFLUENCIA											
Muy Pronunciada	Valor	Pronunciada	Valor	Moderada	Valor	Piana o Ligera	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Mayor a 45% ()	4	2 Entre 45% a 20% ()	3	3 Entre 20% a 10% ()	2	4 Hasta 15% (X)	1				
7. CONFIGURACION GEOMETRICA EN PLANTA											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Irregular ()	4	2 Regular (X)	1	1 Irregular ()	4	2 Regular (X)	1				
8. CONFIGURACION GEOMETRICA EN ELEVACION											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Irregular ()	4	2 Regular (X)	1	1 Irregular ()	4	2 Regular (X)	1				
9. JUNTAS DE DILATACION SIGMA SON ACORDES A LA ESTRUCTURA											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No / No Existen (X)	4	2 S ()	1	1 Superiores ()	4	2 Inferiores (X)	1				
10. EXISTE CONCENTRACION DE MASAS EN NIVELES...											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 No / No Existen (X)	4	2 S ()	1	1 Superiores ()	4	2 Inferiores (X)	1				
11. EN LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES SE OBSERVA											
11.1 No existen/son Precaricos	Valor	11.2 Deterioro y/o humedad	Valor	11.3 Regular estado	Valor	11.4 Buen estado	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento ()		1 Cimiento ()	
2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()		2 Columnas ()	
3 Muros portantes ()	4	3 Muros portantes ()	3	3 Muros portantes (X)	2	3 Muros portantes ()		3 Muros portantes ()		3 Muros portantes ()	1
4 Vigas ()		4 Vigas ()		4 Vigas (X)		4 Vigas ()		4 Vigas ()		4 Vigas ()	
5 Techos ()		5 Techos ()		5 Techos (X)		5 Techos ()		5 Techos ()		5 Techos ()	
12. OTROS FACTORES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD POR											
Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 Humedad ()		4 Debilitamiento por modificaciones ()	4	3 Densidad de muros inadecuada (X)	4	6 No aplica ()					
2 Cargas laterales ()	4	5 Debilitamiento por sobrecarga ()		7 Otros ()							
3 Colepeo elementos del entorno ()											

E.- DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA

Jerarquear las variables más críticas de cada una de las etapas de la actividad

E.1.- SUMATORIA DE VALORES DE LA SECCION "D" CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA														
Σ	4	4	1	2	1	1	1	1	4	1	2	4	=	26
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	=	Total

E.2.- Calificación del Nivel de Vulnerabilidad de la vivienda

Nivel de Vulnerabilidad	Rango del Valor	Características del Nivel de Vulnerabilidad	Calificación Según E.1 (marcar con "X")
MUY ALTO	Mayor a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.	X
ALTO	Entre 18 a 24	En las condiciones actuales NO es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación; requiere cambios drásticos en la estructura.	
MODERADO	Entre 15 a 17	Requiere reforzamiento en potencial Zona de Seguridad Interna.	
BAJO	Hasta 14	En las condiciones actuales es posible acceder a una Zona de Seguridad dentro de la edificación.	

F.- RECOMENDACIONES DE CARÁCTER INMEDIATO PARA (EPE/A) DE HOGAR

Calificación viene de la sección "E"

Nivel de Vulnerabilidad	Recomendaciones Generales para caso de SISMOS (*)	Calificación (Inscripción %)
MUY ALTO	La Vivienda NO DEBE SER HABITADA Muy importantes: * Si el Nivel de Vulnerabilidad responde a factores inherentes al Tipo de Suelo, Ubicación y/o normas vigentes, la restricción del uso del terreno es Definitiva * Si el Nivel de Vulnerabilidad corresponde a elementos estructurales de la vivienda considerar reconstrucción si el uso del terreno es adecuado.	(X)
ALTO	En caso de Sismo se debe EVACUAR la edificación en forma inmediata ; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; Reforzar los elementos de la vía de evacuación, en caso de ser factible; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior ; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
MODERADO	Determinar y/o REFORZAR la potencial Zona de Seguridad Interna ; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; REFORZAR la vía de evacuación; Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible ; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior ; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
BAJO	Determinar la Zona de Seguridad Interna ; Determinar la vía de evacuación ; Reconocer la vía de evacuación , eliminar los elementos suspendidos que puedan caer y los obstáculos; Después de un Sismo se debe evacuar la edificación lo antes posible ; Reconocer la Zona de Seguridad Exterior ; Practicar los simulacros para casos de sismos, tanto municipales como familiares.	()
Otras recomendaciones:		

* Para viviendas cercanas al mar, tener en cuenta las recomendaciones para caso de tsunami

G.- RECOMENDACION REFERIDA A LA POTENCIAL "ZONA DE SEGURIDAD" Y/O "VIA DE EVACUACION"

El Nivel de Vulnerabilidad viene de la sección "E"

Nivel de Vulnerabilidad	Recomendaciones para la ZONA DE SEGURIDAD y/o VIA DE EVACUACION
MUY ALTO	NO aplica, la Vivienda NO ES HABITABLE
ALTO	NO aplica recomendación zona de seguridad interna Vía de evacuación recomendada: Hacer uso de la Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos
MODERADO	REFORZAR potencial Zona de Seguridad Interna recomendada: Área aproximadam ² Total de ocupantes: Zona de Seguridad para personas aprox. <i>Si la Zona de Seguridad no es suficiente para la cantidad de personas que la requieren, para el uso de esta área se deberá dar prioridad a las personas vulnerables (Ejemplo: Adulto Mayor, Niños, Madre Gestante y Personas con capacidades diferentes).</i> Vía de evacuación recomendada: Hacer uso de la Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos
BAJO	Potencial Zona de Seguridad Interna recomendada: Área aproximadam ² Total de ocupantes: Zona de Seguridad para personas aprox. <i>Si la Zona de Seguridad no es suficiente, para el uso de esta área se deberá priorizar a personas vulnerables (Ejemplo: Adulto Mayor, Niños, Madre Gestante y Personas con capacidades diferentes).</i> Vía de evacuación recomendada: Hacer uso de la Cartilla de recomendaciones para el hogar en caso de sismos

*Ficha elaborada por INDECI y adecuada por Danny J. Santos Quispe

Firma
WENCESLAO YUCHEZ VIVAS
Ingeniero APELADO de INDECI de Hogar y Defensa Civil

Firma
DANNY JUNIOR SANTOS QUISPE
Ingeniero y APRENDIZ de INDECI de Hogar y Defensa Civil

FICHA DE INSPECCION VISUAL RAPIDA DE MODERADA SISMICIDAD (ATC 21)

CROQUIS	<p>Dirección: Av. MARISCAL CASTILLA Y JIRON HUMBOLDT</p> <p>Nombre de la Edificación: Lote 06</p> <p>N° de bloque: Manzana "F"</p> <p>Año de Construcción: Antes 2010</p> <p>Area total de piso en m2: 175.3998 m2</p> <p>Fecha: 30-OCT.-2018</p> <p>Uso: Vivienda</p> <p>Zona de Importancia Sismica: 3</p> <p>Realizado por: Santos Quispe Danny Junior</p>
	FOTOGRAFIA

TIPO DE VIVIENDA	N° DE PERSONAS	TIPO										PELIGROS DE CAIDA			
		A	B	C	D	E	F	CHIMENEAS NO REFORZADAS		PARAPETOS	REVESTIMIENTO	OTRO			
UNIFAMILIAR	0-10	ROCA DURA	ROCA MEDIA	SUELO DENSO	SUELO RIGIDO	SUELO SUAVE	SUELO POBRE								
MULTIFAMILIAR	10-100														
PUNTAJACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTAJACIÓN FINAL S															
TIPO DE CONSTRUCCION	V1	V2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje Basica	5.2	4.8	3.6	3.6	3.8	3.6	3.6	3	3.6	3.2	3.2	3.2	3.6	3.4	3.4
Altura Mediana	N/A	N/A	0.4	0.4	N/A	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	N/A	0.4	0.4	0.4	-0.4
Altura Elevada	N/A	N/A	1.4	1.4	N/A	1.4	0.8	0.5	0.8	0.4	N/A	0.6	0.6	0.6	N/A
Irregularidad Vertical	-3.5	-3.0	-2	-2	N/A	-2	-2	-2	-2	-2	N/A	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Posibilidad de Golpeo	N/A	N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	N/A	-0.5	N/A	N/A	N/A	-0.5	N/A	N/A	N/A
Post. De Referencia	1.6	1.6	1.4	1.4	N/A	N/A	N/A	1.2	1.6	N/A	1.8	N/A	N/A	N/A	N/A
Suelo Tipo C (GM,GP)	-0.2	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Suelo Tipo D (SM,SC)	-0.6	-1.2	-1	-1.2	-1	-1	-1.2	-1	-1.2	-1	-1	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
Suelo Tipo E (ML,CL)	-1.2	-1.8	-1.6	-1.6	-1.6	1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
PUNTAJE FINAL S	5.1														
Comentarios:												REQUIERE EVALUACION DETALLADA			
												SI	NO	X	

FICHA DE INSPECCION SEGÚN LA ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA

Ubicacion: Av. MARISCAL CASTILLA Y JIRON HUMBOLDT

Lote: Lote 06, Mnazana "F"

Numero de vivienda encuestada: 11

Año de Construccion: Antes 2010

Area total de piso en m2: 175.3998 m2

Fecha: 30-OCT.-2018

Uso: Vivienda

Realizado por: Santos Quispe Danny Junior



COMPONENTE	VULNERABILIDAD		
	BAJA	MEDIA	ALTA
ASPECTOS GEOMETRICOS			
- Irregularidad en planta de la edificacion			X
- Cantidad de muros en las dos direcciones		X	
- Irregularidad en altura		X	
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS			
- Calidad de las juntas de pega en mortero			X
- Tipo y disposicion de las unidades de mamposteria		X	
- Calidad de las juntas de los materiales			X
ASPECTOS ESTRUCTURALES			
- Muros cofinados y reforzados			X
- Detalles de columnas y vigas de confinamiento			X
- Vigas de amarre o corona			X
- Caracteriticas de las aberturas			X
- Entrepiso		X	
- Amarre de cubiertas			X
CIMENTACION		X	
SUELOS		X	
ENTORNO	X		
CLASIFICACION GLOBAL DE LA VIVIENDA	1	6	8