

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas de adobe  
frente a un evento sísmico en el distrito de Llama –  
provincia de Mariscal Luzuriaga – Áncash**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor(es):**

Paul Liliani Flores Olortegui

**Asesor (a):**

Mg. Atilio Rubén Carranza López

ORCID:0000-0002-3631-2001

Huaraz – Perú

2020

Palabras clave

Tema	Vulnerabilidad física
Especialidad	Edificación

Keywords

Subject	Physical vulnerability
Specialty	Edification

<b>Línea de investigación</b>	Construcción y Gestión de la construcción
<b>Área</b>	Ingeniería
<b>Subarea</b>	Ingeniería Civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería civil

Título de la investigación

Análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas de adobe  
frente a un evento sísmico en el distrito de Llama – provincia  
de Mariscal Luzuriaga – Áncash

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar el nivel de vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama-provincia de Mariscal Luzuriaga-Áncash. La metodología es de tipo de investigación aplicada, descriptiva de diseño no experimental transversal. Para recopilar los datos se aplicó dos fichas de observación y una ficha de encuesta a las 35 viviendas de adobe, que conforman la muestra. La hipótesis planteada fue que sí existe un nivel alto de vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama. Los resultados obtenidos fueron, encontramos que el 88% de las casas tienen un nivel alto de vulnerabilidad física y un 12% presentan una vulnerabilidad física muy alta; asimismo, el 94% de las edificaciones fueron construidos sobre un terreno natural con muros expuestos a lluvias, el 100% de las viviendas poseen fisuramiento en muros, sin junta sísmica, sin plano y asesoramiento técnico y con leyes sin cumplir; también 65% tienen fallas por tracción y 28% fallas por corte. Se concluye, que la mayor parte de las viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad física alta, los cuales tienen fisuramiento en muros, fallas por tracción sin junta sísmica que se encuentran expuestos a lluvias por lo que fueron construidos en terrenos agrícolas, además, careen de un asesoramiento técnico y no cuentan con plan de edificación; por lo tanto, son vulnerables a colapsarse frente a un evento sísmico y ocasionar grandes pérdidas humanas, económicas y materiales.

## **Abstract**

The objective of this research work was to determine the level of physical vulnerability of adobe houses in the face of a seismic event in the district of Llama-province of Mariscal Luzuriaga-Áncash. The methodology is of the applied research type, descriptive of a non-experimental cross-sectional design. To collect the data, two observation cards and a survey card were applied to the 35 adobe houses, which make up the sample. The hypothesis was raised that there is a high level of physical vulnerability of adobe houses in the face of a seismic event in the Llama district. The results obtained were that 88% of the homes have a high level of physical vulnerability and 12% have a very high physical vulnerability; Likewise, 94% of the buildings were built on natural terrain with walls exposed to rain, 100% of the houses have cracks in the walls, without seismic joints, without plans and technical advice and with laws that have not been complied with; also 65% have tensile failures and 28% shear failures. It is concluded that most of the houses have a high level of physical vulnerability, which have cracking in the walls, traction failures without seismic joints that are exposed to rains, which is why they were built on agricultural land, in addition, they lack a technical advice and do not have a building plan; therefore, they are vulnerable to collapse in the face of a seismic event.

## Índice

Palabras clave .....	i
Título de la investigación .....	ii
<b>Resumen</b> .....	iii
Abstract .....	iv
Índice .....	v
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	24
<b>III. RESULTADOS</b> .....	28
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	35
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	38
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	39
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	40
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	46
<b>ANEXOS Y APÉNDICE</b> .....	47
<b>Anexo 2. Ficha de observación de campo</b> .....	49
Diseñado por Salazar (2016) .....	49
<b>Anexo 3. Consentimiento Informado para los propietarios de las viviendas</b> .....	50
<b>Anexo 4. Validación de Contenido de dos Fichas de Observación y una Ficha de Encuesta en el Distrito de Llama, Provincia Mariscal Luzuriaga, Áncash</b> .....	54
<b>Anexo 5. Operacionalización de las variables</b> .....	55
<b>Anexo 6. Fotografías de las viviendas de adobe evaluadas en el distrito de Llama</b> .....	55

Índice de tablas

<b>Tabla N° 01:</b> Vulnerabilidad Física, INDECI, 2006.....	12
<b>Tabla N° 02:</b> Técnicas e instrumentos de investigación.....	29

## Índice de figuras

<b>Figura N° 01.</b> Nivel de vulnerabilidad física.....	30
<b>Figura N° 02.</b> Terreno sobre la cual está posicionada la vivienda.....	31
<b>Figura N° 03.</b> Fisuramiento/ agrietamiento.....	31
<b>Figura N° 04.</b> Sistema estructural.....	32
<b>Figura N° 05.</b> Junta sísmica.....	32
<b>Figura N° 06.</b> Problemas en muros.....	33
<b>Figura N° 07.</b> Área de terreno.....	33
<b>Figura N° 08.</b> Cantidad de pisos.....	34
<b>Figura N° 09.</b> Tiempo de vida de la edificación.....	34
<b>Figura N° 10.</b> Asesoramiento técnico.....	35
<b>Figura N° 11.</b> Leyes existentes.....	35
<b>Figura N° 12.</b> Plano de vivienda.....	36
<b>Figura N° 13.</b> Fisuras por fallas.....	36

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la construcción de viviendas de adobe ha generado un hábitat informal en los países latinoamericanos, dichas zonas poseen una alta vulnerabilidad sísmica por la tipología de sus construcciones, por la ubicación y apropiación de los espacios (Granados, 2019). Según Velarde (2014) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2010) la materia prima más utilizada para la edificación de las viviendas es la tierra, donde se registró un 34% de las viviendas existentes son de tapial y adobe, estando así ocupadas por más de 10 millones de peruanos.

Las viviendas construidas a base del material adobe carecen de una resistencia sísmica y se ha demostrado que en los terremotos ocurridos en los últimos 50 años alrededor del mundo y del país, han generado innumerables pérdidas humanas, asimismo, los estudios que se han desarrollado sobre la vulnerabilidad física de las casas en nuestro país son muy alarmantes, como menciona la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) menciona que de todas las viviendas evaluadas, el 70% son autoconstruidas y son vulnerables ante cualquier evento de algún fenómeno natural.

Como menciona el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), en Áncash el 47.9% de las viviendas son construidos de adobe o tapial. Además, posee una cercanía con el mar por lo que es propenso a la presencia de eventos sísmico que puede ocasionar pérdidas materiales, económicas y humanas. Como bien se sabe que el fenómeno denominado terremoto más catastrófico y destructor de nuestra historia en nuestro país se produjo en la provincia de Yungay en mayo de 1970, el cual tuvo como resultado aproximadamente de 70 000 víctimas, entre muertos y sepultados (Paredes, 2016).

Es por ello la presente investigación brindará información precisa del nivel de vulnerabilidad física de las casas construidas a base de adobe frente a un evento sísmico, así también sobre las características generales del estado de las viviendas, las principales fallas. Lo cual beneficiará especialmente a la población del distrito de

Llama, a la municipalidad (área de desarrollo urbano rural) y autoridades locales para realizar la prevención y atención a las viviendas que son vulnerables frente a un evento sísmico.

Por esta razón se estudia a autores internacionales, tales como Caballero (2007), que en su investigación titulada *Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica por Medio del Método de Índice de vulnerabilidad en las Estructuras ubicadas en el Centro Histórico de Sincelejo Colombia*. Tuvo como objetivo general encontrar la vulnerabilidad sísmica del centro de la ciudad de Sincelejo, para ello utilizó el método del índice de Vulnerabilidad, para la determinación del daño esperado, si es que sucediera un sismo, utilizando la Tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para lo cual empleó la metodología de tipo cuantitativo descriptivo, la muestra fue de 28 edificaciones de adobe y 42 edificaciones de hormigón armado. En el resultado muestra que un 13,32% se ubican en índice de vulnerabilidad bajo, un 18,68% pertenecen a un índice de vulnerabilidad medio y por último un 68,01% poseen un índice de vulnerabilidad alto. Concluye que dicha Información Geográfica SIG cuenta con grandiosas mejorías para efectuar mapas, el análisis de peligro y riesgo sísmico.

También Llanos & Vidal (2003) realizaron una investigación denominada *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali, Colombia*. Tuvo por objetivo evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en instituciones educativas públicas en la ciudad de Cali, asimismo, identificar si existe el nivel de daño relacionado con el tipo, ubicación y el tiempo de la edificación. En relación a métodos tomaron en cuenta los análisis complejos 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 muestra estuvo conformada por 70 instituciones educativas. De lo cual obtuvo los resultados que el 88% de las Instituciones educativas presentaron un nivel alto de vulnerabilidad física. Frente a un movimiento sísmico y el 12% vulnerabilidad muy alta. Concluyen que, a

cada construcción se debe desarrollar apreciaciones; debido a la tipología, aspectos constructivos y tiempo de vida de la edificación, y una apreciación general de la vulnerabilidad sísmica de las instituciones.

Así también, Silva (2011) realiza una tesis titulada *vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana*, Chile. El objetivo fue evaluar el riesgo sísmico en ciertas comunidades de la región Metropolitana. Aplicó dos metodologías; clasificación de las estructuras según la escala de MSK-64 y cómputo del índice de densidad de muros planteado por Meli (1991). Por lo tanto, llegó a la conclusión que el problema se encuentra en las situaciones de vulnerabilidad por un deficiente orden territorial y la no existencia de investigación técnica profesional de viviendas, por ende, es importante perfeccionar el comportamiento de los edificios existentes a través de correcciones de normativas propuestas.

Además, en el ámbito nacional según Carhuachin & Miranda (2020), en su tesis titulado *Vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el caserío de Samne - distrito de Otuzco - departamento de la Libertad, 2020*. El objetivo es comprobar la vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un fenómeno natural denominado sísmico en el caserío de Samne. La metodología fue descriptiva de diseño preexperimental. Para obtener los datos se aplicaron una encuesta y dos fichas de observación a las 35 viviendas que conformaron la muestra de la investigación. Los resultados obtenidos muestran que: el 94% fueron construidos sobre un terreno natural, el 91% poseen fisuramiento en muros, el 94% fueron edificadas de adobe, el 100% no tienen junta sísmica. Asimismo, se hallaron que la vulnerabilidad física es alta con respecto “leyes existentes o normativas” con un 97,4% y 77,14% en la dimensión materiales de construcción. En el nivel de vulnerabilidad física fue alto con un 74,29%. Finalmente, concluye la principal falla es de tracción con 58,57% y

los daños encontrados a las viviendas esta la Erosión de bases debido las perforaciones en muros exteriores con 87,57% y el restante se atribuye a lluvias con 12,04%.

Del mismo modo, Santos (2019), en su trabajo de investigación titulado *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca, 2017*. Tuvo como objetivo general el nivel de vulnerabilidad sísmica en las 40 casas edificadas de adobe y albañilería en el distrito de Chilca, 2017. El método utilizado en mencionada investigación fue cualitativo, donde utilizó tres fichas de evaluación (método cualitativo – ATC 21, método Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y el método INDECI). La muestra estuvo conformada por 40 viviendas de adobe y de albañilería. Como resultado obtuvo que un 50% es de albañilería confinada, un 45% de adobe y 5% de adobe reforzado. Asimismo, se identificó que un 53% no tuvo intervención de un ingeniero civil, un 40% tuvo la intervención sólo en el diseño y un 8% sí tuvo la colaboración de un profesional ingeniero civil en el diseño y edificación. En conclusión, según la ficha de evaluación de INDECI a 40 construcciones, de los cuales 54% viviendas muestran una vulnerabilidad sísmico muy alta, 38 viviendas muestran una vulnerabilidad alta, 8% viviendas tienen una vulnerabilidad moderada y 0% viviendas poseen vulnerabilidad baja.

A su vez Rubio (2017) investigó sobre el *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe en el sector San Isidro, Jaén 2016 – Cajamarca*. Tuvo como objetivo hallar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las 50 casas de adobe en el sector San Isidro. Para ello utilizo la metodología descriptiva comparativo no experimental y empleó el procedimiento deductivo. La recolección de datos se realizó mediante la encuesta denomina ficha de verificación proporcionada por el INDECI. La muestra estuvo conformada por 50 viviendas de adobe. En el resultado obtuvo que un 26% de casas tienen un nivel de vulnerabilidad alto y un 74% poseen un nivel de vulnerabilidad muy alto. En conclusión, se ha observado que la autoconstrucción en esta zona es de práctica común y falta de orientación técnica en las edificaciones de adobe, que es manifestado con la apariencia de agrietamientos y fisuramientos, también de debe alas

inadecuadas ubicaciones de los vanos y una baja resistencia de los muros, además, carecen de cualquier de los refuerzos verticales y horizontales.

De la misma forma, Salazar (2016) investigó sobre *Evaluación del grado de vulnerabilidad física ante riesgos de sismo en el distrito de Agallpampa, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad*. El objetivo fue calcular el grado de vulnerabilidad para evaluar el comportamiento sismorresistente del 10% de las viviendas rurales del distrito. El método de la investigación fue no experimental y el diseño fue descriptivo. Para recoger información utilizó una ficha de observación de campo elaborado y validado por la misma autora. La muestra está conformada por 10 edificaciones de adobe. Dentro de los resultados muestra que 58% de las viviendas presentan una vulnerabilidad alta. Asimismo, encontró en las fallas estructurales: un 65,09% que son de tipo por falla por tracción, el 11,23% fallas por flexión y el 23,59% fallas por corte. En conclusión, las edificaciones en este lugar presentan un riesgo alto ante un evento sísmico que puede ocasionar pérdidas materiales y humanas.

De la misma manera Timoteo (2018) realizó un estudio titulado *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma – Junín*. Su objetivo planteado fue establecer su tipología de las edificaciones, apreciar su vulnerabilidad sísmica e índice de daño de las edificaciones, estar al tanto de la contestación estructural de las edificaciones que tienen mediana y alta vulnerabilidad subyugadas a sismos reales. La metodología es de enfoque cuantitativo y utilizó el método simplificadas y justificadas. Se empleó la técnica híbrida, composición de métodos de índice de vulnerabilidad y el método análisis dinámico tiempo-historia, y se aplicó una encuesta. La muestra estuvo conformada por 30 viviendas, de los cuales resultó que el 40% de índice de vulnerabilidad es alto y se apreció de las desventajas directas en las edificaciones mediante el índice de daño estimado en el precio de la edificación. En conclusión, analizando las dos tipologías, las casas que tiene la forma de una “L” tienen una vulnerabilidad alta con un 100%, entre tanto las casas rectangulares tienen una vulnerabilidad media de 52,2% y un 47,8% de vulnerabilidad alta.

También Álvarez (2015) realizó una investigación titulada *Vulnerabilidad sísmica de viviendas de adobe del Centro Poblado la Huaraclla, Jesús, Cajamarca*. El objetivo general fue establecer el nivel de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones construidas a base de adobe en dicho lugar. La metodología del estudio fue inductivo y el nivel descriptivo. Las técnicas que se emplearon para recolección y análisis de los datos fueron: ficha de observación y ficha de entrevista, además se empleó la ficha para recolección de antecedentes y hojas de cálculo Excel. La muestra estuvo conformada por 13 viviendas. En resultados muestra que el 38% no tuvo ningún tipo de asesoramiento el 62% que tuvo algún tipo de asesoramiento. También el 23% poseen una vulnerabilidad alta, 54% presenta una vulnerabilidad medio y un 23% posee vulnerabilidad baja. En conclusión, manifiesta que las materias primas usados en la edificación de las casas encuestadas son deficiente calidad. Constan de un incorrecto control de la calidad de los materiales. Los adobes utilizados en todas las casas, tienen una falta resistencia.

Del mismo modo Velarde (2014) realizó su investigación titulada *Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existentes en Lima*. Tuvo como objetivo principal el estudio de las estabildades estructurales de las edificaciones que existen de adobe de dos pisos en la zona de Canta, franja rural que tiene un riesgo sísmico alto, con el fin de determinar su período presente y planear lineamientos para la estabilización sísmica. La metodología fue de tipo cuantitativo no experimental. Para recoger la información se realizó la apreciación en campo para establecer la tipología arquitectónica y particularidades estructurales de las casas, así levantar los daños comunes. Después se ejecutó una estimación para definir elementos vulnerables y planear alcances de refuerzo. Por último, concluye que la falla por volteo en segundos pisos es debido a la falla potencial puesto que los muros tienen un mínimo agrietamiento que se ubican en vibración autónomos y al no haber un confinamiento hay grandes posibilidades de desmoronarse ante un evento sísmico severo.

Por último, en el ámbito local se tiene al investigador Rodríguez (2018), quien realizó una investigación titulada *Vulnerabilidad estructural ante el riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Cuchuna - Carhuaz*. Asumió como objetivo observar las particularidades del área y los cuadros que intervienen en la vulnerabilidad estructural de las edificaciones frente a un peligro sísmico. La metodología que se desarrolló fue de diseño no experimental transeccional. Utilizó herramientas interrogativas para la aplicación de encuestas a la muestra comprendida por 343 casas; para comprobar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones manejó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ). Los resultados demuestran que la zona donde ubica de la subcuenca Chuchun, por su característica, pendiente y susceptibilidad o exposición señalan condiciones de vulnerabilidad alta y muy alta. Asimismo, los resultados de la encuesta muestran que las edificaciones tienen escenarios de vulnerabilidad y frente a un evento sísmico las casas son crecidamente vulnerables. En conclusión las viviendas se ubican en suelos arcillosos y con pendientes ligeras.

En ese sentido, Tinoco (2014) realizó una investigación titulada *Determinación del grado de vulnerabilidad sísmica por medio del método índice de vulnerabilidad en las viviendas construidas con adobe en el caserío de Hornuyoc* – Carhuaz, Áncash. Como objetivo tuvo hallar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las casas edificadas a base de adobe. La metodología fue de tipo cuali-cuantitativo de diseño no experimental transversal, descriptivo/correlacional. Para lo cual utilizó el método italiano propuesto por Benedetti y Pitirini (1982). La muestra fue conformada por en las 81 viviendas de adobe. Los resultados demuestran la existencia de 11 viviendas con índice de vulnerabilidad media, que pertenece al 13,58% del total y 70 casas con índice de vulnerabilidad alta, que pertenece al 86,42%; por lo tanto, se concluye que el mayor porcentaje de las edificaciones poseen un índice de vulnerabilidad alta frente a un evento sísmica.

Para finalizar Cántaro & Cántaro (2012) desarrollaron una investigación titulada *Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda construida con adobe en el caserío de Tambo* – Recuay. El objetivo fue establecer la vulnerabilidad

sísmica de las casas edificadas de adobe en el caserío denominado Tambo-Recuay, Áncash. La metodología de la investigación fue cuantitativa de diseño descriptiva no experimental transversal. La muestra fue conformada por 24 viviendas de adobe. Como resultados obtuvieron: el 8% de las infraestructuras poseen el índice de vulnerabilidad media baja; un 33% tienen un índice de vulnerabilidad de media alta; y un 59% poseen un índice de vulnerabilidad alta. Por lo tanto, concluyen que más de un 50% de las edificaciones podrán sufrir fallas totales frente a un evento sísmico.

De las revisiones anteriores de los diferentes autores se presenta el marco teórico, donde se inicia por el término de sismo el Instituto Geofísico del Perú (2010) y Gómez (2018) definen al sismo como una independización de energía producida por un movimiento de inmensos cuerpos de rocas dentro de la planeta tierra, ya sea en la corteza terrestre y manto superior, que trascienden de una manera de oscilaciones a través de los otros estratos terrestres, también nuestro País se encuentra ubicado al margen de dos placas tectónicas, las cuales son la placa Sudamericana y la placa de Nazca situados entre el círculo del pacífico. Asimismo, Kuroiwa (2002) clasifica el sismo según su origen en tectónicos, volcánicos y de colapso.

También lo califica de acuerdo la hondura de su foco: Superficiales: cuando su foco se encuentra de 0 a 60 km (intermedios: cuando el foco de encuentra entre 60 a 300 km de hondura y profundos: cuando el foco se encuentra entre 300 a 700 km, siendo registrada esta la máxima profundidad focal.). La dimensión de un sismo se puede determinar por la intensidad, magnitud o por el momento sísmico (Marín, 2012).

En ese sentido, Kuroiwa (2002) menciona que la vulnerabilidad es una peculiaridad significativas para el estudio del peligro sísmico y la moderación de catástrofes naturales producidos por eventos sísmicos, la vulnerabilidad se define como el nivel de delicadeza de una o un conjunto de viviendas, a soportar averías parciales o totales, ya que podrían ser vidas humadas o cosas materiales, por lo tanto, se puntualiza como el grado de perjuicio que logran aguantar las construcciones

hechas por el hombre, frente a un evento sísmico y ello tiene que ver mucho con las peculiaridades de su diseño, de la calidad de los materiales directos utilizados y del apoyo técnico por un profesional durante su construcción.

Preexisten muchos métodos para estimar la vulnerabilidad sísmica en cada construcción, lo cual dependerá mucho de las cataduras estructurales, funcionales, operativas y urbanas, para que se pueda aportar informaciones verdaderas y útiles para la precaución de desastres naturales. Debido a una falta de un método modelo o patrón para estimar la vulnerabilidad sísmica, el método manejado obedecerá mucho de las características estructurales y de algunos alcances de la investigación.

En seguida, se hace mención al peligro sísmico como los efectos sociales y económicas permisibles ocasionadas debido a un sismo, la consecuencia de la falla de las estructuras cuya capacidad fue excedida por un sismo, cabe mencionar que es el grado de pérdidas esperadas de una estructura durante un determinado período, está determinado en función a la vulnerabilidad sísmica y al peligro sísmico. Respecto a ello se han dado conocimientos para crear y elaborar planes para la mitigación del riesgo sísmico, la cual se precisa como un ejercicio preventivo que se desarrolle antes de una ocurrencia de un fenómeno natural destructivo de la misma manera se intentara reducir sus consecuencias. Cabe mencionar, que todas estas medidas son tomadas para aumentar la resistencia, para mejorar el comportamiento de las edificaciones frente a un evento sísmico, para brindar mayor seguridad a las personas y para la disminución de las pérdidas económicas y pérdidas de las vidas y su impacto social. (Sauter, 1996).

En los primeros aportes se mencionó la relación que existe entre el peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica de las estructuras para el cálculo del riesgo sísmico, obviamente se logra ver, tal como se muestra, que el peligro no se puede cambiar debido a que es un elemento que depende mucho del ambiente, no obstante, se logra definir construir bien las estructuras y en zonas separadas de las fallas, rellenos, deslizamientos, avalanchas o de un alto potencial de licuefacción y, si es primordial, se aprendería a detalle la posibilidad de manejar técnicas de mejora de las

circunstancias del suelo, siempre buscando reducir los danos de una acción del terremoto.

En todo lo que respecta a la vulnerabilidad sísmica de las estructuras explicadas párrafos arriba, cabe mencionar que este factor puede ser controlado por el hombre, debido a que corresponde a la calidad de las construcciones, ello puede ser modificado utilizando algún método de refuerzo en las estructuras, también se puede hacer el cambio de uso de la edificación, con respecto a las edificaciones nuevas, esta puede ser controlada aplicando correctamente las normativas de sismorresistencia y manejando materias primas de buena calidad. En el tema de las edificaciones construidas se debe desarrollar estudios y evaluaciones para resolver su reforzamiento, cambio de uso, mejoramiento o demolición si fuera necesario.

Asimismo, es importante resaltar la conducta del sísmico en las edificaciones de adobe, debido a la Norma Técnica Peruana (E080), que, ante las oscilaciones sísmicas horizontales, cuando la tierra se sacude en una determinada orientación, dichas fuerzas de inercia que se crearán en los muros de una construcción serán en sentido inverso, ello ocasiona fallas de las edificaciones de adobe que debido a su baja resistencia en tracción y reducida adherencia entre el adobe y mortero. Se menciona algunos tipos de fallas que se muestran en las construcciones de adobe, por fallas de tracción, flexión y por corte.

Por otro lado, Peralta (2002) refiere que la vulnerabilidad física de una edificación es el grado de delicadeza de los componentes estructurales de una edificación que sufrirán daños y pérdidas, pueden ser de dos tipos, estructural y no estructural. También es relacionada con el tipo y la calidad de material utilizado ya sea en construcciones de casas, establecimientos económicos, salud, educación y entre otros, para asimilar los efectos del peligro Salazar (2016).

Las investigaciones manifestaron que las complicaciones de la vulnerabilidad se producen primordialmente por la mala unión de muros, por un mal proceso

constructivo, por la falta de protección ante lluvias, por la avería o erosión de los muros o por la acción de insectos que perforan los muros (Gómez, 2018).

Para el referente estudio, es de suma importancia elaborar un cuadro que debe de contener las cuatro primordiales variables e indicadores, según: el material de construcción utilizada en las casas, su localización, características geológicas donde están situadas y las normativas existentes.

A continuación, en la tabla *Nº 01* se presenta los grados o niveles de la vulnerabilidad física de las edificaciones de acuerdo a las cuatro variables ya señaladas. Es importante mencionar que dicha tabla puede ser adaptado para otros tipos de construcciones, eso dependerá a la región natural o centro poblado donde se realice la Estimación de Riesgo.

**Tabla Nº 01:** Vulnerabilidad Física (recuperado del Manual básico para la estimación del riesgo / Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil. Lima: INDECI, 2006.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD FISICA			
	VB	BM	BA	VMA
	<25%	26% a 50%	51% a 75%	76% a 100%
Material de construcción utilizada en viviendas.	Estructura sísmoresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero).	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva.	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales.	Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, es estado precario.
Localización de viviendas.	Muy alejada 5km	Medianamente cerca 1 a 5 km	Cercana 0.2 – 1km	Muy cercana 0.2 -0km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo.	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante.	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freático, alta conturba, material inorgánico, etc.)

Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas.	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento	Sin ley
------------------	------------------------------------	----------------------------------	----------------------------	---------

En ese sentido, se define al adobe como una unidad compacta de tierra sin cocer, por lo cual puede contener paja u otro tipo de materiales de la zona, que perfeccione su duración frente a agentes externos tales como lluvias, erosiones, perforaciones (Norma E.080, 2014).

El adobe es un unidad sólido de tierra más agua denominado barro, que se obtiene de una composición flexible de tierra arcillosa más arena más gravas de diferentes tamaños y fibras vegetales tales como la paja en una proporción aproximada de arcilla/limo 1, arena 55-64% y paja 1%, que se prepara en un molde sin fondo denominado adobera, puedes ser de madera o metal, preliminarmente empapado con aceite o inmerso en agua, y se prensa con unos golpes, después se levanta ligeramente el molde dejando a secar el adobe sobre una superficie plana (Yuste, 2012).

Las enunciaciones anteriormente indicadas conciernen a una unidad de adobe hecho tradicionalmente, pero hoy en día se han visto adelantos muy significativos para perfeccionar su calidad de resistencia, por ejemplo al agregar otros materias y perfeccionando la técnica en su elaboración, de esta manera se van implantando adobes de una mayor calidad de resistencia y ellos son denominados como adobes estabilizados, de la misma manera mejoran y aumentan su capacidad y su resistencia mecánica.

En el Perú, a pesar de estas mejoras y diversificaciones en la producción del adobe, aun no se toma en cuenta la existencia de estas valiosas informaciones para la elaboración de los adobes, aún más estas informaciones no llegan a las zonas retiradas de nuestro Perú, en donde el elemento principal para las edificación de las viviendas es el adobe, se han edificado y se seguirán edificando las casas con mencionado

material, con las particularidades y las fallas tradicionales, y como bien se sabe sin ningún apoyo de la ingeniería.

En seguida, se habla sobre las construcciones de adobe nuestro país. Según Tejada (2001) la edificación con tierra o adobe proveniente de tiempos muy antiguos en la existencia del ser humano.

Constan certezas prehistóricas de la presencia de adobes elaborados por el ser humano que vienen del octavo milenio antes de nuestro cristo, también es visto en el pueblo de Jericó, del mismo modo en el medio oriente. También en nuestro Perú se encontraron adobes similares, de formas cónicas como por ejemplo en, Huaca Prieta, en valle de Chicama, en Sechín Alto y en el valle de Casma. Se calcula que en el tercer milenio crearon la adobera o molde para fabricar los adobes.

La creación de moldes o también denominados adoberas facilitó al uso a grandes escalas. En Egipto, la arquitectura religiosa y funeraria de las primeras dinastías del antiguo imperio, fue realizada casi en su totalidad con adobe.

En América del sur prexisten remanentes que demuestran el uso prehistórico del tapial y adobe, como vemos, en nuestra zona costa peruana se puede hallar construcciones que existieron edificadas entre los años 5000 y 100 a.c., por ejemplo tenemos a la ciudad de Chanchán, a las pirámides del Sol y la Luna todos esto en Trujillo; también tenemos la fortaleza de Paramonga, el santuario de Pachacamac, la ciudad de Cajamarquilla, todo esto en Lima, los restos del valle de Huarco en Cañete y en Tambo de Mora en Chincha.

Debido a las pocas evidencias de los restos arqueológicos en la sierra peruana, preexiste una desigualdad notable como la construcción de San Pedro de Reachí, que se encuentra en Cusco, donde se observa la composición de piedra y adobe. No obstante, en nuestra costa y en nuestra sierra prexisten construcciones de adobe y tapial

que existieron elaboradas en la época colonial, la época en donde se propagó más el empleo del adobe en las construcciones.

En la zona sierra el adelanto del uso de la tecnología del adobe estuvo muy diferente, debido a la mayor ocurrencia de las lluvias y debido a la menor incidencia sísmica. Las construcciones fueron con muros robustos y se tuvieron que utilizar estructuras de madera para techarlo.

En la Época Republicana los adobes siguieron siendo usados y fueron acomodándose a los diferentes estilos arquitectónicos de la época. Durante la tercera década del siglo XX, se inició en Lima y luego en las diferentes ciudades y provincias, posteriormente se fueron introduciéndose los sistemas constructivos modernos denominados materiales nobles, se empezó con él uso del material noble o también llamado concreto.

Como bien se observa las edificaciones de adobe en el Perú datan desde años muy antiguos, lo demuestran los restos arqueológicos que asta en la actualidad se pueden observar, de manera que es muy evidente que las ilustraciones constructivas adquiridos y acumulados fueron muy reveladores. No obstante, con el pasar del tiempo éstos se han venido deteriorando o perdiéndose pausadamente por factores como los sismos, la lluvia la humedad y entre otros, como ocurren también con otros elementos de las culturas populares peruanas.

Sabemos muy bien que los factores tanto los terremotos y el factor agua sin duda son los primordiales factores de riesgo para las construcciones de adobe, para ello los progresos técnicos propuestos para su edificación, se sitúan especialmente a aumentar la resistencia frente a un evento sísmico y a mejorar su actuación frente a la presencia de agua. Se podría utilizar materiales industriales pero estos materiales podrían ser muy costosos para los pobladores; debido a esta razón las mejoras no son aceptadas ni tomadas de inmediato como sería lo deseable.

Como se mencionó páginas arriba, se reconoce las restricciones del uso del adobe, como también se difunde mucho su uso en las poblaciones del Perú, estos fueron los factores más significativos para emprender nuevos proyectos de investigación que mejoraran en algún momento la tecnología tradicional. Por ello se cuenta con bastante información técnica elaborada por diferentes centros de investigación, no obstante, entorpece por la dispersa información su uso y su aplicación en la edificación de inmuebles.

También se menciona las particularidades propias del adobe. Donde las particularidades principales de edificar con material adobe es por la economía, su bajo costo económico, debido a que los materiales utilizados, la tierra, es completamente adquirida en la zona en las canteras muy próximas a la construcción; puesto que las materias primas no locales que se necesitan son respectivamente poco y su costo no implica mucho en el monto total de una edificación. Además, fabricar los adobes y edificar con dichas unidades demanda sólo el empleo de fuerza humana y de energía solar. Su bajo costo, la parte económica es una de las razones determinantes para una masiva utilización por las localidades donde prevalece más la pobreza en nuestro país y el uso de materiales disponibles localmente confiere a las edificaciones de adobes adecuadas, características ecológicas y ambientales a la zona (Tejada, 2001)

Esta es una de las características del adobe, debido a su inercia térmica, que se identifica por la demora en el tiempo que se toma en calentarse y enfriarse, debido a ello las casas de adobe son cobijadas, por la noche debido a que en ese periodo los muros van restituyendo por radiación el calor acumulado durante el día; inversamente duran frescas durante el día, periodo por el cual los muros almacenan calor. Esta particularidad baja la necesidad de consumir energía para calentar o enfriar los ambientes y, adecuadamente diseñada, hace posible diseñar ambientes con características confortables y saludables.

También, hay edificaciones arcaicas típicas que poseen unos muros de adobe comprendidas entre 0.40 y 0.25 m. de grosor, y toman alturas desde 4 a 4.5 m, y las puertas son de 1.00 m de ancho por 2.10 m. de altura. Las ventanas cuentan con anchos variables dicho borde superior está a 2.10 m. Y los techos cuentan con viguetas de madera, o también coberturas de caña y de barro o paja. La cimentación en muchos casos es desarrollado base de concreto ciclópeo pobre de 0.50 de ancho y 0.80 a 1.00 m de profundidad. (Kuroiwa, 2002).

Debido a las ventajas y particularidades que ofrecen las edificaciones de adobe, dichas construcciones son las que poseen más daño frente a un evento sísmico, dicha desventaja se pudo observar en el terremoto del 31 de mayo de 1970 en la provincia de Yungay en donde el 90 % de las edificaciones perjudicadas fueron de adobe y debido a su colapso causaron más de 70000 muertes. También, del mismo modo hubo edificaciones de adobe que soportaron pasmosamente el terremoto, donde el daño fue grande pero algunas edificaciones de adobe soportaron dicho terremoto y en la actualidad están habitadas. (Kuroiwa, 2002)

Cabe considerar, que las principales imperfecciones que se muestran en una vivienda de adobe son: fallas por flexión, fallas corte y tracción. En seguida, se explica detalladamente.

Falla por tracción esto se originan importantemente a esfuerzos de tracción directa que es causado en uno de los muros al dar arriostre lateral a otros muros de la unión, este contexto se agrava cuando a este se le sobrepone los esfuerzos de flexión.

En este prototipo de las fallas los muros no portantes son las que cuentan con mayor vulnerabilidad, al no contar con el arriostre que aportan las vigas del techo, las cuales sirven de arriostre lateral, mientras no se exceda la fuerza de fricción.

Fallas por flexión, es frecuentemente es notado en las edificaciones de adobe que carecen de cualquier refuerzo, ante un evento sísmico las unidades de adobe de son muy frágiles. Constantemente debido a la baja resistencia a la tracción de la albañilería por eso se produce la falla en los amarres de los muros y en lo particular en las esquinas, iniciando por la parte superior, esto a su vez aísla muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, ocasionando el desprendimiento del muro fuera de su plano. (Norma E.0.80, 2014).

Constan variedades de fallas por flexión y generalmente estas obedecen de una esbeltez del muro, por ejemplo, se pueden mostrar grietas verticales en el centro superior de los muros largos, de gran esbeltez horizontal, desplomándose y formando una gran muesca de trayectoria curva en la parte central, debido a la gran separación de muros.

Fallas por corte, es generado principalmente por las fallas en los bordes (falla por tracción y flexión) esto se debe a que los muros cuentan con un mayor grosor de lo debido o porque existe un amarre al nivel superior de los muros, por ello también se produce otro tipo de falla, por eso surgen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal que toman formas de X y se produce cuando el muro trabaja como muro de corte, esto sucede particularmente en los esfuerzos tangenciales o en las juntas horizontales a causas de fuerzas cortantes en el plano del muro. Este tipo de fallas es de mucha particularidad debido a que las grietas toman una forma de X es muy común se muestren donde hay aberturas de ventana o puertas.

En relación a las implicancias, es necesario comentar sobre las primordiales particularidades que favorecen a la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe.

Constan particularidades y daños muy frecuentes en las viviendas construidas de adobe que favorecen a extender su vulnerabilidad sísmica. Comúnmente el tiempo de vida de las edificaciones y la avería de las particularidades mecánicas de sus

materiales crean que frente a un evento sísmico su capacidad de soporte de una manera muy mínima.

Continuando, se muestran algunas incertidumbres primordiales que dañan a las viviendas elaboradas a base de adobes en el Distrito de Llama.

Colocación de los muros, en las construcciones de adobe se incumben de respetar y reflexionar las medidas determinadas por la normativa. Se deben de considerar las estabildades de todos los muros de la edificación. Todo esto se conseguirá controlando bien la esbeltez y debido a la utilización de arriostres o refuerzos.

En Distrito de Llama hallamos una gran cantidad de viviendas construidas a base de adobe de 2 pisos que cuentan con paredes demasiados altos y no cuentan con ningún tipo de refuerzo, estas particularidades inquietan la verticalidad de los muros.

En las edificaciones se pueden apreciar muros demasiados altos con gran problema que es el deterioro de sus bases o de sus cimientos, esto debe a la falta de cuidado contra humedad y la lluvia, debido que este es un principal factor que ocasiona el desgaste de los muros en construcciones realizadas a base de adobe de adobe.

El ancho de las ventanas y puertas debe como máximo, asea los vanos deben ser de  $1/3$  del ancho de los muros y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no debe ser menor a 3 ni mayor a 5 veces el espesor del muro. Se menciona que la posición máxima debe de ser 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostrado al extremo.

Pérdida de verticalidad de los muros, es cuando una edificación carece de una verticalidad en sus muros, esto ocasiona mayores debilidades en los componentes estructurales y probablemente una baja conducta si es que sucediese un evento sísmico. Así mismo se logran mostrar fallas de inseguridad de algunos de los elementos debido

a que a la mala transferencia de cargas horizontales y verticales. Ello habitualmente se puede notar debido a asentamientos por no contar con una cimentación o a consecuencia de un movimiento sísmico. Esto particularmente se debe a los asentamientos por falta de cimentación o como resultado de un movimiento sísmico.

Conexión entre muros, esto se debe a la no existencia de una apropiada conexión o amare entre los muros de una edificación, ya sea en la trabe de los muros de adobe esto resta la limitación lateral de los muros. Lo cual provoca un alto desequilibrio en las propiedades estructurales verticales ante cargas perpendiculares a su plano, cabe mencionar ante un evento sísmico, esto desarrolla una alta probabilidad de desplome o desmoronamiento del muro ante un evento sísmico lo cual generará movimientos del suelo. Esto ocasionará grietas o fisuras debido a que existe una inadecuada conexión o amare entre los muros de una edificación, ocasionando un volteo del muro lateral y frontal

Entrepisos y ausencia de diafragmas, se puede ver por la inexistencia de un entrepiso que desempeñe la función de comportarse como un diafragma rígido en su propio plano, esto crea que la distribución de las cargas laterales influidas por un sismo sea prácticamente muy dañina, esto proporcionara el trabajo de fuerzas verticales enormes contra los muros ocasionando las conocidas fallas por flexión.

Anclajes y apoyos de elementos de entrepisos y cubiertas sobre muros, si bien es cierto se señaló primeramente la no existencia de una distancia de apoyos apropiadas entre las propiedades primordiales de los entrepisos, cubiertas, apoyos de vigas de entrepisos, balcones, etc. esto ocasionará un gran riesgo de volteo o colapso de los muros, proporcionando una pérdida de la estabilidad de la estructura debido a los deslizamientos provocados en los muros portantes, también se podrá crear grietas ocasionadas por la agrupación de esfuerzos, provocadas debido al trabajo y las sobrecargas en las vigas, transmitiendo así derechamente hacia los muros que absorben estas cargas.

En las construcciones de adobe en el distrito de Llama, se pueden observar que no tienen un método de unión o amarre adecuado entre los elementos de muros y entrepisos (viga collar), debido a esto se generan las grietas, por la agrupación de esfuerzos en las uniones directas entre vigas y muros produciendo las fallas denominadas punzonamiento, disminuyendo así la capacidad estructural.

Entrepisos muy flexibles o luces muy largas, esto es una de las particularidades importantes que dañan a las estructuras de una construcción de adobe esto se debe a que muestran una técnica de entepiso muy flexible o cuentan con luces muy largas creando así deflexiones verticales significativas las cuales ocasionarán daños en los elementos estructurales y no estructurales, la cual puede provocar al colapso parcial o total de la edificación.

La mala estructuración de la cubierta o el también denominado techo, generalmente esto ocasionarán las deflexiones y sobreesfuerzos en los elementos que los conforman. Ante la ocurrencia de un evento sísmico esto puede causar el colapso del techo y ocasionará algunos perjuicios significativos en los muros, cabe resaltar que las construcciones con cubiertas o también denominados techos demasiado pesadas y con una mala estructuración están demasiado expuestas a colapsar cuando se presenten cualquier tipo de eventos sísmicos.

En el Distrito de Llama la gran mayoría de las edificaciones antiguas y en la actualidad son construidas a base de adobes que cuentan con coberturas o techos muy pesadas, las coberturas o techos están elaboradas de maderas muy pesadas que son colocadas para poder colocar sobre ellas las tejas o calaminas que se vienen utilizando en la actualidad, son instaladas sobre tijerales o vigas de madera, debido al tiempo de vida y a su antigüedad estas estructuras están en un periodo de deterioro debido a que han soportado muchas inclemencias durante sus años de servicio, por ende cuentan con el riesgo de colapsarse en cualquier momento afectando así a sus ocupantes. Se observa construcciones a base de adobe típicas del distrito de Llama con estas características. Se observa cómo está deteriorada de la cubierta o techo en la parte

lateral, estas fallas si no se hacen mantenimientos periódicos y apropiados generaran goteras en la construcción, humedeciendo los muros de adobe, debilitando su capacidad estructural y agrandando el deterioro de la construcción de adobe.

Las Características mencionadas anteriormente debilitan la capacidad estructural de las construcciones de adobe, muchas veces la gran mayoría que otras. Por ello, si no se realizan manteamientos, el desperfecto de dichas construcciones será enorme, damnificando sus propiedades estructurales y del mismo modo aumentará la vulnerabilidad de las construcciones de adobe.

Debido a su actuación sísmica y a las particularidades que poseen las construcciones a base de adobe el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento a través del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.0.80 diseña y detalla que las edificaciones realizadas a base de adobes deberían de cumplir con las siguientes características generales:

- 1) Capaz de contar con longitudes considerables de los muros en cada orientación, si es viable todos portantes.
- 2) Contar con una planta que debe de ser simétrica, específicamente cuadrada.
- 3) Los vanos no deben ser demasiado grandes preferencialmente deben ser pequeños y centrados.
- 4) Viendo la esbeltez de los muros, se tomará una decisión de poner un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros de los muros.

La realidad problemática, de los últimos años es que las construcciones de las viviendas de adobe se han incrementado notablemente en las poblaciones que no poseen con los recursos económicos, es por ello se sabe que un 42.4% de la población de nuestro país, especialmente en los lugares alejados o provincias, no tienen la economía necesaria para la edificación de una vivienda que cumpla con la norma técnica (NTP. E080), la asesoría y supervisión de especialistas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014 y Santos, 2019). Es debido a ello que la gran mayoría de veces, eligen por las edificaciones informales de casas mediante terceras personas

no cuentan con ninguna autorización de las autoridades responsables, esto crea un nivel de vulnerabilidad física alta frente la ocurrencia de un evento sísmico.

Todas las viviendas de adobe son vulnerables ante un evento sísmico, ya que se ha demostrado que en los eventos sísmicos ocurridos en los últimos 50 años alrededor del mundo, han generado innumerables muertes. Por ejemplo, en Chile se han registrado los sismos más destructores, a pesar que cuenta con una norma de sismo resistencia, la informalidad de la población conlleva a que las viviendas estén sometidas a una alta vulnerabilidad sísmica debido a la mala construcción. (Timoteo, 2018).

El Perú se halla entre uno de los países con alta acción sísmica, debido a ello nuestro país está subyugado a construir y reorganizar su plan de mitigación de desastres naturales viendo el estado actual de las infraestructuras, principalmente en las edificaciones primordiales como son las escuelas que son ocupadas por una cantidad de seres humanos y las viviendas, teniendo en cuenta un especial cuidado con las construcciones hechas de adobe que debido a su calidad de material y técnica de su construcción son las más vulnerables ante un evento sísmico. (Kuroiwa, 2002).

Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2007), en el distrito de Llama, registró que el 100% de edificaciones son adobe, en la cual habitan más de 1025 personas. Además, la población sigue construyendo sus viviendas de adobe de manera masiva, sin el apoyo profesional ni técnico, debido a ello presentará fallas en la estructura frente a un evento sísmico ocasionado pérdidas humanas y materiales. El distrito de Llama es parte del departamento de Áncash está expuesto a esta dificultad debido a que no cuentan con ilustraciones que demuestren el estado actual de sus viviendas edificadas a base de adobe.

De lo anterior se puede justificar la presente investigación a nivel científico, práctico y social. Desde un punto de vista científico, es una investigación de valiosa calidad, debido a que cubrió un vacío teórico en relación a la vulnerabilidad física de

las viviendas de adobe frente a la ocurrencia de evento sísmico en el distrito de Llama, Mariscal Luzuriaga, Áncash. Asimismo, los resultados obtenidos permitirán a muchos investigadores, quienes se interesan en estudiar estas variables, en especial le facilitará a los ingenieros civiles o ingenieros de otras áreas.

Desde el punto de vista práctico y social, se justifica que el 98% de las viviendas en el distrito de Llama son construidas de adobe; frente a ello se obtendrá un diagnóstico del nivel de vulnerabilidad física frente a un evento sísmico, es decir, que se evaluará las características generales del estado de las viviendas, las principales fallas y variables como: materiales de edificación utilizado en las edificaciones, localización de viviendas, características geológicas, calidad y tipo de suelo y leyes existentes. Por lo tanto, brindará información idónea a entidades públicas como el Instituto de Defensa Civil (INDECI), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Gobierno Regional de Áncash; así también beneficiará específicamente a la población del distrito de Llama como la municipalidad (área de desarrollo urbano rural) y autoridades locales y provinciales, que, a partir de ello pueden implementar una guía técnica y programas para la mejora de las construcciones de las viviendas de adobe sismo resistentes para evitar las pérdidas humanas, económicas y materiales.

Con lo que se puede formular el problema a solucionar

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama – provincia de Mariscal Luzuriaga – Áncash

Para ello se planteó la siguiente hipótesis: hipótesis general es sí existe un alto nivel de vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama – provincia de Mariscal Luzuriaga – Áncash.

Además se planteó el objetivo general, determinar el nivel de vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama – provincia de Mariscal Luzuriaga – Áncash, de lo cual se desprende dos objetivos específicos como: realizar una descripción física de las características generales del

estado de las viviendas de adobe en el distrito de Llama – provincia de Mariscal Luzuriaga – Áncash e identificar las principales fallas en las viviendas de adobe en el de Llama – provincia de Mariscal Luzuriaga – Áncash.

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

Según Hernández, Fernández & Baptista (2017), definieron al tipo de investigación aplicada, como el tipo que usa las teorías relacionadas a la variable vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe, por ende, el reciente trabajo tuvo un tipo de investigación aplicada.

El reciente proyecto de investigación fue de enfoque cuantitativo, debido a que sigue un procedimiento estructurado y predecible en la recolección de datos de distintas fuentes de información, además se usan análisis y métodos estadísticos, el cual se basa en la medida numérica para obtener el resultado de la investigación (Hernández et al., 2014).

El diseño de investigación será no experimental transversal; debido a que las variables del presente estudio no serán manipuladas, tampoco controladas deliberadamente; sólo se observará los fenómenos en su ambiente natural tal y cómo se dan para analizarlos. Es transversal porque las mediciones y recolección de datos se desarrollará una sola vez en un tiempo y momento determinado (Hernández et al., 2014).

El nivel de investigación será descriptivo porque se busca describir las características de la población, en referencia al nivel de vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el distrito de Llama (Ato, López & Benavente, 2013; Supo, 2014).

## **2.2. Población, muestra y muestreo**

Para el presente estudio, se utilizará el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que los participantes cumplen con criterios específicos tanto de inclusión como de exclusión, por lo tanto, las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población, igual oportunidad de ser seleccionados. Además, se empleó la técnica de sujetos voluntarios (Hernández et al., 2014).

Se consideró como criterios de inclusión las viviendas de adobe en el distrito de Llama, las edificaciones deben contar con un propietario para la encuesta y la aceptación del consentimiento informado (ver anexo 4). Dentro de los criterios de exclusión, se tomó en cuenta la no aceptación del asentimiento informado.

La población está compuesta por 550 viviendas de adobe en el distrito de Llama y existen 1025 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2007). De los cuales como muestra está conformada 35 viviendas de adobe en el distrito mencionado.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de investigación**

Para la obtención de datos se utilizará una ficha de observación y una ficha de encuesta validado y utilizado por Carhuachin y Miranda (2020), y otra ficha de observación de campo adaptado y validado por Salazar (2016), a continuación, se describe a cada uno.

La ficha de observación (anexo 1) brindará información en relación al problema de ubicación (pendiente del terreno, tipo de cimentación, terreno sobre el cual está posicionado), estructuración (sistema estructural, irregularidad y junta sísmica), daños en muros (problemas en muros), daños en techos (anomalías constructivas) y factores degradantes (efluencia en muros, fisuración o agrietamiento, y cangrejas). Consta de 11 alternativas.

La ficha de encuesta (anexo 2), consiste en recabar información sobre el área total del terreno, cantidad de pisos, tiempo de vida de la edificación, asesoramiento técnico y planos de vivienda. Por lo tanto, las preguntas cuestionadas a los propietarios es información fundamental de la vivienda.

Esta ficha consta de 5 preguntas en respuesta de alternativas (a, b y c), incluso cuenta con un espacio para realizar un esquema de vivienda.

Para dar la validez a la información obtenida de las dos fichas mencionadas, Carhuachin y Miranda (2020), se contaron con tres jueces expertos quienes evaluaron las fichas a nivel de claridad, coherencia y representatividad obteniendo un V de Aiken de 0.98 y un valor de 95% del nivel de confianza, que indica la probabilidad de los resultados de la investigación sean ciertos.

Ficha de observación de campo (ver anexo 3), es una investigación estructurada que consiste en recabar información sobre el estado estructural y nivel de vulnerabilidad de las viviendas de adobe, a través de fisura por falla en tracción, flexión, corte, las bases de muros y otros para identificar el nivel de vulnerabilidad física, donde la vulnerabilidad bajo es menor a 25%; vulnerabilidad media de 26 % a 50 %; vulnerabilidad alta 55% al 75% y vulnerabilidad muy alta 76% al 100%. Todo esto en relación a cuatro variables material de construcción utilizada en viviendas, localización de viviendas, características geológicas (calidad y tipo de suelo) y leyes existentes.

Salazar (2016), valida esta ficha elaborada con ayuda de los jueces expertos, en la cual menciona que la observación tiene mucha claridad. Esta observación permite realizar un estudio preciso de las patronas que quieren medirse y observar. Además, es una observación estructura por lo tanto es idónea al momento de aplicar. Además, es muy objetiva y precisa para obtener la información requerida.

**Tabla N° 02.** Técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
Viviendas de adobe	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver Anexo	Bibliotecas físicas y virtuales
	Diagnóstico	Ficha de observación, de campo,	INDECI
	Observación	Ficha de encuesta	Ministerio de vivienda construcción y saneamiento.
Capacidad física frente a un evento sísmico	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver anexo	Investigador Bibliotecas físicas y virtuales

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

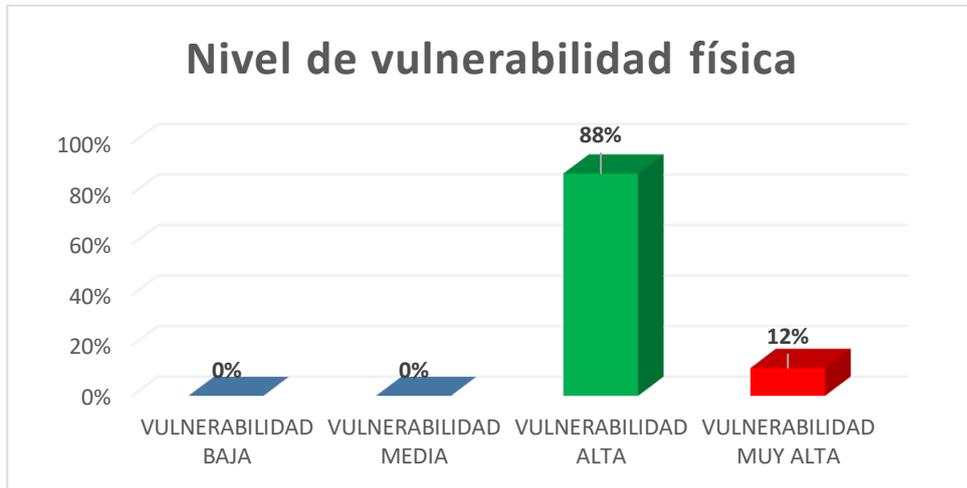
#### **2.4. Procesamiento y análisis de la información**

Después de obtener los datos, se realizará los análisis por vivienda. Como primer paso, se procesará los datos al Excel para luego ingresar los datos al programa SPSS versión 23 para realizar tablas de resumen y gráficos de barras para verificar los resultados de los cálculos de vulnerabilidad física.

Seguidamente se hallarán el análisis descriptivo: media, desviación estándar, y rango promedio, asimismo se realizará las frecuencias y porcentajes del nivel de vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico.

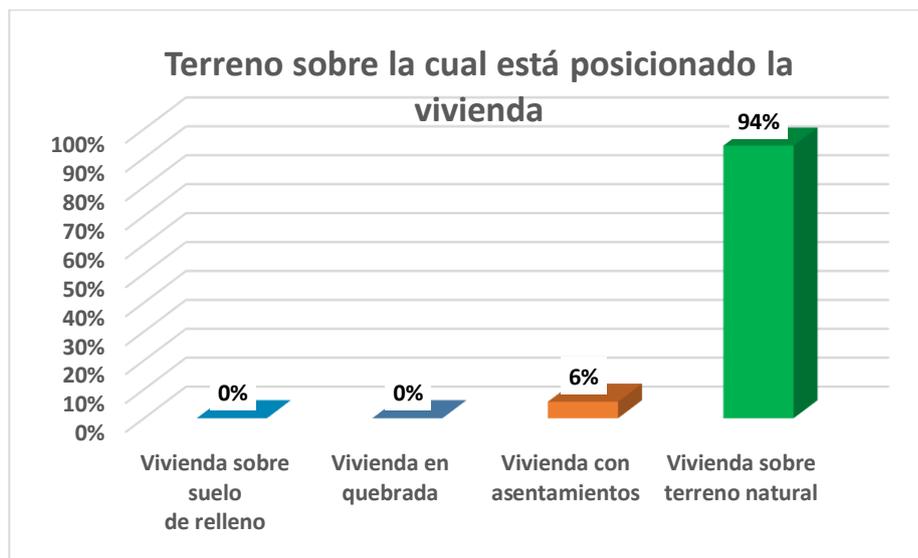
### III. RESULTADOS

Según la figura N°01, se muestra que el nivel de vulnerabilidad física es alto con un 88% de las viviendas y el 12% de las viviendas muestran una vulnerabilidad muy alta



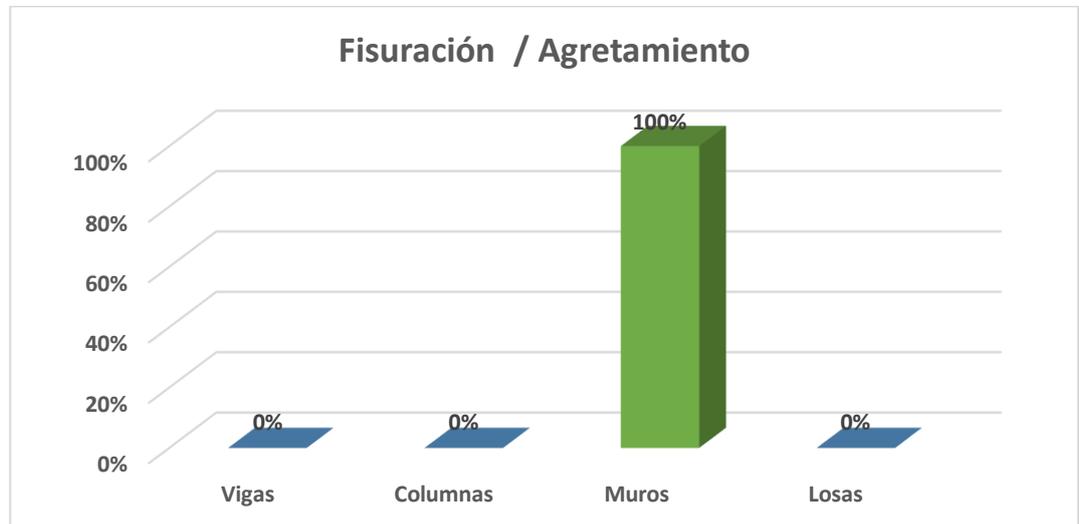
**Figura N° 01. Nivel de vulnerabilidad física.** Fuente: Propia.

En la figura N° 02, de acuerdo a la ficha de observación y la consulta realizada a los dueños, se evidencia que el 94% de las viviendas fueron edificados sobre el terreno natural y solo un 6% fueron construidos en terrenos con asentamientos.



**Figura N° 02. Terreno sobre la cual está posicionada la vivienda.** Fuente: Propia.

En la figura N° 03 se muestra que el 100% de las viviendas presentan fisuramiento en muros.

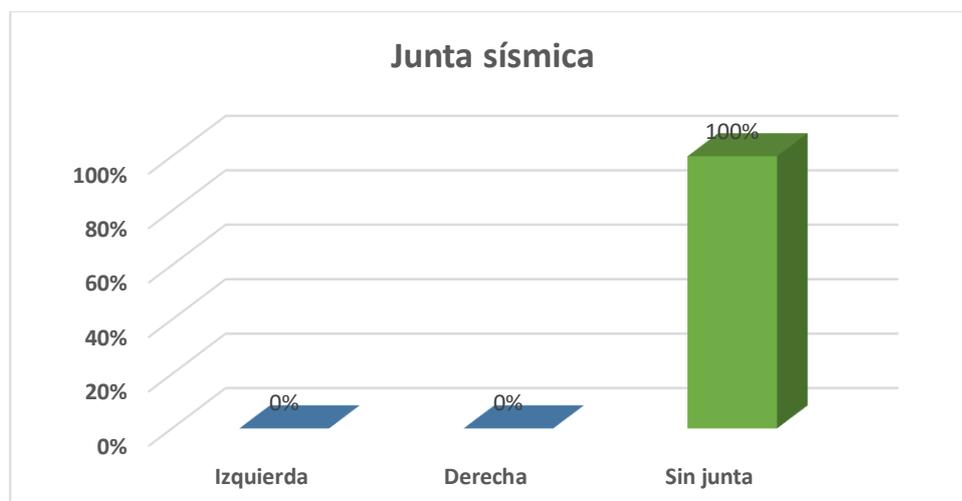


**Figura N° 03 Fisuramiento/ agrietamiento.** Fuente: Propia.

En relación a sistema estructural, en la figura N° 04 se muestra que el 100% de las edificaciones fueron construidas de adobe, siendo el material más predominante en la zona de estudio debido a la economía de los pobladores.

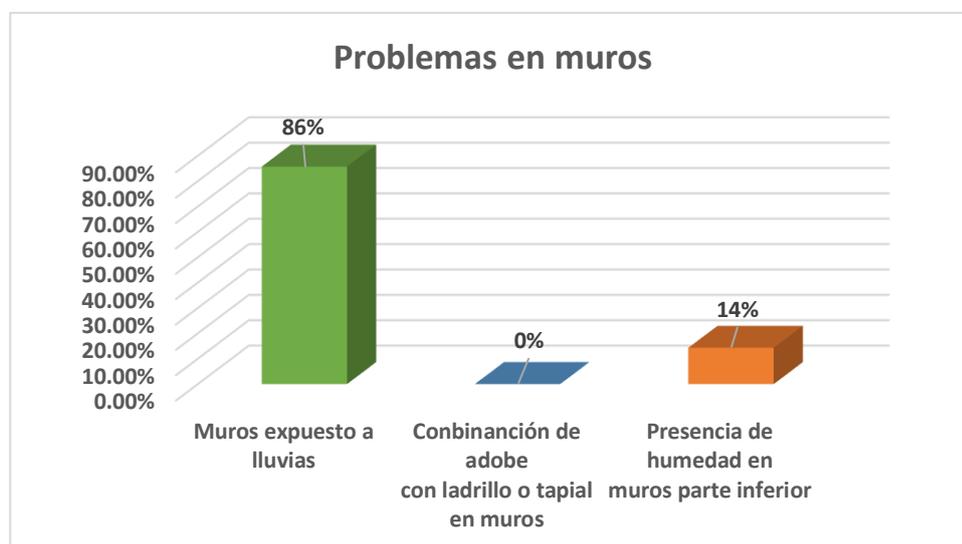
**Figura N° 04. Sistema estructural.** Fuente: Propia.

De acuerdo a junta sísmica de las viviendas, en la figura N° 05 se observa que el 100% de las edificaciones fueron construidas sin junta sísmica, es decir, construidas junto a otras viviendas sin una separación adecuada.



**Figura N° 05. Junta sísmica.** Fuente: Propia.

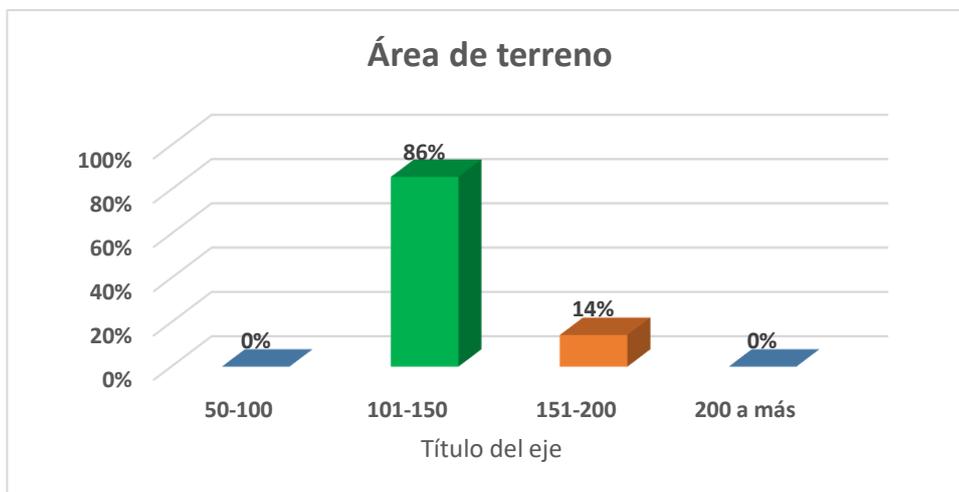
En la figura N° 06 se muestra problemas en muros, en la cual se evidencia que un 86% de las viviendas tienen muros expuestos a lluvias y solo un 14% presentan problemas de húmedas en los muros parte inferior, puesto que fueron edificadas en medio o a un costado de los terrenos agrícolas.



**Figura N° 06. Problemas en muros.** Fuente: Propia.

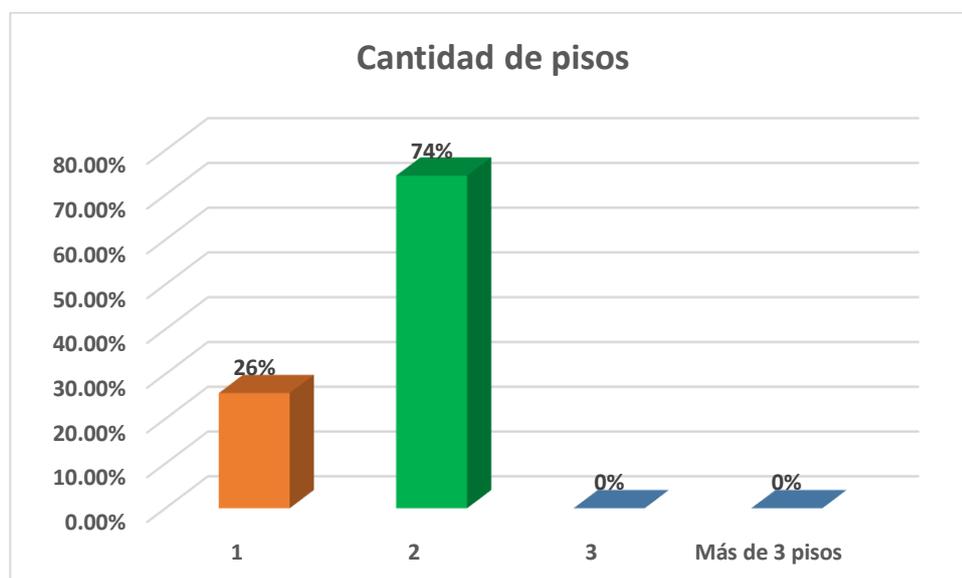
En la figura N° 07, se evidencia que un 86% de las viviendas cuentan con un área construida de 101-150 m<sup>2</sup> y solo un 14% presenta un área construida entre

151-200m2.



**Figura N° 07. Área de terreno.** Fuente: Propia.

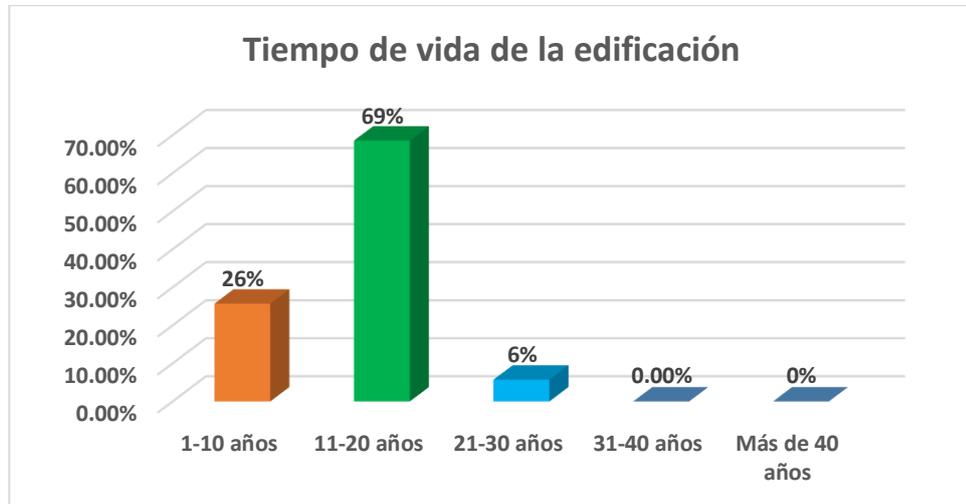
Se muestra en la figura N° 08 la cantidad de pisos en las viviendas, un 74% de las viviendas cuentan con dos pisos y un 26% de las edificaciones tienen un solo piso.



**Figura N° 08. Cantidad de pisos.** Fuente: Propia.

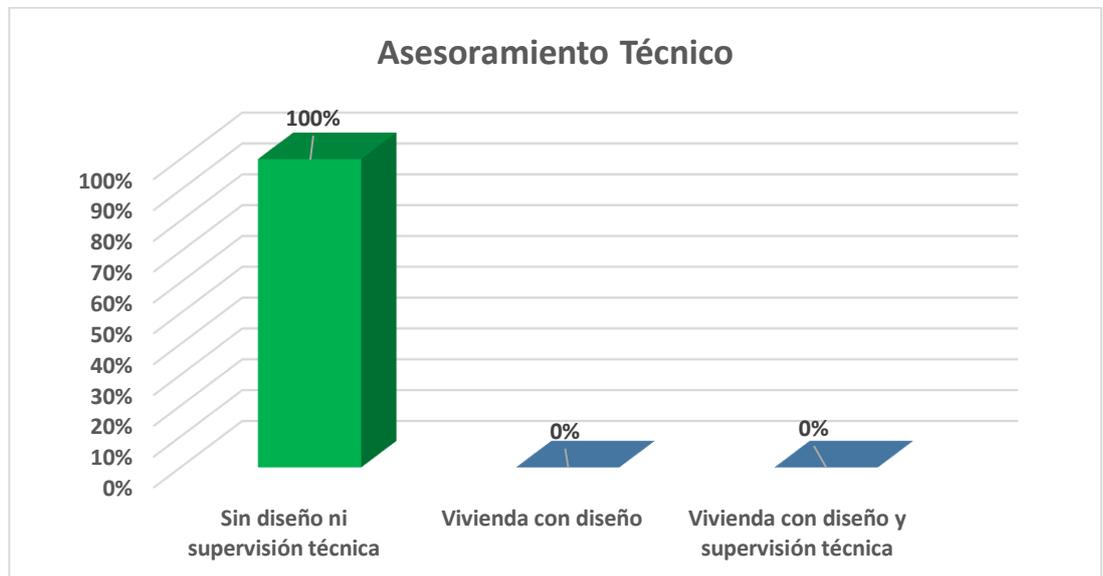
En la figura N° 09 se muestra que un 69% de las viviendas tienen un tiempo de vida construida entre 11-20 años, un 26% presentan un tiempo de vida

construidas entre 1-10 años y un 6 % tienen entre 21-30 años de vida de construcción.



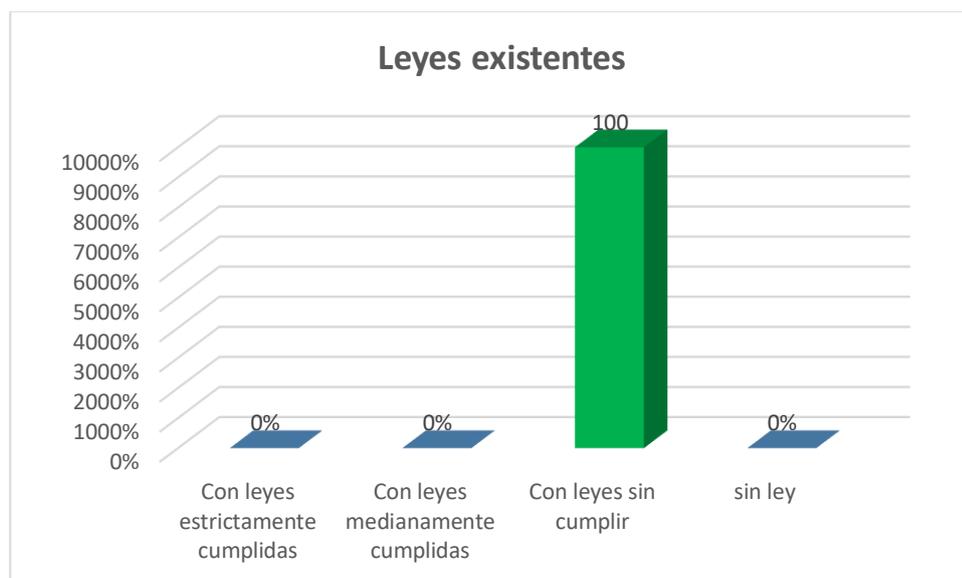
**Figura N° 09. Tiempo de vida de la edificación.** Fuente: Propia.

Con referencia al asesoramiento técnico, en la figura N° 10 se observa que el 100% de las viviendas fueron construidas sin diseño ni supervisión técnica.



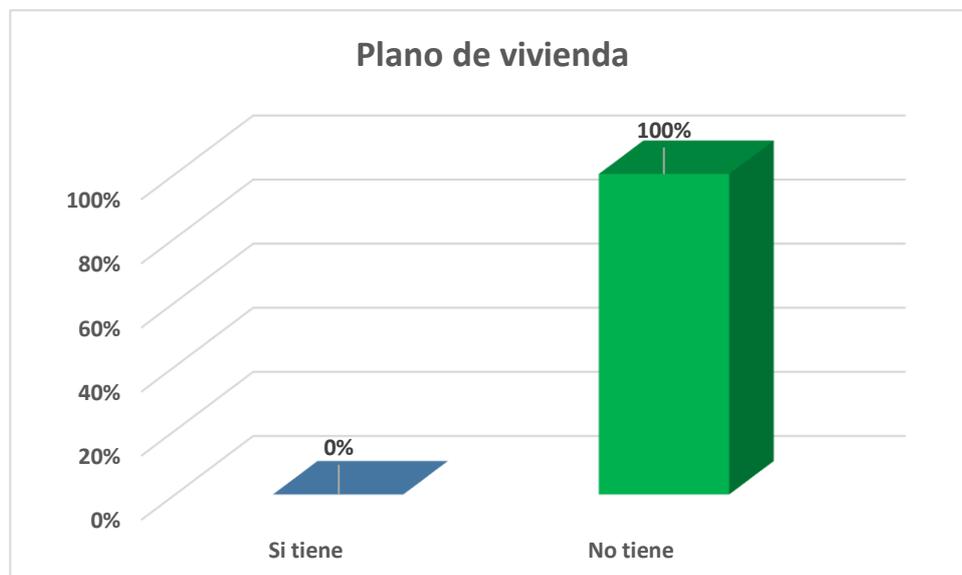
**Figura N° 10. Asesoramiento técnico.** Fuente: Propia.

En la figura N° 11 se muestra con respecto a leyes existentes, donde el 100% de las viviendas de adobe fueron construidos con leyes sin cumplir.



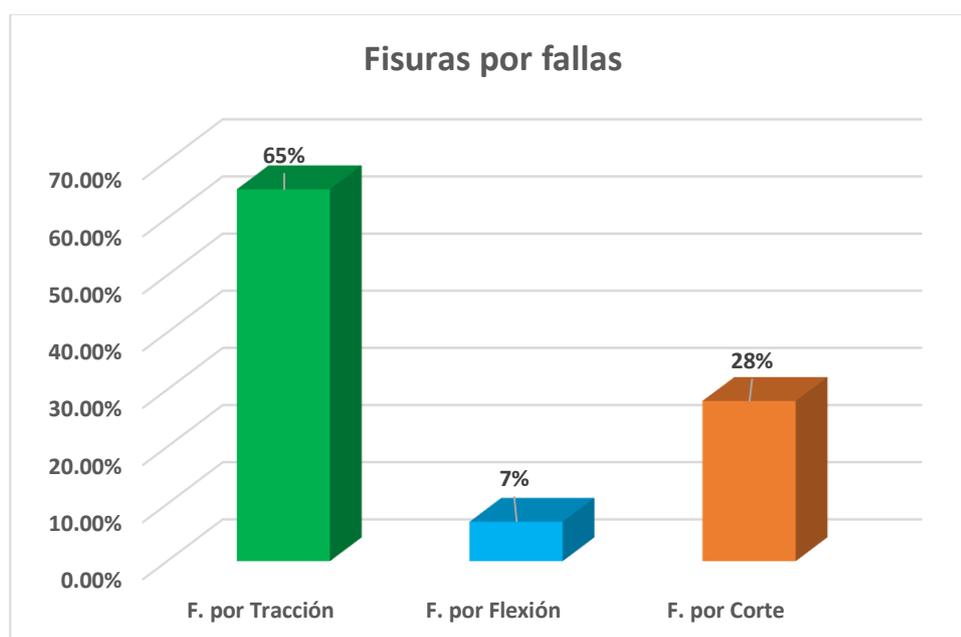
**Figura N° 11. Leyes existentes.** Fuente: Propia.

En la figura N° 12 se muestra que el 100% de las viviendas no cuentan con un plano de edificación.



**Figura N° 12. Plano de vivienda.** Fuente: Propia.

En la figura N° 13 se muestra que un 65% de las viviendas presentan fallas por tracción, un 28% de las edificaciones tienen fallas por corte y un 7% de las viviendas poseen fallas por flexión.



**Figura N° 13. Fisuras por falla.** Fuente: Propia.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En respuesta al objetivo general, dentro del resultado se obtuvo que el 88% de las viviendas de adobe tienen un nivel alto de vulnerabilidad física, es así como menciona Peralta (2002) que dichas viviendas son vulnerables a sufrir graves daños en casos de darse algún tipo de fenómeno natural como puede ser el caso de sismos debido al estado en el que encuentran actualmente. Además, de acuerdo el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011) las casas que tienen un nivel de vulnerabilidad alta presentan daños severos en paredes y techos mostrándose parcialmente estable, se caracterizan por presentar problemas de humedad, pandeo e instalaciones en deterioro, por lo tanto, podrá producir pérdidas humanas y materiales ante la ocurrencia de un determinado movimiento sísmico. Asimismo, Tinoco (2014), muestra en su estudio que el mayor porcentaje de las viviendas de adobe presentan un índice de vulnerabilidad alta frente a una ocurrencia sísmica. Ante lo dicho Carhuachin y Miranda (2020) menciona que sí existen diferencias estadísticamente significativas

entre el estado de las viviendas de adobe y la vulnerabilidad física frente a un evento sísmico.

Al comparar esta evidencia con las siguientes investigaciones, Salazar (2016) con un 58%, también Carhuachin y Miranda (2020) con un 74.29%, Caballero (2007) con un 68,01%, Cántaro & Cántaro (2012) con un 59%; concluyeron que las viviendas de adobe examinadas se ubican en el nivel alto.

Seguidamente, un 12% de las viviendas se ubican en el nivel de vulnerabilidad muy alta. Este resultado coincide con las investigaciones de Santos (2019) con un 54%, Rubio (2017) con un 74% y Tinoco (2014) con un 86.42% en su estudio los ubican en nivel de vulnerabilidad muy alta. En ese sentido, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011) manifiesta que dichas edificaciones tienen daños severos en la estructura, que se identifica por tener muros con agrietamientos o rajaduras, alto índice de humedad, derrumbes parciales e instalaciones básicas deterioradas. Por ende, presentan mayor riesgo en ocasionar colapso u otros pérdidas frente a un evento sísmico; por lo que es necesario su inmediata demolición o reconstrucción debido al estado precario. Así también, Álvarez (2015), concluye que los materiales usados en la construcción de las viviendas de adobe son de deficiencia calidad y los adobes utilizados en dichas construcciones poseen una baja resistencia, siendo la tierra cruda el material económico y predominante en la zona

En relación al primero objetivo específico sobre la descripción física de las características generales del estado de las viviendas de adobe, el 94% de las edificaciones fueron construidos sobre un terreno natural, es decir, en medio de charas o zonas de cultivo. También se halló que todas las viviendas tienen fisuramiento en los muros y fueron construidas sin junta sísmica y con leyes sin cumplir, también carecen en su totalidad de un asesoramiento técnico y no cuentan con un plano de edificación. Además, el 86% de las viviendas tienen muros expuesto a lluvia y un 14% presentan problemas de humedad en los muros en la parte inferior, esto se debe porque fueron edificadas en medio o a un costado de los terrenos agrícolas. Por otro lado, se muestra

que el 69% de las viviendas tienen un tiempo de vida construida entre 11-20 años, lo cual podría ser un factor de riesgo que fomente la vulnerabilidad física, puesto que en la zona de estudio se realiza el mantenimiento en cada 10 a 11 años de ser construidos.

Asimismo, en relación a leyes existentes, se encuentra en la investigación de Salazar (2016) y Carhuachin y Miranda (2020) donde refieren que la construcción de las viviendas fue construida por sus mismos habitantes, a base de trabajos comunitarios voluntarios entre familiares y amigos, la única experiencia es tomado del más sabio. Además, en la actualidad existe una Norma Técnica Peruana (NTP. E.080), lo cual es no utilizado por los pobladores porque aún siguen construyendo sus viviendas de manera rustica e informal. De acuerdo a lo manifestado en el Manual de Estimación de Riesgo (INDECI, 2006) las viviendas que se encuentran en el nivel de vulnerabilidad física alta son construidas con leyes sin cumplir.

Estos resultados concuerdan con Santos (2019) donde obtuvo que un 90% de las viviendas no tienen juntas sísmicas, y el 53% no tuvo la participación de un ingeniero civil, del mismo modo, halló que el 52% de las edificaciones tienen deterioro y humedad en los principales elementos estructurales y el 83% fue construido hace 3 a 19 años (la mayoría son de adobe). Por otro lado, Rubio (2017) concluyó que la construcción en la zona es de práctica común y falta de un asesoramiento técnico en la edificación de adobe, que se presencia fisuras y grietas, tampoco no existen ningún tipo de refuerzo horizontal ni vertical.

Con respecto al segundo objetivo específico sobre las viviendas de adobe evaluadas por fallas estructuras como: tracción, corte y flexión, en la presente investigación se obtuvo que la principal falla en las viviendas fue por tracción con un 65%, del mismo modo, Carhuachin y Miranda (2020) y Salazar (2016) en sus estudios encontraron fallas estructurales, en la cual determinaron que la principal falla de las viviendas es de tracción, lo que significa que estas viviendas poseen un riesgo alto ante un evento sísmico que puede ocasionar pérdidas materiales y humanas. Además,

difieren que este tipo de edificaciones presentarán fallas debido a que fueron construidos sin el asesoramiento técnico ni profesional, falta de mantenimiento y antigüedad de las mismas. En ese sentido, Kuroiwa (2002) manifiesta que las fallas por tracción se encuentran en los amarres de muros, especialmente se debe al esfuerzo de tracción directa que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros de encuentro, esta situación se agrava cuando a ello se suma los esfuerzos de flexión. Además, es importante resaltar que la mayoría de las viviendas cuentan con dos pisos que también sería un factor que aumente el riesgo de tener fallas por tracción y muy vulnerable por sufrir un colapso frente a un movimiento sísmico. Adicionalmente, Velarde (2014) concluye que, al no existir un confinamiento entre mortero y adobe y los amarres en las esquinas hay grandes posibilidades de desmoronarse ante un evento sísmico.

## **V. CONCLUSIONES**

Según el dato alcanzado y el resultado presentado en la presente investigación permite concluir de la siguiente manera:

1. El 88% de las viviendas de adobe presentan un nivel alto de vulnerabilidad física y un 12 % se ubican en el nivel muy alto de vulnerabilidad física.
2. El 94% de las edificaciones fueron construidos sobre un terreno natural, es decir, en medio de chacras o zonas de cultivo. También se halló que todas las viviendas tienen fisuramiento en los muros y fueron construidas sin junta sísmica, del mismo modo carecen en su totalidad de un asesoramiento técnico, fueron construidos sin tomar en cuenta las normativas o leyes existentes, no cuentan con un plano de edificación asimismo el 86% de las viviendas tienen muros expuesto a lluvia y un 14% presentan problemas de humedad en los muros en la parte inferior. Para finalizar el 69% de las viviendas tienen un tiempo de vida construida entre 11-20 años.

3. Se concluye que un 65% de las viviendas presentan fallas por tracción, un 28% de las edificaciones tienen fallas por corte y un 7% de las viviendas poseen fallas por flexión.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se hacen las recomendaciones, que contribuirá a nuevos trabajos de investigación.

1. Con respecto al diagnóstico de las viviendas de adobe que presentan un nivel alto y muy alto de vulnerabilidad física, se recomienda que dejen de ser habitadas y ser necesario su uso sea solo o para almacén, puesto que, pone en peligro la vida de los habitantes.
2. Se recomienda a la población dar mantenimientos periódicos a sus viviendas, como el reforzamiento de muros, cambio de bigas de maderas de eucalipto o cambio de techos que eviten la aparición de goteras que debilitan las edificaciones de manera interna. Para la construcción de las viviendas de adobe se debe tener en cuenta la Normativa Técnica Peruana (NTP. E080) y el proceso constructivo que brinda el Manual para la Construcción de viviendas de adobe.

3. La municipalidad del distrito debe apoyar a los pobladores instruyéndolos y capacitándolos para mejorar el método constructivo y la calidad de los materiales. Así también, esta entidad debe poner énfasis en el desarrollo de planes de simulacros en casos de sismos, concientizando a los pobladores que habitan en viviendas que tienen un alto nivel de vulnerabilidad física.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, D. (2015). *Vulnerabilidad sísmica de viviendas de adobe del Centro Poblado la Huaraclla, Jesús, Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/>
- Ato, M., López, J. & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Análisis de Psicología*, 29 (3), 1038-1059.
- Becerra, R. (2015). *Riesgo sísmico de las edificaciones de la urbanización Horacio Zevallos de Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/>
- Cardona, O. (1990). *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones y centros urbanos. Valle del cauca, Colombia*. (Tesis de pregrado). Universidad del Valle Cali, Colombia. Recuperado de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.com/handle/10893/99>
- Cántaro, F., & Cántaro, F. (2012). *Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Vivienda Construida con Adobe en el Caserío de Tambo – Recuay* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mávalo, Ancash, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3521>
- Caballero, Á. (2007). *Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica por Medio del Método de Índice de vulnerabilidad en las Estructuras ubicadas en el Centro Histórico de Sincelejo, utilizando la Tecnología del Sistema de información Geográfica* (tesis de posgrado). Universidad Nacional

Experimental de Guayana, Colombia. Recuperado de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/10584/105/1/92535650.pdf>

Carhuachin, O., & Miranda, K. (2020). *Vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en el caserío de Samne – distrito de Otuzco -Provincia de la Libertad* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/>

Estrada, I. (2012). Apuntes de sismología - Catedra de Geofísica. Tucumán, Argentina, Universidad Nacional de Tucumán.

Gómez, L. (2018). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el centro histórico de Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/>

Gutiérrez, I., & Manco, M. (2006). *Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú, contribución a la enciclopedia mundial de vivienda* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica, Lima, Perú. Recuperado de <https://biblioteca.pucp.edu.pe/>

Granados, J. (2019). *Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de dos pisos en el sector de Años Nuevo, distrito de Comas, 2018* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de <https://biblioteca.ucv.edu.pe/>

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. (5ª, ed.). Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacionsextaedicion.compressed.pdf>

- INDECI (Instituto nacional de defensa civil). (2005). Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca, Perú, INDECI.
- INDECI (Instituto nacional de defensa civil). (2006). Compendio estadístico de prevención y atención de desastres. Lima, INDECI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). Evaluación de edificaciones de adobe en el departamento de Áncash. Informe Técnico. Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). Cantidad de habitantes en viviendas de adobe en Áncash. Informe Técnico. Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Viviendas de adobe y tapial en la región de Áncash. Informe Técnico. Perú.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2002). Reducción de desastres - Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima, Perú, CAPECO.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2012). Gestión de riesgo de desastres en la región de Ica. Ica, Perú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Llanos, L., & Vidal, L. (2003). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali* (tesis de pregrado). Universidad Militar nueva granada, Colombia. Recuperado de <https://repository.unimilitra.edu.com/>
- Marín, F. (2012). *Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de la ciudad de Huánuco* (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de <https://cybertesis.uni.edu.pe/>

- Mena, U. (2002). *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Recuperado de <https://www.tesisendert.net/handle/1080183>
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2014). Adobe. Norma E.080. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2016). Diseño sismorresistente. Norma E.080. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Norma E.080. Lima, Perú.
- Morales, R., Yamashiro, R., & Sánchez, A. (2005). Investigación experimental de construcciones de adobe y bloque estabilizado. Lima, Perú, CISMID.
- Peralta, H. (2002). *Escenario de vulnerabilidad y de daño sísmico de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio, Cali*, (tesis de pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia. Recuperado de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.com/handle/>
- Rubio, A. (2017). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe en el sector San Isidro, Jaén 2016* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/>
- Santos, D. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017* (tesis de pregrado).

Universidad Continental. Huancayo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.continental.edu.pe/>

Salazar, L. (2016). *Evaluación del grado de vulnerabilidad física ante riesgo de sismo en el distrito de Agallpampa – Provincia de Otuzco* (tesis de pregrado). Universidad Privada de Trujillo, la Libertad, Perú. Recuperado de <https://repositorio.uprit.edeu.pe/>

Sauter, FF. (1996). Redefining terms in the field of seismic safety and risk mitigation. Earthquake engineering research institute: vol. 12, 315-326.

Silva, N. (2011). *Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales, y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana* (tesis de posgrado). Universidad de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/>

Tejada, U. (2001). Buena tierra - apuntes para el diseño y construcción con adobe, consideraciones sismoresistentes. Lima, Perú, CIDAP.

Timoteo, H. (2018). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma* (tesis de pregrado). Universidad Católica Sedes Sapientiae, Junín, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ucss.pe/>

Tinoco, F. (2014). *Determinación del grado de vulnerabilidad sísmica por medio del método de índice de vulnerabilidad en las viviendas construidas con adobe en el Caserío de Hornuyoc* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Carhuaz, Áncash. Perú. Recuperado de <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM>

Velarde, G. (2014). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de 2 pisos de adobe existentes en Lima* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica, Lima, Perú. Recuperado de <https://biblioteca.pucp.edu.pe/>

Yuste, M. (2012). *Arquitectura de tierra, Caracterización de los tipos Edificatorios*. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <https://www.thesisendert.net/handle/>

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por haber brindado entusiasmo, perseverancia y motivación desde el inicio hasta el final de la presente investigación.

En segundo lugar, agradezco a mis padres, mi hermano y mi novia por haberme apoyado moralmente y económicamente durante el desarrollo del presente trabajo.

En tercer lugar, agradezco a mi asesor por su tiempo y paciencia en la ejecución del presente trabajo.

Gracias.

## ANEXOS Y APÉNDICE

### Anexo 1. Fichas de observación y de encuesta

FICHA DE OBSERVACIONES	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
Fecha: _____	Hora: _____ N° Vivienda: <input style="width: 100px;" type="text"/>
Familia: _____	N° de hab./vivienda: _____
<b>2. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA</b>	
<p><b>Problemas de Ubicación</b></p> <p>1 Pendiente del terreno:</p> <p>a. Ligera <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Pronunciada <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Plana <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>2 Tipo de Cimentación:</p> <p>a. Escalonada <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Uniforme <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>3 Terreno sobre la cual está posicionada la vivienda</p> <p>a. Vivienda sobre suelo de relleno <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Vivienda en quebrada <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Vivienda con asentamiento <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>d. Vivienda sobre terreno natural <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p><b>Estructuración</b></p> <p>4 Sistema estructural:</p> <p>a. Albañilería confinada <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Sistema aporticado <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Adobe <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>5 Irregularidad</p> <p>a. Torcional <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Planta <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Vertical <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>d. Ninguna <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>6 Junta sísmica</p> <p>a. Izquierda <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Derecha <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Sin Junta <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p>	<p><b>Daños en Muros</b></p> <p>7 Problemas en muros:</p> <p>a. Muros expuesto a lluvias <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Combinación de adobe con ladrillo o tapial en muros <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Presencia de humedad en muros parte inferior <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p><b>Daños en Techos</b></p> <p>8 Anomalías constructivos</p> <p>a. Tabiquería sin viga solera <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Incorrecta unión muro techo <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Armaduras expuestas <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>d. Apollamiento <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p><b>Factores degradantes</b></p> <p>9 Eflurescencia en muros</p> <p>a. Primaria <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Secundaria <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>10 Fisuración / agrietamiento:</p> <p>a. Vigas <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. Columnas <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Muros <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>d. Losas <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>11 Cangrejeras:</p> <p>a. En vigas <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>b. En columnas <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>c. Ninguna <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></p>

Elaborado por Carhuachin y Miranda (2020)

**FICHA ENCUESTA**

Nº Vivienda:

**1 Area total del terreno:**

- a. 10 - 50      b. 51 - 100      c. 101 - 150      d. 151 - 200      e. 200 a más

**2 Cantidad de pisos:**

- a. 1      b. 2      c. 3      d. Mas de 3 pisos

**3 Tiempo de vida de la edificación:**

- a. 1-10      b. 11-20      c. 21-30      d. 31-40      e. Más de 40 años

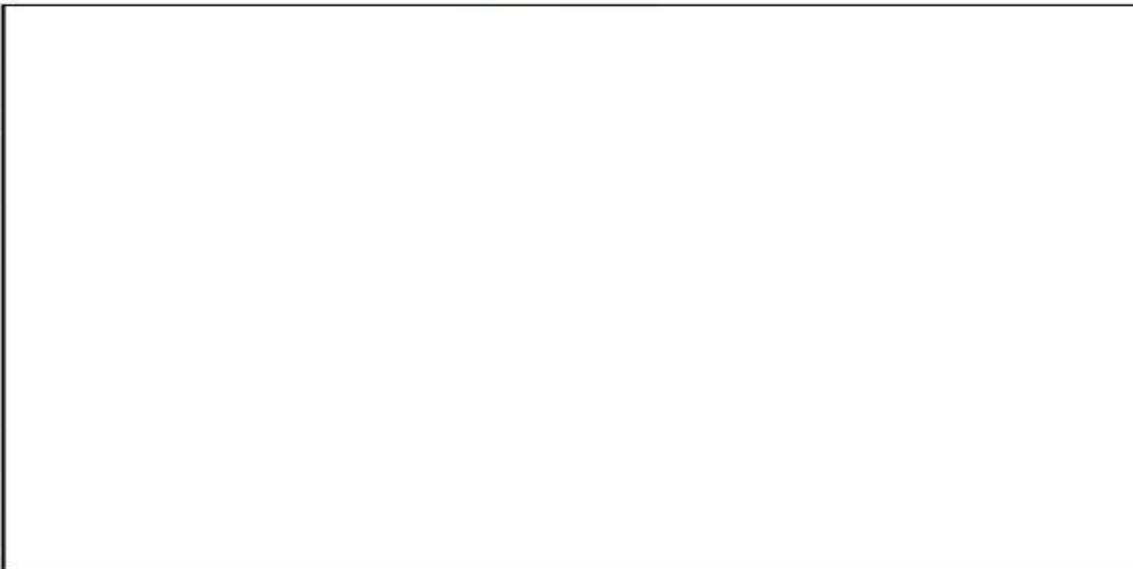
**4 Asesoramiento técnico:**

- a. Sin diseño ni supervisión técnica  
b. Vivienda con diseño  
c. Vivienda con diseño y supervisión técnica

**5 Planos de vivienda:**

- a. Si tiene      b. No tiene

**ESQUEMA DE LA VIVIENDA**



Elaborado por Carhuachin y Miranda (2020)

## Anexo 2. Ficha de observación de campo

FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO						
ESTADO ESTRUCTURAL Y NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE					NIVEL DE VULNERABILIDAD	
HOJA DE REGISTRO					B= Bajo	M= Medio
					A= Alto	
CASA MUESTRA N°: _____	FAMILIA: _____			NUMERO DE HABITANTES: _____		
DIRECCIÓN: _____	UBICACIÓN EN COORDENADAS: _____					
AREA TECHADA: _____	AÑO DE CONSTRUCCIÓN: _____			TARRAJEO EN MUROS: _____		
TIPOS DE FALLA EN LAS ESTRUCTURAS EN LAS CM						
FISURA POR FALLA EN:	CANTIDAD DE FISURAS O GRIETAS				TOTAL DE FALLAS POR TIPO	TOTAL DE FALLAS
	de 1 a 5	de 6 a 10	mas de 11	sin fallas		
TRACCIÓN						
FLEXIÓN						
CORTE						
LAS BASES DE MUROS						
OTROS						
OBSERVACIONES: _____						
_____						
_____						

FECHA: \_\_\_\_\_

OBSERVADOR: \_\_\_\_\_

Diseñado por Salazar (2016)

### **Anexo 3. Consentimiento Informado para los propietarios de las viviendas**

Estimado propietario de la vivienda:

me presento de manera cordial, mi nombre es Paul Liliani Flores Olortegui, soy bachiller de la carrera de ingeniería civil de la Universidad San Pedro. Actualmente estoy realizando un proyecto de investigación denominado “análisis de vulnerabilidad físico de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico en nuestro distrito de Llama, por lo que quiero contribuir con mis conocimientos adquiridos para el bien de la población. Para lo cual solicito su consentimiento para proseguir con la aplicación de 3 fichas, que a partir de ello determinar el nivel de vulnerabilidad física de las viviendas existentes de adobe ante un evento sísmico. Los resultados facilitarán y beneficiarán a todos los pobladores del distrito de Llama, que a partir de ello realizan guías y apoyos profesionales para la mejora de la construcción de viviendas de adobe. Del mismo modo, resaltar que toda la información dada es de estricta confidencialidad siendo la encuesta de manera anónima. Su decisión sobre la participación en este estudio es completamente voluntaria (o).



.....

**PORA FAVOR COMPLETE**

Apellidos (abreviados):

Lea la información a continuación y marque uno de los recuadros.

( ) ACEPTO mi participación como propietario de la vivienda.

( ) NO ACEPTO mi participación como propietario de la vivienda.

Fecha: .....

#### **Anexo 4. Validación de Contenido de dos Fichas de Observación y una Ficha de Encuesta en el Distrito de Llama, Provincia Mariscal Luzuriaga, Áncash.**

Nombre:

.....Edad:

..... Años de experiencia laboral.....Profesión:

..... Grado actual: Titulado ( ) Máster ( ) Dr. ( )

Fecha: ...../...../.....

Estimado ingeniero civil usted ha sido elegido como experto para emitir su opinión sobre el contenido de las siguientes fichas de observación y encuesta sobre reporte de edificación de adobe. Dado que su experiencia adquirida y su conocimiento de la realidad del distrito de Llama, será muy valiosa e importante para la validez del instrumento (preguntas y respuestas).

#### **Breve explicación del constructo:**

El constructo a explorar es sobre el análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico; entendido como el grado de daño que puede sufrir una edificación por la ocurrencia de un movimiento sísmico con una intensidad dada (Peralta, 2002). Así también, una vivienda de adobe implica una edificación que brinda un refugio y habitación a las personas, además, protege a sus ocupantes de los cambios climáticos y de otros factores de riesgo (Carhuachin & Miranda, 2020). Que se pretende evaluar las dimensiones de tamaño, diseño, estructura, calidad y entre otros. Las fichas que se presentan son:

*La ficha de observación* que brinda información en relación al problema de ubicación (pendiente del terreno, tipo de cimentación, terreno sobre el cual está posicionado), estructuración (sistema estructural, irregularidad y junta sísmica), daños en muros (problemas en muros), daños en techos (anomalías constructivas) y factores degradantes (efluencia en muros, fisuración o agrietamiento, y cangrejeras). Consta de 11 alternativas.

*La ficha de encuesta*, consiste en recabar información sobre el área total del terreno, cantidad de pisos, tiempo de vida de la edificación, asesoramiento técnico y planos de vivienda. Por lo tanto, las preguntas cuestionadas a los propietarios es información fundamental de la vivienda. Esta ficha consta de 5 preguntas en respuesta de alternativas (a, b y c), incluso cuenta con un espacio para realizar un esquema de vivienda (toma de fotografía).

*Ficha de observación de campo* es una investigación estructurada que consiste en recabar información sobre el estado estructural y nivel de vulnerabilidad de las viviendas de adobe, a través de fisura por falla en tracción, flexión, corte, las bases de muros y otros para identificar el nivel de vulnerabilidad física, donde la vulnerabilidad bajo es menor a 25%; vulnerabilidad media de 26 % a 50 %; vulnerabilidad alta 55% al 75% y vulnerabilidad muy alta 76% al 100%. Todo esto en relación a cuatro variables: material de construcción utilizada en viviendas, localización de viviendas, características geológicas (calidad y tipo de suelo) y leyes existentes.

#### **Instrucciones para la calificación:**

Como juez, deberá calificar los ítems planteados en los siguientes aspectos:

- **Claridad:** designa si la pregunta es entendible, clara y comprensible para los sujetos que responderían al instrumento.
- **Coherencia:** se refiere a la relación de la pregunta con el constructor, si es congruente al constructo medido.
- **Representatividad:** se refiere a si la pregunta es representativa e importante para la medición del constructo.

Usted deberá marcar en un rango del 1 (nada) al 5 (completamente), qué tan presente considera se encuentran estos aspectos en las preguntas evaluadas de las tres fichas mencionadas en base a cada pregunta o afirmación.

**Ejemplo:** Si lee la afirmación: “fisuras por falla en tracción”, correspondiente a la ficha de observación de campo de Salazar (2016) y usted

considera que la pregunta es perfectamente comprensible, pero que ayuda poco a definir al constructo, no obstante, es muy representativa para la evaluación del constructo, su puntaje puede ser de la siguiente manera:

Preguntas	Claridad					Coherencia					Representatividad					Observaciones
<b>Dimensión 1: Autoestima</b>																
fisuras por falla en tracción ítems 1 (en la ficha de observación)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	

## Anexo 5. Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	
Viviendas de adobe	La vivienda es una edificación que brinda un refugio y habitación a las personas, además, protege a sus ocupantes de los cambios climáticos y de otros factores de riesgo (Carhuachin y Miranda, 2020).	Tamaño	Área Número de pisos	
		Diseño	Sistema estructural Junta sísmica	
Vulnerabilidad física frente a un evento sísmico.	La vulnerabilidad implica el grado de daño que puede sufrir una edificación por la ocurrencia de un movimiento sísmico con una intensidad dada (Peralta, 2002).	Estructura	Materiales de construcción Estado de conservación Tiempo de vida de la construcción	
		Calidad	Pendientes del terreno Tipo de terreno Calidad del suelo Cimentación Topografía regular	
			Vulnerabilidad física	Material de construcción utilizado en las viviendas Localización de viviendas
				Características geológicas, calidad y tipo de suelo Leyes existentes

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

**Anexo 6. Fotografías de las viviendas de adobe evaluadas en el distrito de Llama.**

