



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE  
DEL C.P. LA HUARACLLA, JESÚS, CAJAMARCA 2015.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Daniel Alejandro Álvarez Guevara

**Asesor:**

Ing. Miguel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú

2015

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Daniel Alejandro Álvarez Guevara**, denominada:

**“VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DEL C.P. LA  
HUARACLLA, JESÚS, CAJAMARCA, 2015.”**

---

Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno.  
**ASESOR**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**

# **DEDICATORIA**

## **A DIOS**

Por haberme regalado la vida y permitirme ser parte  
de una gran familia sólida y unida.

## **A MI PADRE**

Quien sabiamente supo guiarme en todas mis  
decisiones, y me enseña a afrontar el arduo camino  
de la vida.

## **A MI MADRE**

Quien me enseña con su ejemplo el significado del  
amor verdadero, está presente en mis logros,  
alegrías y tristezas.

## **A MIS HERMANOS**

Con quien he compartido mis ideas y sueños desde  
que soy un niño y hasta el día de hoy son mis  
mejores amigos.

## AGRADECIMIENTO

Esta tesis es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos parte de su realización. Por esto agradezco a nuestro director de carrera **Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga**, mi asesor **Dr. Ing. Mosqueira Moreno Miguel**, y mi persona, quienes a lo largo de este tiempo han puesto a prueba sus capacidades y conocimientos en el desarrollo esta tesis que ha finalizado llenando todas nuestras expectativas. A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos .....	19
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	19
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	19
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
2.1. Antecedentes .....	20
2.2. Bases Teóricas .....	21
2.3. Definición de términos básicos .....	48
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>50</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	50
3.2. Operacionalización de variables .....	50
<b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	51
4.2. Material. ....	51
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> .....	51
4.2.2. <i>Población</i> . ....	51
4.2.3. <i>Muestra</i> . ....	52
4.3. Métodos. ....	53
4.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i> .....	53
4.3.2. <i>Procedimientos</i> .....	54

<b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>	<b>57</b>
5.1. Ficha de Reporte.....	57
5.1.1. Alcances de ficha de reporte.....	57
5.1.2. Descripción detallada de la ficha de reporte. ....	57
5.1.3. Antecedentes.....	62
5.2. Trabajo en campo. ....	70
5.2.1. Selección de zona de estudio.....	70
5.2.2. Descripción de zona de estudio. ....	70
5.2.3. Organización y selección de viviendas.....	71
5.2.4. Dificultades encontradas. ....	74
5.2.5. Características de las viviendas de adobe en el C.P. La Huaraclla.....	74
<b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS.....</b>	<b>82</b>
6.1. Antecedentes de las viviendas. ....	82
6.2. Relación del área existente y el área requerida. ....	84
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>87</b>
<b>CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO 10. REFERENCIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>CAPÍTULO 11. ANEXOS.....</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Factor de suelo.....	23
Tabla N° 2: Tipos de edificaciones.....	23
Tabla N° 3: Coeficiente sísmico.....	23
Tabla N° 4: Esfuerzos según el tipo de adobe.....	44
Tabla N° 5: Valores de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica.....	68
Tabla N° 6: Combinaciones de los parámetros para las evaluaciones de la vulnerabilidad sísmica.....	69
Tabla N° 7: Ensayos de laboratorio de concreto – Cajamarca (UPN-2015).....	81
Tabla N° 8: Asesoramiento técnico.....	82
Tabla N° 9: Antigüedad de la vivienda.....	82
Tabla N° 10: Calidad de la mano de obra.....	83
Tabla N° 11: Características de la vivienda.....	83
Tabla N° 12: Problemas de las viviendas.....	84
Tabla N° 13: Relación Ae/Ar.....	85
Tabla N° 14: Relación adimensional.....	85
Tabla N° 15: Resultados de vulnerabilidad sísmica.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Cinturón de Fuego del Pacífico.....	12
Fig. 2: Zonificación.....	13
Fig. 3: Falla típica por tracción.....	24
Fig. 4: Falla por corte.....	25
Fig. 5: Detalle del adobe.....	28
Fig. 6: Detalle de adobes de cabeza.....	28
Fig. 7: Las juntas verticales no deben coincidir.....	28
Fig. 8: Juntas y traslape de adobe.....	29
Fig. 9: Detalle de espesor de la junta.....	30
Fig. 10 Relación de la longitud del adobe.....	30
Fig. 11 Falla por sismo de un adobe.....	31
Fig. 12 Espesor de la junta 2cm para adobes cuadrados.....	31
Fig. 13 Tipos de encuentros en muros de adobe.....	32
Fig. 14 Prueba a flexión de adobe.....	33
Fig. 15 Recomendaciones para el proceso constructivo de las casas de adobe.....	34
Fig. 16 Dimensiones de muros de adobe según la norma sismo resistente.....	36
Fig. 17 Recomendaciones para el uso de mochetas en casa de adobe.....	36
Fig. 18 Separaciones mínimas para los vanos.....	37
Fig. 19 Vanos en ventanas.....	37
Fig. 20 Traslape entre adobe como mínimo ½ adobe.....	37
Fig. 21 Elementos de arriostre de los muros de adobe.....	38
Fig. 22 Tipos de arriostre en un muro de adobe.....	39
Fig. 23 Longitud de arriostre de un muro de adobe.....	39
Fig. 24 Refuerzos en un muro de adobe.....	39
Fig. 25 Vigas principales en techos de una casa de adobe.....	41
Fig. 26 Cargas horizontales en un muro de adobe.....	42
Fig. 27 Curvas para la determinación de esfuerzos admisibles en muro portante.....	45

Fig. 28: Ficha de reporte – Antecedentes.....	62
Fig. 29: Ficha de reporte – Aspectos técnicos.....	63
Fig. 30: Análisis por sismo.....	65
Fig. 31: Tabla de verificación de muro a corte.....	67
Fig. 32: Vulnerabilidad sísmica.....	68
Fig. 33: Dimensiones del adobe del C.P. La Huaraclla.....	75
Fig. 34: Adobe sin paja.....	75
Fig. 35: Adobe sin paja en el C.P. La Huaraclla.....	76
Fig. 36: Mortero de pega de 2cm de espesor (Mismo material de los adobes).....	78
Fig. 37: Sobrecimiento tarrajado con mortero de cemento (lateral) y no tarrajado (posterior) de una vivienda en el C.P. La Huaraclla.....	79
Fig. 38: Asentado en esquina, vivienda en C.P. La Huaraclla.....	79
Fig. 39: Vano de puertas con dintel, vivienda en C.P. La Huaraclla.....	80
Fig. 40: Elevación frontal de vivienda en el C.P. La Huaraclla.....	80
Fig. 41: Ejemplo de cubierta de una casa de adobe.....	81

## RESUMEN

La tesis presenta los resultados del trabajo sobre las características estructurales de viviendas de adobe en el C.P. La Huaraclla, Jesús. Además se cuantifican los principales factores propios o externos a las viviendas, que pueden afectar negativamente su comportamiento sísmico.

Luego, se determina para estas viviendas su vulnerabilidad sísmica. Para esto se han analizado las características técnicas, así como los errores en el diseño arquitectónico, problemas constructivos y estructurales de viviendas construidas con unidades de adobe.

La mayoría de las viviendas de adobe del Centro Poblado (en adelante C.P.) La Huaraclla, son deficientes en el diseño estructural, arquitectónico y se construyen con materiales de baja calidad. Además estas viviendas son construidas generalmente por los mismos pobladores de la zona, sin asesoramiento técnico en el diseño, ni en la construcción.

Para recolectar la información para la presente tesis se seleccionaron 13 viviendas en el C.P, La Huaraclla, que se eligieron por sus características morfológicas.

La información de campo se recolectó en fichas de reporte, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad de la construcción.

Posteriormente, en el trabajo de gabinete se procesó la información en fichas de reporte donde se resume las características técnicas, elaborando un análisis sísmico simplificado por medio de la densidad de muros, determinando la vulnerabilidad y peligro y riesgo sísmico de las viviendas seleccionadas.

Finalmente con la información obtenida se detalló los principales defectos encontrados en las viviendas seleccionadas.

## ABSTRACT

The thesis presents the results of the work on the structural characteristics of housings adobes in the C.P. The Huaraclla, Jesus. In addition there are quantified the principal own or external factors to the housings, which can affect negatively his seismic behavior.

Then, his seismic vulnerability decides for these housings. For this the technical characteristics have been analyzed, as well as the mistakes in the architectural design, constructive and structural problems of housings constructed with units of adobe.

The majority of the housings adobes of the Town Center (hereinafter CP) The Huaraclla, they are deficient in the structural, architectural design and are constructed by materials of low quality. In addition these housings are constructed generally by the same settlers of the zone, without technical advice neither in the design, nor in the construction.

To gather the information for the present thesis 13 housings were polled in the C.P, The Huaraclla, which was selected by his morphologic characteristics.

The field information was gathered in cards of survey, in which there were compiled information of location, constructive process, structure, and quality of the construction.

Later the work of office processed the information in cards of report where the technical characteristics are summarized, elaborating a seismic analysis simplified by means of the density of walls, determining the vulnerability and danger and seismic risk of the polled housings.

Finally with the obtained information there were detailed the principal faults found in the polled housings.

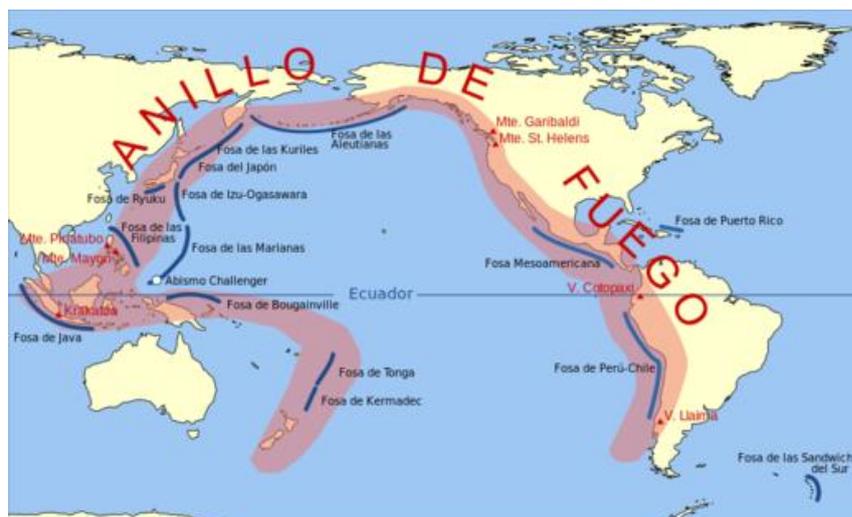
## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La Teoría de las Placas Tectónicas nos da a conocer el movimiento continuo de las placas tectónicas, el desplazamiento de estas generan los movimientos sísmicos. Perú se encuentra sobre la placa Sudamericana estrechamente relacionada con el proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca). Este proceso da origen al plano de Benioff; una constante acumulación de energía dada por la subducción se liberaría por medio de terremotos (Wegener, 1915).

La Ciudad de Cajamarca, según el Reglamento Nacional de Edificaciones –RNE (2014), está ubicada en una zona de alta sismicidad (zona 3). Debido a las actividades sísmicas presentes en nuestra región, es necesario evaluar los daños que se pueden ocasionar en las habilitaciones urbanas antiguas frente a un eventual sismo originándose pérdidas humanas y materiales.

Fig 1: Cinturón de fuego del pacífico.



Fuente: Cinturón de Fuego del Pacífico. Wikipedia, 2015.

Fig 2: Zonificación.



*Fuente: Norma técnica E 0.30 Diseño sismo resistente*

Julio Kuroiwa, Ernesto Deza y Hugo Jaén, señalan que, la gran actividad sísmica en nuestro territorio ha cobrado siempre sus mayores víctimas en las construcciones de adobe. Más del 90 por ciento de los edificios dañados eran de adobe y su colapso causó más de 40,000.00 muertes (Kuroiwa, et.al.,1973).

Lo que constituye un comportamiento “satisfactorio” ante sismos, está adecuadamente resumido en una de las filosofías en boga en la ingeniería antisísmica.

Según Fintel, en su libro “Resistance to Earthquake-Philosophy, Ductility and Details”, 1973, los objetivos implícitos en la mayoría de las normas de diseño antisísmico son que sea capaz de:

1. Resistir sismos sin daños.
2. Resistir sismos moderados con algunos daños estructurales leves y con daños no estructurales moderados.
3. Resistir sismos catastróficos sin colapsar.

El Ing. Roberto Morales Morales, el Dr. Ricardo Yamashiro Kamimoto y el Ing. Alejandro Sánchez, en su investigación “Investigación Experimental de Construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado”, 1992, sintetizan la información

disponible sobre construcciones de adobe en formas de normas de diseño que permitan proyectar con este material, satisfaciendo los objetivos expuestos, en la mejor forma posible. Estudiaron primeramente, el comportamiento sísmico de las construcciones de adobe con énfasis principal en la detección de los mecanismos de falla, lo que permitió identificar los tipos de esfuerzos que era necesario estudiar principalmente. Se estudió luego experimentalmente, algunas de las propiedades mecánicas de la albañilería de adobe, especialmente su resistencia, bajo diferentes sollicitaciones. En base a esos estudios se estableció los esfuerzos admisibles para el diseño. Finalmente, usando información de diversas fuentes y cálculos adicionales prepararon una propuesta de normas para el diseño de estas construcciones. Es en ese contexto, que la Tesis aportará un método analítico, que servirá de modelo en la aplicación de cálculos antisísmicos en el diseño de una vivienda de adobe.

Desde épocas remotas, las ciudades del país han sufrido una serie de sismos de gran intensidad, durante los cuales en múltiples oportunidades han acaecido cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas.

El jueves 13 de marzo del 2014 a las 04 horas 26 minutos se registró un sismo de magnitud de 4.3 de magnitud en la escala de Richter a 29 Km al Norte de Jaén con una profundidad de 21 Km y de intensidad máxima de II en la ciudad de Jaén en la escala de Mecalli Modificada. El miércoles 28 de mayo del 2014 a las 01 horas 04 minutos se registró un sismo de magnitud de 4.3 de magnitud en la escala de Richter a 46 Km al NE de Jaén con una profundidad de 19 Km y de intensidad II en la ciudad de Jaén en la escala de Mecalli Modificada. Ese mismo día a las 05 horas 55 minutos, se registró un sismo de igual magnitud. Este sismo estuvo ubicado a 47 Km al NE de Jaén y tuvo una profundidad de 18 Km y de intensidad II en la ciudad de Jaén en la escala de Mecalli Modificada (Instituto Geofísico del Perú, 2014).

Es por esto que si estas viviendas sufrieran daños que pueden ser ocasionados frente a un evento sísmico serían considerables.

Se toma como material de investigación, viviendas de adobe, ubicadas en la Huaraclla, por ser uno de los Centros Poblados con más propiedades de adobe en su conformación.

El área no influirá como variable dentro de la unidad de estudio. Mayormente estas casas tienen 1 y 2 niveles, y están fabricadas de Adobe, Adobe con Piedra o Piedra y Barro. El techo de estas casas, son de dos aguas y de una agua, debido a que Cajamarca es una zona lluviosa, estos techos son de teja o calamina.

Por cuanto, son importantes estos tipos de investigaciones, es necesario atender y evaluar esta exposición humana, cuyo objetivo principal es determinar la Vulnerabilidad Sísmica de viviendas de adobe en la Huaraclla.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca?

## **1.3. Justificación**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal el interés de conocer cuál es el nivel de Vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe de el C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca, 2015.

La importancia de la investigación radica en la investigación de posibles problemas de ubicación, estructurales y constructivos de las viviendas, y conocer qué factores inducen a ellos.

Observando que las viviendas de adobe ubicadas en el C.P. La Huaraclla, son parcialmente nuevas, están ubicados en una zona de alta peligrosidad sísmica y han sido construidas sin ningún criterio sísmico, se plantean tres tipos de justificaciones para realizar este proyecto.

Una evaluación de este tipo en nuestro país es importante para proyectar a las viviendas un posible mejoramiento o rehabilitación destinados a la prevención y mitigación de daños causados por la ocurrencia de un evento sísmico.

- Justificación Práctica.

El C.P. La Huaraclla se ubica en la zona sísmica 3, las viviendas que existen tienen una antigüedad promedio a 6 años y se encuentran con problemas de construcción y estructuración. Esto significa que las viviendas de esta zona son inseguras y es posible que durante un sismo severo (aceleración sísmica de 0.4g) éstas colapsen, ocasionando daños materiales y pérdida de vidas humanas. Por lo cual, se intenta cumplir con lo siguiente: Describir el estado actual de las casonas seleccionadas, explicar las fallas que se producen en ellos y predecir su comportamiento ante un sismo. Para cumplir ello, es necesario determinar el grado de vulnerabilidad.

- Justificación Teórica.

Con el fin de determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de dos niveles, se evaluará una serie de aspectos.

La NTE-030 plantea lo siguiente:

1. La filosofía del diseño sismo resistente consiste en:
  - a. Evitar pérdidas de vidas.
  - b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
  - c. Minimizar los daños a la propiedad.

2. Principios del diseño sismo resistente:

- a. La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- b. La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

3. El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones (NTE-030).

- Simetría, tanto en la distribución de masas con las rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad.
- Deformación limitada.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.”

Como parte de la evaluación a realizar, se considerará los siguientes paradigmas.

- “Muchos errores en ingeniería se originan como fallas de configuración. Una adecuada configuración estructural y geometría permiten un adecuado comportamiento” (Christopher A, 1987).
- “Se debe proveer de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales sísmicas para que una edificación no colapse ante un sismo”.

Es por ello, que es importante realizar esta investigación con el fin de verificar el cumplimiento de los principios, teorías y paradigmas fundamentales en el comportamiento sísmico de las viviendas de adobe en la Huaraclla, para ello determinaremos la vulnerabilidad sísmica, pues si su vulnerabilidad sísmica es alta esto significará que las viviendas colapsaran con la filosofía, principios, teorías, y paradigmas de la ingeniería sísmo resistente.

- Justificación Metodológica.

Si bien es cierto, existen diferentes tipos de metodologías para determinar la Vulnerabilidad Sísmica, Peligro Sísmico y Riesgo Sísmico, sin embargo éstas se aplican en diferentes sistemas estructurales. Por lo que, en esta investigación se adaptará la metodología planteada en la tesis “Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima, 2002”, de la Universidad Católica de Lima, la cual es usada para estimar el nivel de vulnerabilidad según los diseños arquitectónicos y los esfuerzos del adobe, asimismo la aplicación de fichas de reporte que son indispensables para cuantificar los daños y fallas estructurales, y arquitectónicas. Se eligió esta metodología debido a su difundido uso en el Perú, siendo incluso planteado en diferentes tesis en la costa peruana.

Para adaptar esta metodología usaremos los criterios recomendados en el Reglamento Nacional de Construcciones peruano, para el análisis y diseño de edificaciones de tipo adobe.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe del C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca, 2015.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Diagnosticar el estado actual de las viviendas.
- ✓ Extraer las muestras de adobe de cada vivienda y ensayarlas.
- ✓ Determinar el nivel de vulnerabilidad de cada vivienda según su arquitectura y el esfuerzo de los bloques.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Las catástrofes naturales han acompañado, en forma dramática, la evolución de los núcleos urbanos, pero los historiadores se han ocupado del impacto inmediato del desastre natural, quedando menos comprendida su influencia en el mediano y largo plazo. Las erupciones volcánicas y los terremotos constituyen un tema especial dentro del estudio del impacto de estos eventos ya que no sólo destruyen viviendas y obras de infraestructura, sino que también modifican las actividades agrícolas que permiten sostener la vida urbana. Así, los terremotos, aunque episódicos, alteran la vida cotidiana y modifican la evolución de los núcleos urbanos.

Se llama riesgo sísmico a la probabilidad de ocurrencia, dentro de un plazo dado, de un sismo que cause, en un lugar determinado, cierto efecto definido como pérdidas o daños determinados (Giner & Molina, 2002).

Peligro sísmico está referido a un lugar determinado de la Tierra, es la probabilidad de que, en algún lugar de su entorno y dentro de un intervalo de tiempo determinado, ocurra un sismo que produzca un efecto determinado en ese lugar (comúnmente, una aceleración dada). Usualmente no se toman en cuenta, para el cálculo del peligro potencial sísmico, los posibles efectos de amplificación local, directividad, etc., que puedan modificar los efectos esperados en un terreno estándar (Giner & Molina, 2002).

También, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como:  $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$  Fourier d'Albe (1988), Kuroiwa (2002). Esta evaluación de riesgo es en forma individual para cada estructura.

Cuando se desea calcular el riesgo sísmico de una determinada zona, entonces la ecuación del riesgo sísmico se ve afectada por la densidad poblacional:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Exposición} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Costo} \text{ (Oswald, 2005).}$$

En este caso el riesgo sísmico es medido en términos de pérdidas de vidas o económicas.

En la actualidad, los procedimientos y herramientas para el análisis de la vulnerabilidad y peligro sísmico se encuentran muy avanzados. Las teorías para el análisis de la vulnerabilidad van desde técnicas directas de campo, basada en observaciones, hasta técnicas probabilísticas con análisis computacionales no lineales de las estructuras (Bonett 2003).

## 2.2. Bases Teóricas

### **Materiales y características.**

El adobe es una pieza para construcción hecha de una masa de barro (arcilla y arena) mezclada con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol; con ellos se construyen paredes y muros de variadas edificaciones. La técnica de elaborarlos y su uso están extendidos por todo el mundo, encontrándose en muchas culturas que nunca tuvieron relación (Morales, 1993).

Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos (NTE E.080).

## **COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE ADOBE (NTE E.080).**

Las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debidas a sismos, son frágiles. Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce la falla del amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior; esto a su vez aísla los muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano.

Si se controla la falla de las esquinas, entonces el muro podrá soportar fuerzas sísmicas horizontales en su plano las que pueden producir el segundo tipo de falla que es por fuerza cortante. En este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal.

Las construcciones de adobe deberán cumplir:

- Suficiente longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes.
- Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada.
- Los vanos deben ser pequeños y de preferencia centrados.
- Dependiendo de la esbeltez de los muros, se definirá un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros.

### **Fuerzas Sísmicas Horizontales.**

La fuerza sísmica horizontal en la base para las edificaciones de adobe se determinará con la siguiente expresión:

$$H = SUCP$$

..... (1)

Donde:

S: Factor de suelo (indicado en la Tabla 1),

U: Factor de uso (indicados en la Tabla 2),

C: Coeficiente sísmico.

P: Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de la carga viva.

Tabla N° 1: Factor de Suelo.

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 3kg/cm <sup>2</sup>	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 1 kg/cm <sup>2</sup>	1,2

Fuente: NTE-080, 2006.

Tabla N° 2: Tipo de Edificaciones.

Tipo de Edificaciones	Factor U
Colegios, Postas médicas, Locales Comunes, Locales Públicos	1,3
Viviendas y otras edificaciones comunes	1,0

Fuente: NTE-080, 2006.

### Comportamiento del adobe frente a cargas verticales

Usualmente la resistencia a la albañilería a cargas verticales no presenta problemas para soportar las cargas de uno o dos pisos. Se debe mencionar sin embargo que los elementos que conforman los entresijos o techos de estas edificaciones, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante la viga collar o solera.

Tabla N° 3: Coeficiente Sísmico

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico C
3	0.20
2	0.15
1	0.10

Fuente: NTE E-080, 2006.

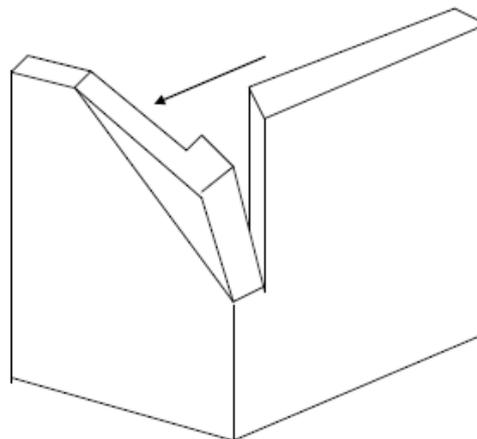
## COMPORTAMIENTO SÍSMICO EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Según Ricardo Yamashiro, Alejandro Sanchez y Roberto Morales, en la primera parte de su libro “Diseño Sísmico de construcciones de adobe y bloque estabilizado”, 1981, las fallas en las construcciones con adobe se describen de la siguiente manera:

Las fallas en las construcciones de adobe pueden atribuirse, principalmente, a su poca resistencia en tracción y reducida adherencia entre el adobe y el mortero. Los tipos principales de falla, que a menudo se presentan combinados, son los siguientes:

1. Falla por tracción en los encuentros de muros: En la figura 3 se ilustra este tipo de falla, que se debe principalmente a esfuerzos de tracción directa que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro, esta situación se agrava cuando a este se superpone los esfuerzos de flexión

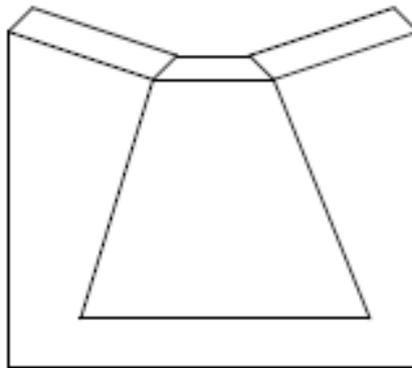
Fig. 3: Falla típica por tracción



Fuente: Yamashiro, Sánchez, & Morales, 1981.

2. Falla por flexión: En la figura se ilustra algunas de las variantes de este tipo de falla que se debe a los esfuerzos de tracción por flexión al actuar el muro como una losa apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostran. La falla puede ocurrir en secciones horizontales verticales u oblicuas.

Fig. 4: Falla por corte



Fuente: Yamashiro, Sánchez, & Morales, 1981.

En la figura se ilustra este tipo de falla, que se produce cuando el muro trabaja como muro de corte. Se debe principalmente, a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales.

## **SISMO**

Según el M. Sc. Ing. Víctor Antonio Zelaya Jara, en su tesis “Estudio sobre Diseño Sísmico en Construcciones de Adobe y su Incidencia en la Reducción de Desastres”, 2007, el sismo es definido como el movimiento de la corteza terrestre o como la vibración del suelo, causado por la energía mecánica emitida de los mantos superiores de la corteza terrestre, en una repentina liberación de la deformación acumulada en un volumen limitado. El paso de un camión, de un tren, pueden producir una pequeña vibración en la superficie terrestre, este fenómeno podemos relacionarlo con un Microsismo o un Temblor. Una erupción volcánica o un movimiento Distrófico pueden originar una vibración fuerte dando lugar a un Macrosismo o Terremoto. Los observatorios registran centenas de millares de sismos, cada año en todo el mundo. Afortunadamente, de todos ellos, muy pocos alcanzan la categoría de terremotos y gran parte de ellos ocurren en los fondos oceánicos (generando Tsunamis) o en regiones despobladas.

## **CAUSAS DE LOS SISMOS**

De acuerdo a los estudios realizados, se puede decir que las causas de los sismos son: La Actividad Volcánica y El Diastrofismo. Si observamos un mapa del mundo, se puede ver que las áreas volcánicas y las zonas sísmicas coinciden, esto dio, por origen, a que se pensara por mucho tiempo que la causa principal de los terremotos eran las erupciones volcánicas (Zelaya, 2007).

## **TIPOS DE DAÑOS DEBIDO A SISMOS**

Según el M. Sc. Ing. Víctor Antonio Zelaya Jara, en su tesis “Estudio sobre Diseño Sísmico en Construcciones de Adobe y su Incidencia en la Reducción de Desastres”, 2007, los tipos de daños debido a sismos pueden dividirse en 3:

- a) Daños en las estructuras causadas por la Fuerza Sísmica.
- b) Daños en las estructuras causados por las deformaciones del suelo.
- c) Daños en las estructuras causados por otros fenómenos naturales.

## **ADOBE SÍSMICO**

Según Tupak Ernesto Obando Rivera, en su artículo “Resistencia sísmica en las construcciones de adobe, una opción mejorada”, 2009, las ventajas e inconvenientes del adobe son las siguientes:

### **Ventajas**

1. Accesibilidad
2. Economía
3. Mano de obra barata
4. Requiere poco pulimento
5. Durabilidad
6. Resistente al fuego
7. Aislamiento térmico excelente

### **Inconvenientes**

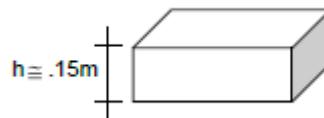
1. Requiere trabajo duro
2. No es repelente al agua (cuando no usa estabilizante)
3. Poca resistencia a las fuerzas sísmicas
4. Gran peso
5. Poca resistencia lateral

## **CAUSAS POR LO QUE FALLA EL ADOBE**

Según el Ing. Roberto Morales, Rafael Torres Cabrejos, Luis A. Rengifo, y Carlos Irala, en su libro “Manual para la construcción de viviendas de adobe”, 1994, detallan las causas por las que el adobe tiene a fallar, enumeradas a continuación:

1. Mala calidad del adobe.
2. Dimensionamiento inadecuado (el residente en zonas rurales en el Perú está acostumbrado a hacer adobes de mucha altura, tratan de hacer el alto igual al largo).

Fig. 5: Detalle de adobe



Fuente: Morales, Torres, Rengifo, & Irala, 1994.

3. Trabajo horizontal insuficiente.

Fig. 6: Adobes de cabeza

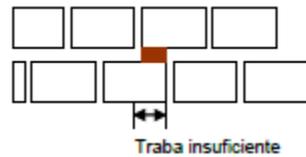
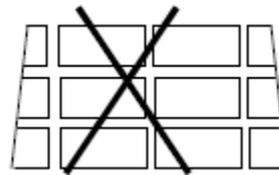


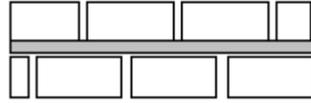
Fig. 7: Las juntas verticales no deben coincidir



Fuente: Morales, Torres, Rengifo, & Irala, 1994.

4. Trabas inadecuadas y deficiencia en los encuentros de muro (Fig. 6).
5. Deficiente mano de obra.
6. Deficiencia en el llenado de las juntas.

Fig. 8: Juntas y traslape de adobe



Fuente: Morales, et.al., 1994.

Es muy frecuente que hagan juntas horizontales y no verticales. Esto lo hacen con la finalidad de que a la hora de tarrajear se agarre la mezcla. Ello puede ser así, pero no es lo correcto para la resistencia de la pared.

7. Dimensionamiento incorrecto de los muros.

No guardan relación, demasiado largo, demasiado alto y de poco espesor.

8. Vanos de puertas y ventanas muy anchas.

9. Demasiado porcentaje de vanos en una pared.

10. Mala distribución de vanos en un paño de muro.

Los vanos no deben estar cerca a las esquinas o a las paredes de arriostre.

11. Carencia de viga collar.

12. Techos muy pesados y mala fijación de estos al muro, sin colaborar al confinamiento del conjunto.

Se recomienda que la primera hilada debe estar a 20cm del piso terminado o a 30cm del terreno natural.

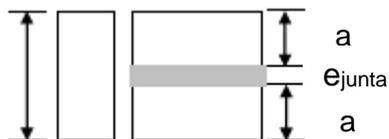
## DIMENSIONES DEL ADOBE TRADICIONAL

Según el Ing. Manuel Gonzales de la Cotera, en su publicación “Construcciones de adobe”, las recomendaciones que debe cumplir un bien adobe, son las siguientes:

1. La longitud del adobe no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega.

$$l < 2a + e_{\text{junta}}$$

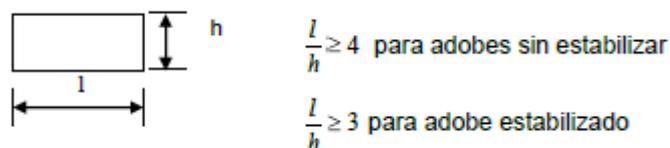
Fig. 9: El espesor de la junta



Fuente: Zelaya, 2007.

2. La relación entre la longitud del adobe en el plano del muro y su altura no debe ser menor que 4 para construcciones hechas con adobe sin estabilización, ni menor que 3 para adobe estabilizado.

Fig. 10: Relación de longitud del adobe

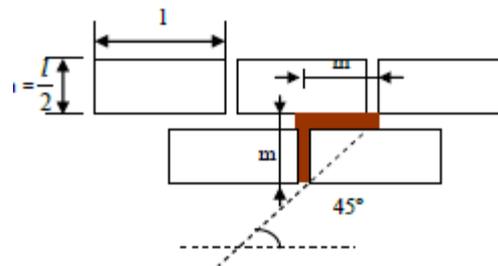


Fuente: Zelaya, 2007.

3. El peso del adobe, debe ser como máximo 30 Kg.

Cuando se observa una pared de adobe, se puede apreciar la falla por sismo que es a 45° (falla por tracción diagonal).

Fig. 11: Falla por sismo de un adobe

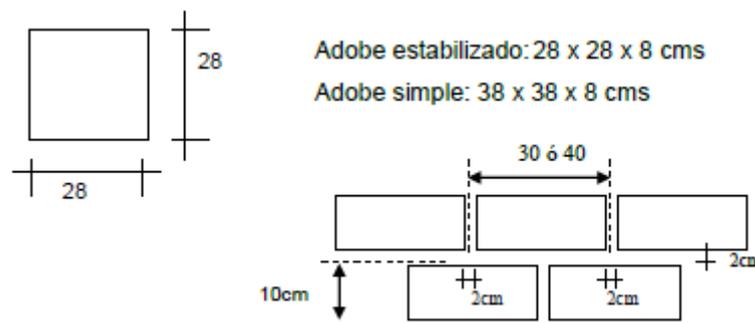


Fuente: Zelaya, 2007.

La falla deberá ser por rotura del adobe y no por la junta. En conclusión, el largo debe ser mayor que el doble del ancho, de tal manera que si se produce falla, sería por rotura del adobe y no en las juntas.  $2l \text{ hl}$ .

También se recomienda adobes cuadrados:

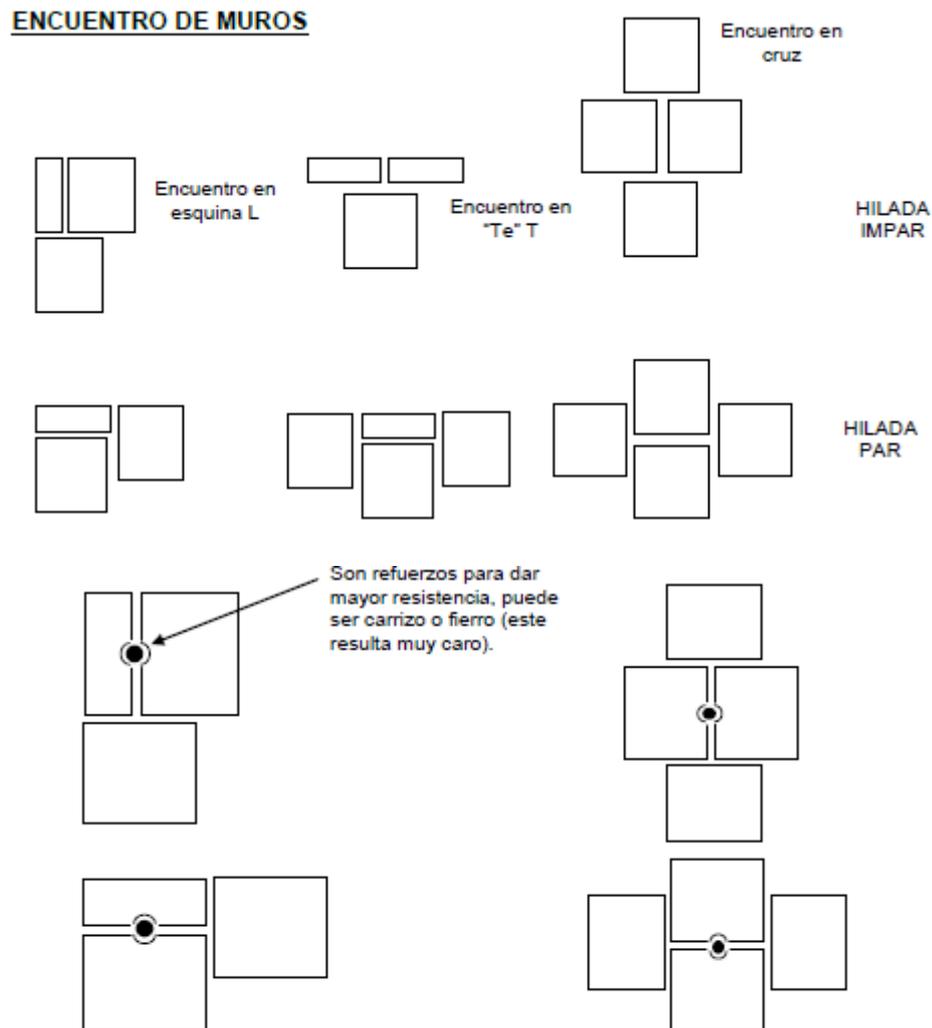
Fig. 12: Espesor de juntas 2cm para adobes cuadrados



Fuente: Zelaya, 2007.

**Ventaja de los adobes cuadrados** 1º su peso 19 Kg (fácil manipuleo) 2º relación 4 @ 3º No se tendrá desperdicios con este tipo de adobe (ver fig.). A lo más se recomienda hacer un medio adobe de 18 x 18 x 8 4º Permite solución correcta de encuentros.

Fig. 13: Tipos de encuentro de muros de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

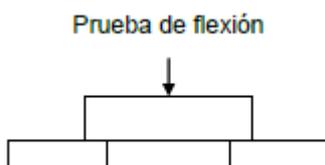
**Tendal:** Debe estar preparado, compactado y de preferencia que lleve una capa de arena fina. Al secarse el adobe se contrae y si hay material grueso se raja, pero la arena fina le sirve como polines y evitan que se rajen. Contenido de humedad del barro, tiene que estar comprendido entre el límite líquido (L.L) y el límite plástico (L.P).

Cuanto más arcilla tenga el barro, el L.L. debe aumentar (las arcillas expansivas tienen un L.L. muy alto mayor de 100). El encogimiento en el adobe se presenta a las 24 horas y alcanza del 80% a 90% del total. El porcentaje de encogimiento, lo debemos tener muy presente, ya que si necesito un adobe de 28 x 28 cm tendré que hacer las gabereras más grandes, en lo que se refiere a la altura se reduce  $\frac{1}{2}$  cm. 5% es un porcentaje aproximado de reducción. Lo recomendable es preparar un adobe y ver cuánto se reduce y con estos datos preparar las gabereras. Si el secado es muy violento el adobe se va a rajarse. Pasado 2 o 3 días al adobe se le puede poner de canto. A las 4 semanas se puede tener ya el adobe para el trabajo, con clima favorable se puede asentar a los 20 días.

### CONTROL DE CALIDAD DEL ADOBE

Prueba de flexión (obtener el módulo de rotura en laboratorio). Carga puntual: una persona de peso promedio (aprox. 70 Kg.) durante 1 minuto. El adobe deberá permanecer entero. Esta prueba es mejor hacerlo con medio adobe, según las normas el módulo de rotura debe ser 2.5 kg/cm<sup>2</sup> Medidas del adobe estabilizado: 28 x 28 x 8cm Medidas del medio adobe 13 x 28 x 8 cm.

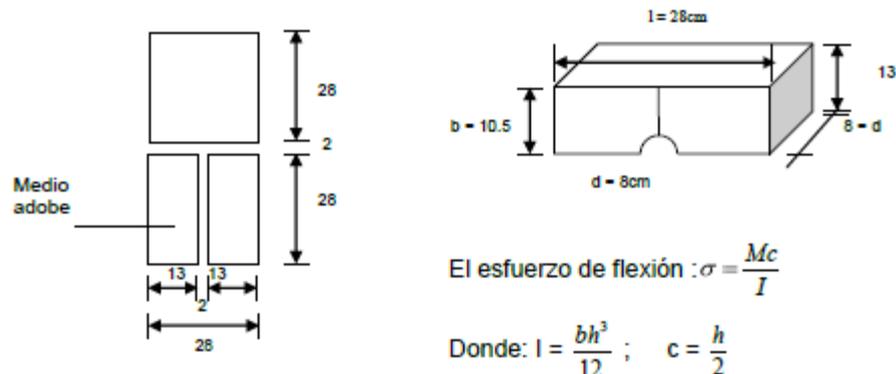
Fig. 14: Prueba a flexión de adobe



Fuente: Zelaya, 2007.

Medidas del adobe estabilizado: 28 x 28 x 8 cm

Medidas del medio adobe 13 x 28 x 8 cm



El esfuerzo de flexión :  $\sigma = \frac{Mc}{I}$

Donde:  $I = \frac{bh^3}{12}$  ;  $c = \frac{h}{2}$

El esfuerzo de flexión:  $\sigma = \frac{Mc}{I}$

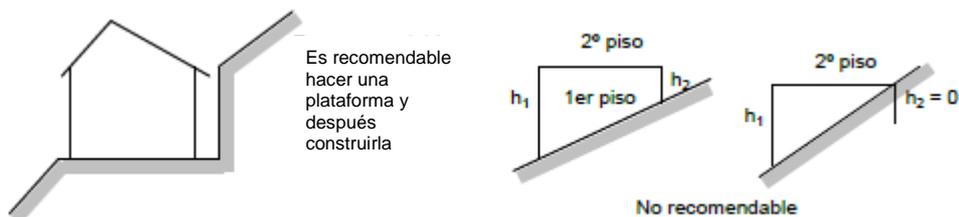
Donde  $I = \frac{bh^3}{12}$  ;  $c = \frac{h}{2}$

$$M = \frac{pl}{4} \quad \sigma = \frac{3}{2} * \frac{pl}{bd^2} \quad \sigma = \frac{3}{2} * 70 * \frac{28}{5 * 8^2} = \frac{5880}{1344} = 4.38 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Zelaya, 2007.

La norma dice: Como:  $4.38 > 2.50$  estamos bien. El módulo de rotura en promedio debe ser =  $3.5 \text{ Kg/cm}^2$ , pero ningún adobe debe tener menos de  $=2.50 \text{ kg/cm}^2$  **Proceso constructivo:** En la sierra se construye con adobe en una ladera y resultan 2 paredes diferentes. Y muchas veces pasa al 2do piso esto no es recomendable.  $2 / 50 .2\text{cm Kg}$

Fig.15: Recomendaciones para el proceso constructivo de las casas de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

## **PARTES PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA**

Según la NTE 080, las partes principales de la estructura son las siguientes:

- a. Cimentación
- b. Muros
- c. Elementos de arriostre
- d. Techo

### **CIMENTACIÓN**

Encargada de transmitir la carga al suelo. La norma exige no construir con adobe en suelos con capacidad portante menores de  $1 \text{ kg/cm}^2$ . Es posible solo cuando se utiliza adobe estabilizado, cuando uso adobe simple (barro + paja): Los suelos blandos producen amplificación del sismo.

La cimentación puede ser corrida de concreto ciclópeo con una relación de 1:12 con 30% P.G. En el caso de no conseguir cemento, este puede ser reemplazado por piedra y barro estabilizado o mezclas con cal. En la norma se establece la profundidad mínima de 40cm si se utilizó concreto ciclópeo, y de 60cm si se usó piedra con barro.

### **SOBRECIMIENTO**

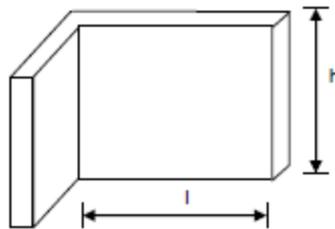
Protege la edificación del adobe, aísla las hiladas inferiores de la humedad, erosiones mecánicas o sales. El agua por capilaridad sube y puede llegar a la primera hilada, por tanto la primera hilada debe estar a: 0.20 m del piso terminado Y a 0.30m como mínimo del suelo natural. El sobrecimiento puede ser de concreto ciclópeo 1:10 con 25% de piedra mediana (6").

**Muros:**

- a. Según las normas sismo-resistente: el espesor (e) mínimo de los muros será la mayor de las siguientes dimensiones:  $e > 1/8 h$ ...  $h =$  altura libre  $e > 1/12$  de la distancia entre los elementos de arriostre verticales b. La longitud entre el extremo libre de un muro y el elemento vertical de arriostre más próximo no excederá de 0.4 veces de altura libre del muro.

$$l < 0.4 h$$

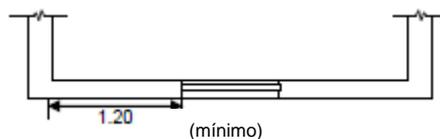
Fig. 16: Dimensiones de muros de adobe según la norma sismo resistente.



Fuente: Zelaya, 2007.

Si resultase mayor, debemos confinar o ponerle una mocheta, pero no dejarlo libre. c. Los vanos de puertas y ventanas deben alejarse como mínimo 1.20 de la pared transversal.

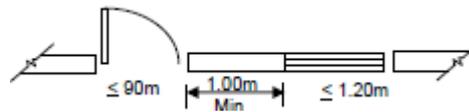
Fig. 17: Recomendaciones para el uso de mochetas en casas de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

Los vanos de puertas y ventanas debe estar separados como mínimo 1.00 m.

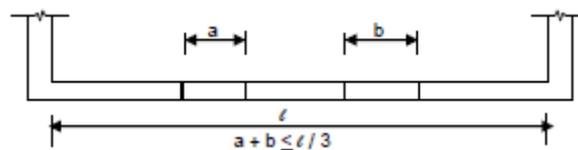
Fig. 18: Separaciones mínimas para los vanos.



Fuente: Zelaya, 2007.

El vano de puerta no debe ser mayor de 90cm. f. El vano de ventana no debe ser mayor de 1.20m ni debe tener una altura mayor de 0.90m.

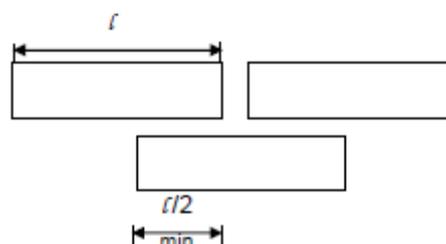
Fig. 19: Vanos en ventanas.



Fuente: Zelaya, 2007.

La suma de los anchos de vanos de una pared no debe ser mayor de 1/3 de su longitud. h. La separación entre casas vecinas debe ser como mínimo: 5cms. i. Si tengo una edificación antigua y quiero arreglarla es preferible construir una pared nueva. j. No se debe construir esquinas en ochavos. Todos los adobes deben quedar trasladados como mínimo ½ adobe.

Fig. 20: Traslape entre adobes como mínimo ½ adobe.

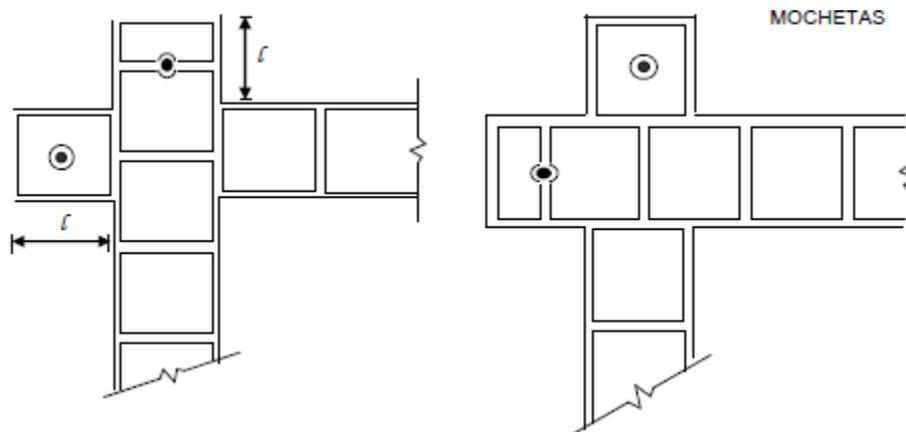


Fuente: Zelaya, 2007.

## Elementos de arriostre

Son muros transversales o mochetas.

Fig. 21: Elementos de arriostre de los muros de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

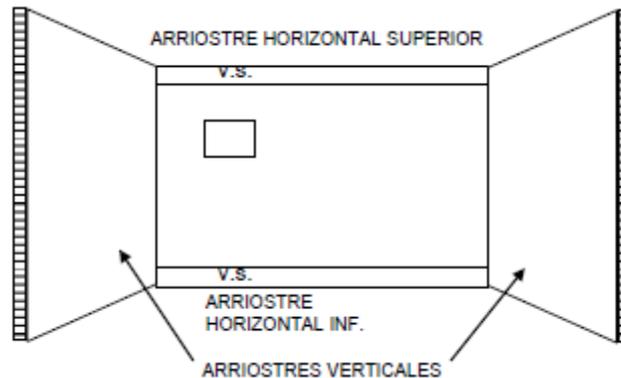
Vigas soleras (v.s.) son elementos que dan amarre a los muros de los cuales toman cargas o se encuentran formando parte integrante.

Una pared es arriostre de otra.

Cuando se usa adobe cuadrado, se solicita pasar un adobe es decir una longitud (ver fig.)

Para diseñar el arriostre hay que considerar que el muro es apoyado, o como losa apoyada sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él.

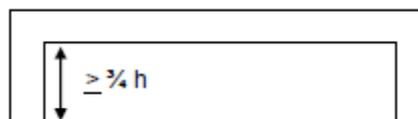
Fig. 22: Tipos de arriostres en un muro de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

La longitud de un muro de arriostre no debe ser menor de  $\frac{3}{4}$  de su altura. Ej. Si tenemos un muro de 2.40m de alto necesita  $\frac{3}{4}$  (2.40) = 1.80 m. de arriostre.

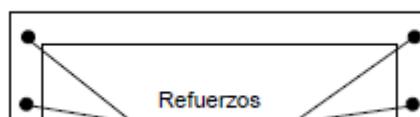
Fig. 23: Longitud de arriostre de un muro de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

En el gráfico si la longitud del muro no cumple con  $\frac{3}{4}h$  entonces no es arriostre pero lo podemos convertir a arriostre colocando refuerzo (caña, etc.). Las cañas pueden ser: caña brava, caña de Guayaquil, carrizos. **Refuerzos:** Para que la caña funcione como refuerzo estando puesto en el muro, debe estar anclado (fijo) en la cimentación y en la parte superior a la viga collar.

Fig. 24: Refuerzos en un muro de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

Para fijarlo a la cimentación. Si uso concreto ciclópeo no hay problema, pero si la cimentación es de piedra y barro, debo poner al final de la caña, alambres, 52 para evitar que se salgan. Las cañas impiden que la edificación colapse totalmente.

**Mortero:** El mortero sirve para pegar los adobes (cemento-arena). El mortero de asiento debe ser de tal naturaleza que se fisure lo mínimo posible, si el mortero se fisura los adobes se separan. El mortero también se encoge, pero como está confinado por los adobes se raja. Es igual mezclar el barro con paja o con arena, con este último el encogimiento es menor. Cuando hay falla, debemos evitar que el mortero falle solo, debemos tratar que esta falla sea del mortero y del adobe

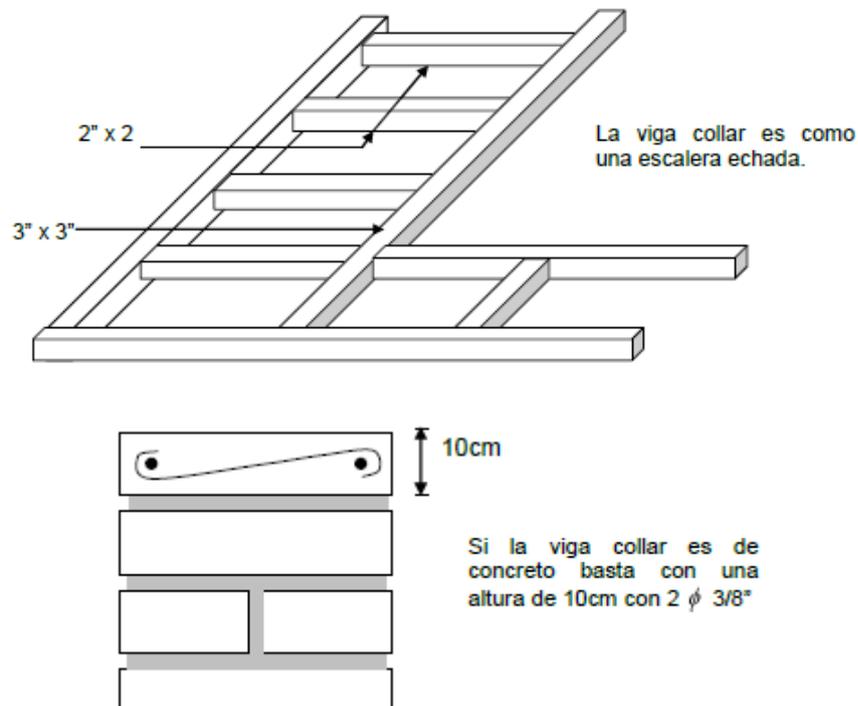
No se debe usar mortero de barro solamente porque falla. Las juntas verticales u horizontales deben tener como máximo 2cms (Zelaya, 2007).

**Techo:** El techo debe ser liviano, en el peor de los casos se puede usar tejas (80kg/m<sup>2</sup>) pero no más allá. El techo puede ser de barro con paja y asfalto, pero esto es muy poco para zonas lluviosas, allí se debe usar calamina. En techos livianos cada muro recibe carga que está de acuerdo al área tributaria (área de influencia) que soporta y no es con respecto a la rigidez del muro. Todo techo debe llevar material aislante y la torta de barro es buen aislante (Zelaya, 2007).

**Viga collar.-** Toda edificación de adobe, debe tener viga collar, anclada adecuadamente al muro, de tal forma que sirva como arriostre, esta puede ser madera, de concreto, también puede ser de malla metálica y concreto. La viga collar debe cumplir la función de dintel (Zelaya, 2007).

La viga collar puede ser madera.

Fig. 25: Vigas principales en techos de una casa de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

La UNI, La Católica han planteado una norma que reemplazó a la dada en el año 1977 sobre construcciones de adobe. Se puede usar tijerales de madera, pero estos no deben ser mayores de 6.

**Revoque.-** Se debe colocar revoque para evitar que el adobe falle por erosión, sobre todo el adobe simple. El adobe estabilizado puede quedar sin revoque. Como material de revoque podemos usar barro solo. El barro-arena o enyesado (Zelaya, 2007).

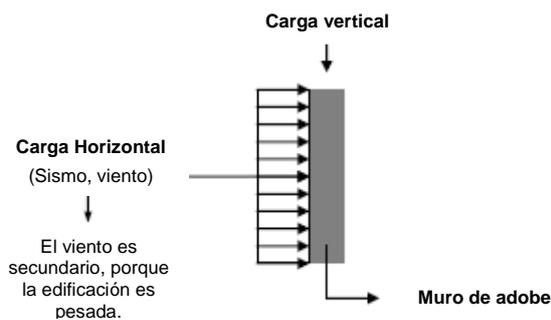
**Instalaciones:** Sanitarias, se recomienda que sea visible. Eléctrica, debe ser empotrada El tubo de ventilación se debe llevar por equina y después revocarla (Zelaya, 2007).

## ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES DE ADOBE

El adobe como elemento constructivo y la albañilería de adobe, tienen características propias, que deben considerarse en el diseño, de igual manera como cuando se utiliza otro material. En el análisis se considera: 1.- Cimentación 2.- Muros 3.- Elementos de arriostre.

El diseño se basa en el MÉTODO ELÁSTICO CLÁSICO o de Cargas de Trabajo y no llega al Método de la Rotura.

Fig. 26: Cargas horizontales en un muro de adobe.



Fuente: Zelaya, 2007.

La prueba a la compresión del adobe se hace en cubitos que se sacan del adobe. La carga que se obtiene de la prueba no es la resistencia del muro, porque en el muro participan otros factores (esbeltez, mortero, etc.) Hasta ahora no se puede relacionar la resistencia del muro; esto es lo que se quisiera saber.

**Cimentación** El estudio de la cimentación, al igual que para otros tipos de construcciones debe iniciarse con el conocimiento de las características del suelo sobre el que se va a construir. El diseño se regirá con los mismos principios utilizados para una cimentación convencional, teniendo especial cuidado en considerar la capacidad portante del suelo, posibilidad de asentamientos, etc.

**Muros** Las cargas que actúan sobre los muros se determinan siguiendo métodos usuales. Para la determinación de las cargas horizontales puede utilizarse los criterios planteados más adelante. Determinadas las cargas, se verificarán que los esfuerzos producidos sean menores o iguales a los esfuerzos admisibles. Para esta verificación se presenta una metodología que se detalla a continuación.

**Muros bajo carga vertical** El esfuerzo admisible se determina, afectando el esfuerzo de rotura con factores de reducción por variabilidad de resistencia real, variabilidad de cargas, excentricidad y esbeltez, factores que influyen en la resistencia de un elemento en compresión. De los estudios realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería, se plantea la siguiente expresión para la determinación del esfuerzo admisible del muro:

$$f_m = \phi_r \phi_c \phi_e \phi_l f'_m \dots \dots (2)$$

Al  $f_m$  le aplicamos otros factores para obtener el  $f_m$  donde:

$f_m$  = Esfuerzo admisible del Muro (no es el esfuerzo a la rotura)

$\phi_r$  = Coeficiente de reducción por variabilidad de la resistencia real. (0.81)

$\phi_c$  = Coeficiente de reducción por variabilidad de cargas. (0.69)

$\phi_e$  = Coeficiente de reducción por excentricidad. (0.77)

$\phi_l$  = Factor de esbeltez.

$f'_m$  = Esfuerzo de rotura a la compresión del prisma estándar.

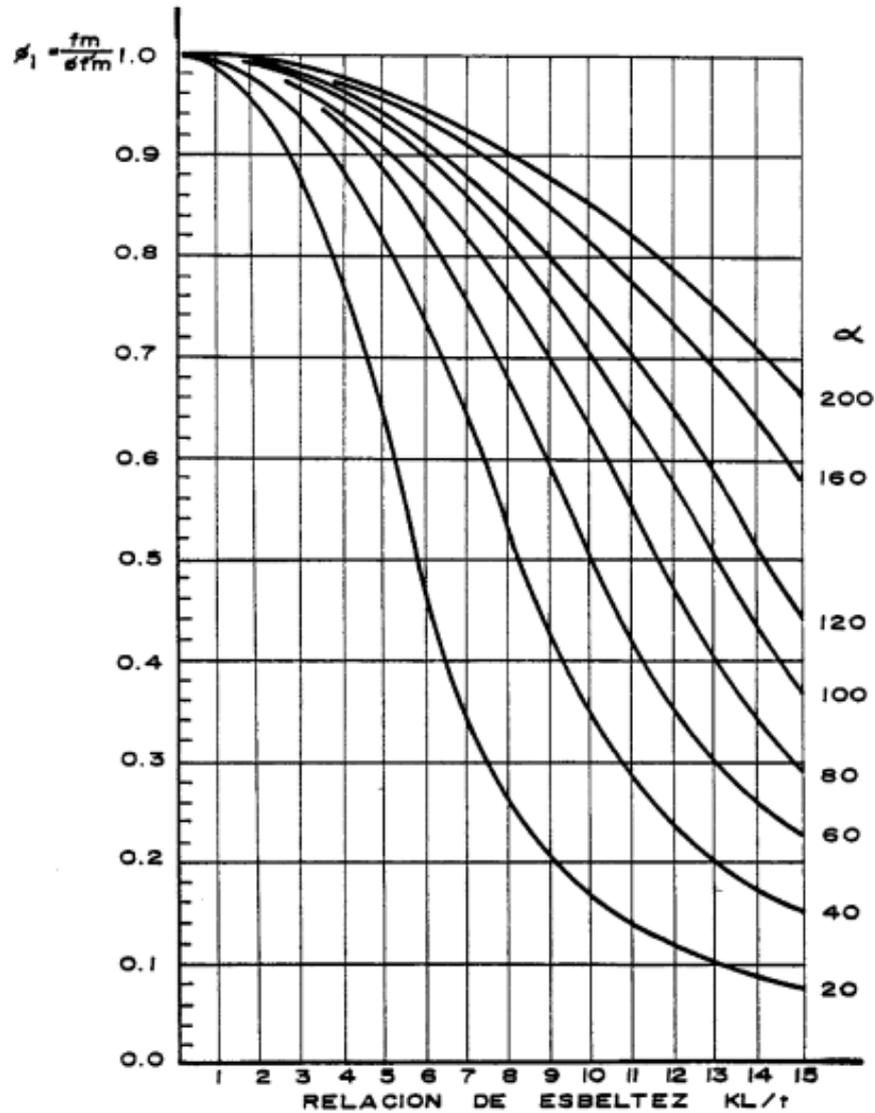
TABLA N° 4: Esfuerzos según el tipo de adobe

<b>ADOBE</b>	<b>MORTERO</b>	<b>E (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
COMÚN	BARRO	1700	8
ESTABILIZADO Asfalto	CEMENTO - ARENA 1:8	4760	19
	SUELTO - ASFALTO S-1%	3000	15

Fuente: Zelaya, 2007.

Por ejemplo para el adobe común  $E = 1700 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow f_m = 8 \text{ kg/cm}^2$

Fig. 27: Curvas para la determinación de esfuerzos admisibles en muros portantes.



Fuente: Merino, 1971.

## FLEXIÓN Y CORTE

Resistencia en flexión: La resistencia en flexión en un plano horizontal de la albañilería de adobe con y sin refuerzo, la resistencia del muro sin reforzar resultó muy pequeña, mientras que con refuerzo se llegó hasta una resistencia 39 veces mayor cuando uso mortero de barro con cemento, pero solo 4 veces mayor cuando uso mortero de barro simple (Moromi, 1971).

Resistencia en corte: La resistencia del muro sin reforzar fue de 0.123 kg/ cm<sup>2</sup> y la más alta resistencia obtenida fue 0.268 kg/ cm<sup>2</sup>, correspondiente al espécimen reforzado en ambos bordes verticales y también horizontalmente cada tres hiladas (Minchola, Guanilo, & Merino, 1974).

### Muros con cargas horizontales en su plano

El muro puede fallar por: Volteo, Corte, Deslizamiento, Tracción Diagonal.

El esfuerzo cortante que actúa en un muro está dado por la expresión:

$$V_{act} = \frac{V}{Lt}$$

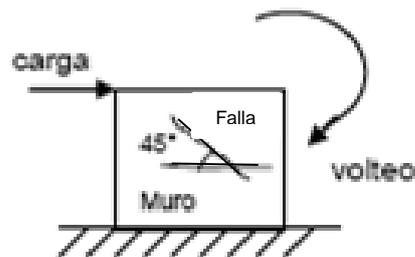
Donde:

V<sub>act</sub>: Esfuerzo cortante

V: Carga horizontal

L: Longitud del muro

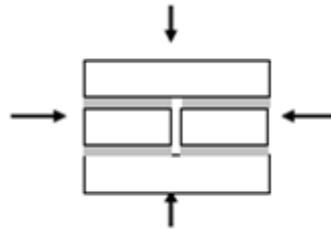
T: Espesor del Muro



### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ Esfuerzo de compresión se aplica y se deja allí.}$$

*Luego se aplica la carga horizontal y se trata que los dos medios adobes se junten y allí se produce el corte*



La expresión de Coulomb:  $v f$

Dónde:

$v$ : Esfuerzo cortante del muro, que se calcula por la prueba de Corte directo o esfuerzo tangencial de falla, kg/ cm<sup>2</sup>

Esfuerzo de adherencia (cohesión) kg/ cm<sup>2</sup>

$f$  : Coeficiente de fricción aparente

Esfuerzo de confinamiento (compresión unitaria), kg/ cm<sup>2</sup> lo obtenemos de  $A/P$

Los parámetros  $v$  y  $f$  se determinan a partir de ensayos de corte directo. Ejemplo se ensayó seis especímenes, tres con 0 y tres con 0.5 a 1.0 kg/ cm<sup>2</sup>, se eligió un valor de  $P$ . sea  $P_1$ , lo mantengo constante y obtengo  $1 = P_1/A$ , luego elijo  $P_2$  y obtengo  $2 = P_2/A$

Grafico estos puntos, los unimos y obtenemos una recta, esta corta a la ordenada y ese valor es del parámetro.

Calculado  $v$ , ya se puede obtener  $v_{adm}$  con la siguiente fórmula:

$$V_{adm} = \text{factor } (v)$$

El reglamento actual para construcciones de adobe simple, nos da como valor del factor igual a 0.45, obteniéndose:

$$V_{adm} = 0.45 (v)$$

$$V_{adm} = 0.45 (u + fo)$$

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Sismo:** Serie de vibraciones de la superficie terrestre generadas por un movimiento brusco y repentino de las capas internas (corteza y manto) (A. S. , 1995).
- **Riesgo Sísmico:** Es la probabilidad de que las consecuencias sociales o económicas producidas por un terremoto igualen o excedan valores predeterminados, para una localización o área geográfica dada (Torre, 2013).
- **Vulnerabilidad Sísmica:** Es la cuantificación del daño o grado de daño que se espera sufra una determinada estructura o grupo de estructuras, sometida o sometidas a la acción dinámica de una sacudida del suelo de una determinada intensidad (Torre, 2013).
- **Peligro Sísmico:** Es la probabilidad de que el valor de un cierto parámetro que mide el movimiento del suelo (intensidad; aceleracion,..) sea superado en un determinado periodo de tiempo (t), también llamado periodo de exposición (Torre, 2013)..
- **Diseño:** Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles y estéticos (Zelaya, 2007).
- **Flexión:** La flexión es una fuerza en la que actúan simultáneamente fuerzas de tensión y compresión; por ejemplo, cuando se flexiona una varilla, uno de sus lados se estira y el otro se comprime (A. S. , 1995).

- **Corte:** es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo una viga o un pilar (Zelaya, 2007).
- **Adobe:** El adobe es una pieza para construcción hecha de una masa de barro (arcilla y arena) mezclada con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol; con ellos se construyen paredes y muros de variadas edificaciones (NTE E.080).
- **Falla:** Falla es una diferencia inaceptable entre el desempeño esperado y observado (ASCE Technical Council on Forensic Engineering, 2015).

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

La vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe del C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca, es media.

### 3.2. Operacionalización de variables

#### 1.1 Variables

##### 3.2.1 Variables Independientes (VI).

- Vulnerabilidad Sísmica.

##### 3.2.2 Variables Dependientes (VD).

- Viviendas de adobe de la Huaraclla. (Diseño arquitectónico-características).

#### 1.2 Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Vulnerabilidad Sísmica	Conjunto de parámetros capaz de predecir el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones	Relación adimensional de muros.	Ae/Ar.
		Resistencia al corte.	Resistencia al corte de las muestras de adobe (Kg/cm <sup>2</sup> o KPa).
		Resistencia a la compresión.	Resistencia a la compresión de la Albañilería y de la unidad de adobe (Kg/cm <sup>2</sup> ).

	probables de sismo.		
--	------------------------	--	--

## **CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo de diseño de investigación.**

La tesis es de tipo descriptiva, y explicativa, pues se evalúan las características generales que tienen las viviendas de adobe, se interpreta y explica su nivel de vulnerabilidad de las viviendas ante un sismo analizando su densidad de muros.

### **4.2. Material.**

#### **4.2.1. Unidad de estudio.**

Cada vivienda de adobe del C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca.  
La unidad de análisis será netamente el adobe, por lo tanto, cada unidad será cada casa fabricada de adobe, perteneciente a la Huaraclla.

#### **4.2.2. Población.**

La población estuvo constituida por 60 viviendas de adobe en el C.P. La Huaraclla.

#### 4.2.3. Muestra.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el muestreo aleatorio simple que se calculó con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{E^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

Donde:

n = Muestra óptima.

N = Tamaño de la población.

p y q = parámetros estadísticos de la población (cuando son desconocidos se le asigna p = 50 y q = 50).

E = Nivel o margen de error admitido 5%, considerado por el investigador.

Z = Número de desviaciones estándar con respecto a P asociados a un nivel de confianza de 95%.

Reemplazando valores:

N= 60

n = 13

### 4.3. Métodos.

#### 4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Dentro de los instrumentos de recolección de datos utilizados en la tesis, mencionaremos:

- Observación: Se diagnosticó las viviendas de adobe en el Centro Poblado La Huaraclla, dado que las construcciones con adobe en el lugar estudiado guardan cierta similitud en cuanto a su morfología y también al procedimiento constructivo.
- Entrevistas a los propietarios de las viviendas, y al fabricante de adobe perteneciente a la zona sobre la antigüedad y procedimientos constructivos.

En base a ello se analizó la vulnerabilidad de viviendas actuales de adobe y la inclusión de elementos estructurales que permitan resistir los sismos severos.

Para esto se aplicó:

- Ficha para recopilación de datos.
- Hojas de cálculo Excel.

El Levantamiento Topográfico de las viviendas se realizó utilizando las siguientes herramientas del Gabinete de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte:

- Wincha.
- GPS.
- Lápiz.
- Hojas.

- EPP.

Los planos arquitectónicos se muestran en el Anexo 04.

- Ensayos: Primero se realizó el corte de los adobes en forma cúbica según la norma NTE E.080. Luego se utilizó el laboratorio de concreto para realizar los ensayos a la compresión de los bloques de adobe extraídas como muestras de cada vivienda. Se evaluó la resistencia a compresión del adobe de las viviendas del C.P. La Huaraclla, para lo cual se utilizó ensayos en laboratorio de compresión; estos ensayos fueron realizados a las 13 viviendas muestreadas, los resultados de estos análisis se muestran en el Anexo N° 06.

#### **4.3.2. Procedimientos**

##### **1. Recopilación de información.**

Tres visitas de campo:

La primera visita constó en el reconocimiento y análisis de las viviendas de adobe del C.P. Huaraclla.

La segunda para selección de viviendas y registro de mediciones realizando entrevistas con los pobladores aplicando la ficha de reporte de vulnerabilidad.

La tercera para extraer las muestras de adobe de las viviendas seleccionadas.

## **2. Levantamiento arquitectónico.**

Se realizó el levantamiento arquitectónico con wincha, de las viviendas de adobe de la Huaraclla, también en la tercera visita.

## **3. Descripción de las lesiones y alteraciones comunes**

De acuerdo a la bibliografía relacionada a la caracterización de daños en construcciones de adobe del Ing. Torrealva (D. Torrealva, 2003), y de Consideraciones sismorresistentes de viviendas de adobe del Ing. Urbano Tejada (U. Tejada, 2001), se identificaron los daños en las viviendas del C.P. La Huaraclla y alrededores. También se buscó identificar daños particulares debido a procesos constructivos típicos de la zona estudiada.

## **4. Ensayo a la compresión de la unidad**

### **La NTE E.080 señala:**

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

El valor de esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia última ( $f_o$ ) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de resistencia a la compresión mínima aceptable de 12 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería.

Posteriormente se estimó una relación entre la resistencia a compresión y el factor  $v'm$  para el análisis sísmico de las viviendas.

## **5. Análisis y diagnóstico**

Luego de tener los planos arquitectónicos entre las viviendas del lugar y haber identificado sus características principales, se procedió a analizar la vulnerabilidad, habiendo realizado el ensayo de compresión a las muestras de adobe y haber estimado una relación entre ésta y el  $v'm$ .

El análisis de éstos será comparado en una tabla final, determinando un nivel promedio de vulnerabilidad de las viviendas de la zona.

A partir del total de viviendas seleccionadas, se elaboraron las tablas donde se registraron los problemas estructurales encontrados. Según esta información se determinó que algunos problemas son comunes en todas las viviendas seleccionadas.

Se tabuló información y observaciones de las viviendas seleccionadas. Los resultados incluyen: los puntos débiles de la vivienda, la calidad de la construcción y los factores que afectan negativamente la resistencia de los elementos estructurales.

Finalmente se resumió en tablas para verificar y analizar los resultados de los cálculos de vulnerabilidad sísmica.

## **CAPÍTULO 5. DESARROLLO**

### **5.1. FICHA DE REPORTE**

#### **5.1.1. Alcances de la ficha de reporte**

Las fichas de reporte son hojas de cálculo elaboradas en MS Excel. En ellos se sintetiza, completa y ordena la información estructural, arquitectónica y constructiva, recopilada de cada vivienda seleccionada.

Estas fichas incluyen el análisis y cálculo de la vulnerabilidad, riesgo y peligro sísmico de cada vivienda. La ficha de reporte está constituida por 03 páginas.

La primera incluye los antecedentes, aspectos técnicos, deficiencias constructivas.

En la segunda página se hacen los cálculos para el análisis sísmico. Estos son la densidad de muros mínima requerida en la vivienda en cada dirección considerando la calidad de la mano de obra y de los materiales.

En la parte inferior se analiza la estabilidad al volteo de tabiques, cercos y parapetos. Además se presentan los cálculos para analizar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas seleccionadas. La vulnerabilidad sísmica está en función a la vulnerabilidad estructural y a la vulnerabilidad no estructural.

También se incluyen los planos de planta de la vivienda.

En la última página se muestra fotos de los problemas más resaltantes de la vivienda.

#### **5.1.2. Descripción detallada de ficha de reporte**

A continuación se describirá de una forma más detallada el contenido de las fichas de reporte:

### 5.1.2.1. Datos Generales

a. Código de vivienda

El número correlativo de la vivienda seleccionada.

b. Fecha de encuesta

El día, mes y año en que se realizó el reporte.

c. Ubicación de la vivienda

La dirección de la vivienda, incluye el distrito, la zona en que se ubica: urbana o rural; el tipo y nombre de vía: avenida, calle, pasaje, jirón, carretera.

d. ¿Recibió asesoría técnica para la construcción de su vivienda?

Si algún profesional de la rama, dirigió la asesoría de la construcción de la vivienda. Adicionalmente las personas que participaron en su construcción.

e. Antigüedad de la vivienda

Para tener conocimiento si habitó en la vivienda mientras la construían o después de haber sido terminada.

f. Pisos existentes y proyectados en la vivienda

Para tener presente cuantos pisos más podrían ampliarse la vivienda.

### 5.1.2.2. Datos Técnicos

a. Entorno de la vivienda

Características de la zona.

b. Tipo de suelo

El tipo de suelo clasificado, sobre el cual se encuentra la vivienda. Los tipos de suelo son: rígidos, intermedios y flexibles. Además si es necesario, agregar información acerca de algunos componentes característicos observados, como gravas, arcillas, limos, etc.

c. Características de los principales elementos de las viviendas

- Cimentación: Las dimensiones y profundidad aproximadas de la cimentación que el propietario pueda proporcionar. La información de los materiales empleados en su construcción.
- Muros: Las dimensiones de la unidad de adobe utilizada. También se incluirá la medida aproximada de las juntas entre las unidades de adobe y el espesor de los muros.
- Columnas y Vigas: Las dimensiones de la sección de los diferentes elementos y el tipo de refuerzo de los mismos de ser visible. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto se indicará el tipo y sus dimensiones.
- Techo o Entrepiso: Se especifica si se utilizó diafragma rígido, como plantas de madera. En caso de haber otros materiales diferentes a la madera, se indica el tipo y sus dimensiones.

d. Observaciones y comentarios

Describe los problemas o aspectos resaltantes observados durante la visita de la vivienda. Los aspectos estructurales involucran: estado de los elementos estructurales, muros con grietas o fisuras producidas por sismos o continuidad en los muros de un piso a otro.

En los aspectos constructivos y de material se tiene la presencia de eflorescencia, variedad en las dimensiones de las unidades de adobe. O cualquier característica no considerada en la ficha de reporte que pueda influir en la vulnerabilidad de la vivienda. De esta manera, también se evalúan otros factores que puedan afectar negativamente el comportamiento sísmico de la vivienda.

### 5.1.2.3. Esquema de la Vivienda

El esquema de la vivienda presenta los planos de planta de las viviendas seleccionadas, archivadas como Anexo. Estos son elaborados a partir de bosquejos efectuados durante la visita, para ello se utilizó el software AutoCAD.

#### **5.1.2.4. Información Complementaria**

Se identifica y clasifican los principales defectos que pudieran afectar la vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con los siguientes ítems:

a. Problemas de ubicación

Son propios de la zona donde se sitúa la vivienda, tales como estar sobre quebradas, rellenos sanitarios, viviendas con asentamiento, viviendas en pendiente pronunciadas, nivel freático visible o suelo no consolidado.

b. Problemas de estructuración

Son los principales errores estructurales encontrados, fuera de la inadecuada densidad de muros. Los problemas de configuración como: losa a desnivel con vecino, insuficiencia de junta sísmica, reducción en planta, juntas frías o torsión en planta. Los problemas en los muros abarcan: unión muro y techo, muros sin viga solera, muros resistentes a sismo sin confinar o muros inadecuados para soportar empuje lateral. U otros problemas estructurales como: tabiquería sin arriostre o cercos no aislados de la estructura. Todos estos problemas incrementan de manera significativa la vulnerabilidad de la vivienda.

c. Problemas constructivos

Son los principales factores degradantes en las viviendas. Estos son: los elementos expuestas y corroídas por intemperismo, juntas de construcción mal ubicadas, combinación de adobe con ladrillo o tapial en muros, unión muro-techo no monolítica, Muros inadecuados para soportar empuje lateral, unidades de adobe o tapial de baja calidad. Estos problemas pueden generar la degradación de la resistencia estructural de las viviendas con el paso del tiempo.

d. Mano de obra

El investigador, de acuerdo con la calidad de construcción de muros y elementos de concreto armado, califica la mano de obra como buena, regular o de mala calidad, considerando lo siguiente:

- Mala calidad, corresponde a presencia de juntas entre unidades de adobe mayores a 3cm, elementos desaplomados, juntas completamente de barro.
- Regular calidad, son viviendas con elementos de adobe con juntas de 2 a 3 cm, presencia de elementos más o menos desaplomados, y juntas medianamente hechas de barro.
- Buena calidad, presencia de adobes con juntas de 1 a 2 cm en elementos aplomados. Buena combinación al realizar la junta o mortero.

e. Materiales deficientes

Se califica la calidad de los materiales de construcción empleados en la vivienda, en especial la calidad de las unidades de adobe. El tesista verificará si los bloques de adobe son de fabricación insitu.

f. Otros

De existir otro problema en la vivienda no descrito anteriormente que influya en el buen comportamiento sísmico, se procede a anotar y describir adecuadamente.

### 5.1.3. Antecedentes

Se sintetiza datos de los reportes como la ubicación de las viviendas y el tipo de asesoría que recibió durante las etapas de diseño y de construcción de la vivienda.

Además el número de pisos existentes y los proyectados a futuro, la duración de la construcción y la secuencia constructiva.

La topografía y geología del terreno de la vivienda, donde se detalla la pendiente y el tipo de suelo sobre el cual está la vivienda. El estado de la vivienda es una descripción general de cómo se encuentra la vivienda actualmente, los principales defectos y en qué etapa de la construcción se encuentra la vivienda.

A continuación en la Fig. 28, se presenta los Antecedentes de la Ficha de Reporte N°1

Fig. 28: Ficha de reporte - Antecedentes

FICHA DE REPORTE		CODIGO VIVIENDA ENCUESTADA	
		SISTEMA ESTRUCTURAL	A-1 ADOBE
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN		VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE EN LA HUARACLLA, JESÚS, CAJAMARCA, 2015	
INVESTIGADOR		ÁLVAREZ GUEVARA, DANIEL ALEJANDRO	
<b>I. ASPECTOS INFORMATIVOS</b>			
<b>1. ANTECEDENTES</b>			
Departamento : CAJAMARCA		Provincia : CAJAMARCA	
Distrito : JESÚS		Dirección:	
Dirección técnica en el diseño: No tiene			
Dirección técnica en la construcción: Solo tuvo dirección técnica de un maestro de obra y personal no calificado.			
Pisos construidos: 1		Pisos proyectados: 1 Antigüedad de la vivienda: 7 años	
Peligros naturales potenciales que afectan la vivienda: Los peligros más significativos son las lluvias fuertes y los vientos			
Topografía y geotécnica: Suelo arcilloso con nivel freático en tiempo de lluvia a 0.70m			
Estado de la vivienda: Vivienda en buen estado y ubicada cerca a una quebrada.			
Presenta muros ligeramente pandeados.			

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

### 5.1.3.1. Aspectos Técnicos

#### a. Elementos de la Vivienda

Se detalla los tipos de materiales usados y las dimensiones de los elementos estructurales de las viviendas.

b. Deficiencias de la estructura

Se describe los problemas más comunes que tienen las viviendas. Estos problemas están referidos a la ubicación de las viviendas, problemas constructivos y estructurales, la calidad de mano de obra y algún otro que pueda afectar la vulnerabilidad de la vivienda.

A continuación en la Fig. 29, se presenta los Aspectos Técnicos de la Ficha de Reporte

Fig. 29: Ficha de reporte – Aspectos Técnicos.

II. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA VIVIENDA																															
<b>Elementos de la vivienda:</b>																															
Elementos	Características																														
Cimientos	Concreto ciclópeo 1:12 + P.G.																														
Sobrecimiento	Concreto ciclópeo 1:8 + P.M.																														
Muros	Adobe de 40*30*12, juntas de 2.00 cm @ 2.5 cm.																														
Contrafuertes	No tiene contrafuertes.																														
Techo	Conformado por tijerales de madera, teja andina.																														
Columnas	Solo posee columna en la parte frontal de la vivienda																														
Vigas	Viga que amarra las columnas ubicadas en la parte frontal																														
Otros																															
<b>Deficiencias de la estructura:</b>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROBLEMAS DE UBICACIÓN</th> <th>PROBLEMAS ESTRUCTURALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Vivienda sobre suelo de relleno</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Densidad de muros inadecuada</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Vivienda sobre suelo no consolidado</td> <td><input type="checkbox"/> Muros sin viga solera de madera o concreto</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Vivienda con asentamiento</td> <td><input type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Vivienda en pendiente</td> <td><input type="checkbox"/> Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Otros:</td> <td><input type="checkbox"/> Dinteles con reducida longitud de apoyo</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Torsión en planta</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Vivienda sin junta sísmica</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Otros:</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Vivienda muy alargada con respecto a su ancho</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>MANO DE OBRA</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala</td> </tr> <tr> <td></td> <td>OTROS</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Posee problemas de drenaje, porque solo cuenta con techo a una agua.</b></td> </tr> </tbody> </table>		PROBLEMAS DE UBICACIÓN	PROBLEMAS ESTRUCTURALES	<input type="checkbox"/> Vivienda sobre suelo de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Densidad de muros inadecuada	<input type="checkbox"/> Vivienda sobre suelo no consolidado	<input type="checkbox"/> Muros sin viga solera de madera o concreto	<input type="checkbox"/> Vivienda con asentamiento	<input type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo	<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda en pendiente	<input type="checkbox"/> Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados	<input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Dinteles con reducida longitud de apoyo		<input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada		<input type="checkbox"/> Torsión en planta		<input type="checkbox"/> Vivienda sin junta sísmica		<input checked="" type="checkbox"/> Otros:		<b>Vivienda muy alargada con respecto a su ancho</b>		MANO DE OBRA		<input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala		OTROS		<b>Posee problemas de drenaje, porque solo cuenta con techo a una agua.</b>
PROBLEMAS DE UBICACIÓN	PROBLEMAS ESTRUCTURALES																														
<input type="checkbox"/> Vivienda sobre suelo de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Densidad de muros inadecuada																														
<input type="checkbox"/> Vivienda sobre suelo no consolidado	<input type="checkbox"/> Muros sin viga solera de madera o concreto																														
<input type="checkbox"/> Vivienda con asentamiento	<input type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo																														
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda en pendiente	<input type="checkbox"/> Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados																														
<input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Dinteles con reducida longitud de apoyo																														
	<input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada																														
	<input type="checkbox"/> Torsión en planta																														
	<input type="checkbox"/> Vivienda sin junta sísmica																														
	<input checked="" type="checkbox"/> Otros:																														
	<b>Vivienda muy alargada con respecto a su ancho</b>																														
	MANO DE OBRA																														
	<input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala																														
	OTROS																														
	<b>Posee problemas de drenaje, porque solo cuenta con techo a una agua.</b>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Muros expuestos a lluvia</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Juntas de construcción mal ubicadas</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Combinación de adobe con ladrillo o tapial en muros</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Unión muro techo no monolítica</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Muros inadecuados para soportar empuje lateral</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Unidades de adobe o tapial de baja calidad</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Otros:</td> </tr> </tbody> </table>		PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS	<input type="checkbox"/> Muros expuestos a lluvia	<input type="checkbox"/> Juntas de construcción mal ubicadas	<input type="checkbox"/> Combinación de adobe con ladrillo o tapial en muros	<input type="checkbox"/> Unión muro techo no monolítica	<input type="checkbox"/> Muros inadecuados para soportar empuje lateral	<input type="checkbox"/> Unidades de adobe o tapial de baja calidad	<input checked="" type="checkbox"/> Otros:																						
PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS																															
<input type="checkbox"/> Muros expuestos a lluvia																															
<input type="checkbox"/> Juntas de construcción mal ubicadas																															
<input type="checkbox"/> Combinación de adobe con ladrillo o tapial en muros																															
<input type="checkbox"/> Unión muro techo no monolítica																															
<input type="checkbox"/> Muros inadecuados para soportar empuje lateral																															
<input type="checkbox"/> Unidades de adobe o tapial de baja calidad																															
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:																															

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

### 5.1.3.2. Análisis sísmico

- a. Verificación de la densidad de muros del primer piso ante los sismos severos para adobe.

El análisis por sismo, de las viviendas de adobe, se basa principalmente en la comparación de la densidad de muros. Entre la densidad existente, con la densidad mínima requerida de muros para que las viviendas soporten adecuadamente el cortante sísmico generado por los sismos severos (0,4g). La verificación de la densidad se realiza en los muros del primer piso de la vivienda por soportar mayor carga sísmica.

Para determinar el área mínima de muros en la ecuación (6.1), que debe tener cada vivienda en su primer piso. Se ha supuesto que el esfuerzo cortante actuante debe ser menor que el esfuerzo de corte resistente de los muros.

$$\frac{VE}{Ar} = \frac{VR}{Ae} \quad (6.1)$$

Donde:

VE = Fuerza cortante actuante (kN) producida por sismo severo.

VR = Fuerza de corte resistente (kN) de los muros en un nivel.

Ar = Área (m<sup>2</sup>) requerida de muros.

Ae = Área (m<sup>2</sup>) existente de muros confinados.

La fuerza cortante en la base VE se expresa como (NTE E.030 2003)

$$VE = \frac{ZUSC}{R} P \quad (6.2)$$

Donde:

Z = Factor de zona = 0.4

U = Factor de uso para viviendas = 1

S = Factor de suelo

Suelo rígido = 1

Suelo intermedio = 1.2

Suelo flexible = 1.4

C = Factor de amplificación sísmica = 2.5

R = Factor de reducción = 3

$P$  = Peso de la estructura (kN)

El peso de la estructura se detalla en la siguiente expresión:

$$P = A_{tt} \cdot \gamma$$

$A_{tt}$  = Suma de las áreas techadas (m<sup>2</sup>) de todos los pisos de la vivienda

$\gamma$  = Peso metrado por m<sup>2</sup> (Kn/m<sup>2</sup>) reduciendo la sobrecarga al 25%

Fig. 30: Análisis por sismo

<b>a. Análisis por sismo (H=SUCP; U=1)</b>							
N° de Pisos=		1	S=		1.2	C=	0.15
Peso prom. x m <sup>2</sup> (muros de e=0.4m) =			16	kN/m <sup>2</sup>		v/m=	24.52 kPa
Área en	Peso prom.	Cort. Basal	Área de muros		Relación	Resultado	
planta Ap	por área	H=SUCP	Existente Ae	Requerida Ar	Ae / Ar		
m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Adim.		
<b>Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")</b>							
86.9	16	250.2	10.2	10.2	1.00	<b>Adecuada</b>	
<b>Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")</b>							
86.9	16	250.2	13.2	10.2	1.29	<b>Adecuada</b>	

Fuente: Elaboración Propia

g. Estabilidad de muros al volteo.

El análisis de estabilidad de muros se aplica a los muros no portantes: tabiques, parapetos y cercos. Este análisis se realiza mediante una comparación el Momento resistente ( $M_r$ ) y el momento actuante debido a sismo ( $M_a$ ). Ambos momentos son paralelos a los planos de los muros y calculados en la base de los muros.

En el análisis se han considerado los muros que no tienen diafragma rígido. Así como cercos y parapetos que carecen de arriostamiento en alguno de sus lados y tienen una longitud excesiva, siendo necesario verificar su estabilidad ante fuerzas sísmicas.

Para el cálculo de  $M_a$  se establece primero la carga sísmica  $V$  que actúa durante un sismo perpendicular al plano del muro (MVCS 2003).

$$V = ZUC_1P \quad (6.15)$$

Donde:

V = Carga sísmica que actúa durante un sismo (KN/m<sup>2</sup>)

Z = Factor de zona

U = Factor de uso (Vivienda =1)

C1 = Coeficiente sísmico

P = Peso del muro por unidad de área del plano del muro (KN/m<sup>2</sup>)

El peso P está dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_m * t \quad (6.16)$$

Donde:

P = Peso KN/m<sup>2</sup>

$\gamma_m$  = Peso específico del muro.

t = Espesor del muro (m)

Los valores de C, según la actual norma de diseño sismorresistente E.030:

Para parapetos C1 = 1.3

Para tabiques C1 = 0.9

Para cercos C1 = 0.6

El momento actuante perpendicular al plano del muro (San Bartolomé 1998) está dado por la siguiente expresión:

$$Ma = m. v. a^2 \quad (6.17)$$

Donde:

Ma = Momento actuante (KN – m/ml)

m = Coeficiente de momentos

a = Dimensión crítica (m)

V = Carga sísmica perpendicular

Fig.31. Tabla de verificación de muro a corte.

**b. Tabla de verificación de muro a corte**

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo Sísmico a Corte kPa	Esfuerzo Admisible vadm=25kPa
	e m	L m	A trib. m <sup>2</sup>	Peso kN		
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M1X	0.40	3.30	6.6	105.60	14.4	OK
M2X	0.40	1.20	2.40	38.40	14.4	OK
M3X	0.40	2.91	7.86	125.71	19.4	OK
M4X	0.40	1.40	4.86	77.76	25.0	OK
M5X	0.40	4.20	9.50	152.00	16.3	OK
M6X	0.40	4.20	8.50	136.00	14.6	OK
M7X	0.40	4.20	10.50	168.00	18.0	OK
M8X	0.40	6.82	7.50	120.03	7.9	OK
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M1Y	0.40	12.00	13.20	211.20	7.9	OK
M2Y	0.40	2.50	6.21	99.36	17.9	OK
M3Y	0.40	2.40	6.21	99.36	18.6	OK
M4Y	0.40	4.20	12.90	206.45	22.1	OK
M5Y	0.40	12.00	13.20	211.20	7.9	OK

Fuente: Elaboración Propia, 2015

h. Vulnerabilidad sísmica de la vivienda

La vulnerabilidad estructural está en función a los siguientes parámetros:  
La densidad de muros (con incidencia del 60%), la calidad de mano de obra y la calidad de materiales (con incidencia del 30%). La vulnerabilidad no estructural está en función a un solo parámetro: la estabilidad de muros al volteo (con incidencia del 10%) para el caso de tabiques y parapetos.

Fig.32: Vulnerabilidad sísmica

Factores influyentes para el riesgo sísmico					
Vulnerabilidad					
Estructural				No estructural	
Densidad		Mano de obra y materiales		Tabiquería	
Adecuada	<b>x</b>	Buena calidad		Tdos estables	<b>x</b>
Aceptable		Regular calidad	<b>x</b>	Algunos estables	
Inacecuada		Mala calidad		Todos inestables	
Vulnerabilidad				<b>Baja</b>	

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

### 5.1.3.3. Diagnóstico

Los parámetros analizados, en la vulnerabilidad, se les han asignado un valor numérico. En función a estos valores numéricos se ha dividido la calificación de la vulnerabilidad en tres categorías: baja, media y alta.

Tabla.N°5: Valores de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica.

Vulnerabilidad					
Estructural				No estructural	
Densidad		Mano de obra y materiales		Tabiquería y parapetos	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Fuente: Elaboración propia, 2015

Para evaluar la vulnerabilidad de cada una de las viviendas se ha establecido un rango de valores donde la vulnerabilidad sísmica es baja (de 1 a 1,4), media (de 1,5 a 2,1) y alta (de 2,2 a 3).

A continuación la Tabla N° 6 con las diferentes combinaciones para la vulnerabilidad sísmica.

Tabla N° 6: Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

VULNERABILIDAD SÍSMICA	Estructural						No estructural			Valor Numérico
	Densidad (60%)			Calidad M.O. y Materiales (30%)			Estabilidad de parapetos (10%)			
	Adecuada	Aceptado	Inadecuado	Buena	Regular	Mala	Estables	Algunas estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1,0
	X			X				X		1,1
	X			X					X	1,2
	X				X		X			1,3
	X				X			X		1,4
MEDIA	X				X				X	1,5
	X					X	X			1,6
	X					X		X		1,7
	X					X			X	1,8
		X		X			X			1,6
		X		X				X		1,7
		X		X					X	1,8
		X			X		X			1,9
		X			X			X		2,0
		X			X				X	2,1
ALTA	X					X	X			2,2
	X					X		X		2,3
	X					X			X	2,4
			X	X			X			2,2
			X	X				X		2,3
			X	X					X	2,4
			X		X		X			2,5
			X		X			X		2,6
			X		X				X	2,7
			X			X	X			2,8
			X			X		X		2,9
			X			X			X	3,0

Fuente: (Mosqueira y Tarque, 2005)

## 5.2. TRABAJO EN CAMPO

### 5.2.1. Selección de zona de estudio

Para la selección de las zonas de estudio se consideró tres factores preponderantes:

#### **5.2.1.1. Ubicación de las viviendas**

Se buscó donde se practique mayoritariamente la construcción en adobe en Cajamarca. En este caso el C.P. nuevo con asentamientos humanos en expansión.

#### **5.2.1.2. Tipología y Topografía del suelo**

Existen zonas con pendientes pronunciadas. Esto determina el tipo de cimentación utilizada en la edificación.

#### **5.2.1.3. Problemas constructivos**

Generalmente se produce por la inexperta mano de obra empleada y por la baja calidad de materiales utilizados durante la construcción.

### **5.2.2. Descripción de zonas de estudio**

En la investigación se tomó un Centro Poblado de Jesús: La Huaraclla. Se determinó visitar y reportar 13 viviendas en el Centro Poblado seleccionado.

En función a estos 3 factores revisados, el Centro Poblado seleccionado para realizar el estudio se detalla a continuación:

#### **5.2.2.1. La Huaraclla**

Está ubicado al sureste de la ciudad de Cajamarca, el Centro Poblado se caracteriza por tener una variada topografía, presentando pendientes

pronunciadas y una zona llana. Es el primer Centro Poblado más denso, perteneciente al distrito de Jesús.

La mayoría de las viviendas, están en la transición de adobe a material noble. El C.P. presenta un nivel socio-económico promedio bajo.

### **VIVIENDAS SELECCIONADAS SE MUESTRAN EN EL ANEXO N°7**

#### **5.2.3. Organización y selección de viviendas**

Para proceder a reportar las diferentes viviendas se realizó visitas preliminares por las diferentes calles de todo el Centro Poblado.

### 5.2.3.1. Organización del trabajo en campo

Antes de realizar el reporte, se validó la credibilidad a la fichas.

#### Alfa de Cronbach

$$\alpha = \left( \frac{K}{K-1} \right) * \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^K S^2}{S^2_T} \right)$$

$$A = \sum_{i=1}^K S^2 =$$

$$A = 0.7667$$

$$S^2_T = 1.389$$

$$K = 3$$

#### DONDE:

- A:** Sumatoria de la desviación estándar al cuadrado
- Desviación estándar al cuadrado del
- S<sup>2</sup><sub>T</sub>** total de la fila
- # de
- K =** aspectos

$$\alpha = \left( \frac{K}{K-1} \right) * \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^K S^2}{S^2_T} \right)$$

$$\alpha = 0.6720 \quad \text{CONFIABLE}$$

En algunos casos hubo una cierta duda, durante el reporte. Pero hubo también propietarios que acogieron muy amablemente y proporcionaron apoyo para acceder a sus viviendas.

El total de los reportes se tomó en el C.P. La Huaraclla, por sus características morfológicas y la presencia de construcciones de adobe.

Se inició el proceso del reporte el día 19 de abril de 2015 y se terminó el mismo día. Los reportes se efectuaron a los propietarios de las viviendas desde las 10:00 a.m. hasta las 3:00 p.m.

En casos puntuales, se tuvo que regresar el día 01 mayo de 2015, cuando faltaba alguna información o alguna incompatibilidad de la información recabada.

Los encuestadores fueron la Señorita María de los Ángeles Abanto Aliaga, en conjunto con el tesista.

Para efectos prácticos, el reporte se llenó en los formatos; y los planos se dibujaron a mano alzada en un cuaderno de borrador. Esto nos permitió desarrollar el reporte de forma rápida.

Luego el borrador del plano se traspasó a un dibujo de AutoCAD, finalmente se incluyó en el reporte de cada vivienda seleccionada.

Para tomar las medidas se empleó una wincha de medir. Se usó una cámara digital para tomar las fotografías. Además se utilizó un plano de la ciudad para registrar la ubicación de la vivienda.

Los reportes se realizaban tocando puerta por puerta de forma seguida. Se trasladó a pie hasta donde debe de reportarse la subsiguiente vivienda. Se buscó que la ubicación de las viviendas sea lo más diversa. Se debió considerar la ausencia de moradores o negativa de los propietarios de las viviendas encuestadas, como una variante del proceso.

#### **5.2.4. Dificultades encontradas**

Entre las dificultades que se encontraron en el trabajo en campo tenemos:

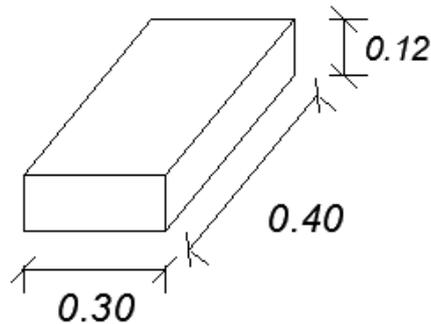
- a. La negativa de los propietarios de dar acceso a ciertos ambientes de su vivienda, no permitía la inspección directa de algunas fallas o sobre el estado de conservación de la totalidad de la vivienda.
- b. La dificultad de tomar directamente algunas medidas o datos estructurales en los muros colindantes o elementos ubicados en zonas inaccesibles.
- c. La falta de datos o imprecisión de la información en algunas fichas, debido al desconocimiento o memoria del encuestado de la vivienda. En algunos casos son los segundos propietarios.

#### **5.2.5. Características de las viviendas de adobe en el C.P. La Huaraclla.**

La definición de adobe establecida por la Norma Técnica de Edificación E.080 ADOBE, dice que es un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

Las dimensiones de los adobes en las viviendas muestreadas, fueron siempre las mismas. Las dimensiones están en el orden de 0.40 m de largo x 0.30 m de ancho x 0.12 m de alto. Estos adobes se elaboran manteniendo una proporción de  $1:\frac{1}{2}:\frac{1}{4}$  entre el largo, el ancho y la altura de la pieza.

Fig. 33: Dimensiones del adobe.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Los adobes se elaboran colocando el barro humedecido en moldes de madera con las dimensiones deseadas. De modo diferente a la fabricación de adobes en otros lugares del país, éste no se “deja dormir humedecido” simplemente se hace la mezcla en el momento de la fabricación. Se retiran los moldes y los adobes se dejan secar al aire libre desde 15 días hasta un mes. Cabe resaltar que el secado de los adobes no era necesariamente a la sombra como generalmente se recomienda, en realidad el secado era indistintamente al sol o a la sombra.

El adobe en el centro poblado La Huaraclla, se fabrica en su mayoría sin paja, como se puede apreciar en la Fig.34.

Fig. 34: Adobes sin paja.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

El material se extrae de lugares cercanos a donde va a ser la construcción, su elección es de acuerdo a la experiencia y el criterio del maestro de obra, no se pudo

identificar entre los pobladores conocimiento de pruebas en obra o laboratorio para definir si el material estaba en óptimas condiciones.

Lo que si se tenía como conocimiento general en los pobladores que la mejor tierra se obtenía de los lugares por donde pasaban los “Huaycos” ya que según ellos, traían todo tipo de material y era una tierra más rica en arenas y arcillas.

En el C.P. La Huaraclla, se pudo contactar a un poblador, Orlando Sosa, quien se dedicaba a fabricar adobe sin paja y luego venderlos a pedido, se pudo apreciar que estos adobes tenían una mayor cantidad de arcilla por su color rojizo, como se puede ver en la Fig. 35.

Fig. 35: Adobes sin paja en el C.P. La Huaraclla.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

- **Mortero**

Se pudo apreciar que el material del mortero era el mismo del adobe por su composición.

Fig. 36. Mortero de pega de 2cm de espesor (Mismo material de los adobes)



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

#### - **La Cimentación**

En estas inspecciones de este C.P., el concepto de profundidad de cimentación depende del tipo de suelo. La profundidad mínima que ellos usan es de 0.70m a 1.20m y esto depende de la dureza del suelo al excavarlo.

En la cimentación se utilizan piedras redondeadas y angulosas.

#### - **El Sobrecimiento**

Estos sobrecimientos de piedra se cubren con un enlucido más grueso que el resto del muro. Este enlucido es una mezcla con mortero de cemento o yeso.

Fig. 37. Sobrecimiento tarrajado con mortero de cemento (lateral) y no tarrajado (posterior) de una vivienda en el C.P. La Huaraclla.



Fuente: Elaboración Propia, 2015

#### - Muros de Adobe

Las figuras a continuación muestran la forma de asentado más representativa para los muros portantes (aquellos que soportan la carga vertical de entrepiso y los muros superiores).

Fig. 38: Asentado en esquina, vivienda en C.P. La Huaraclla.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

#### - Vanos de puertas y ventanas

Los vanos de las puertas y ventanas presentan dinteles constituidos por dos o más vigas de madera.

Fig. 39: Vano de puertas con dintel, vivienda en C.P. La Huaraclla.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el C.P. La Huaraclla, los vanos de las viviendas de dos pisos han guardado similitud en la dimensión de puertas y ventanas que a su vez han guardado continuidad en altura, se encuentran centrados y conservan la rigidez de la vivienda.

Fig. 40: Elevación frontal de vivienda en el C.P. La Huaraclla.

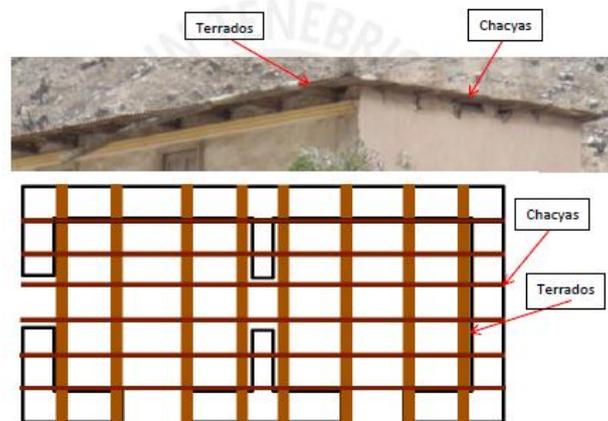


Fuente: Elaboración Propia, 2015.

## Techo

Las viviendas en adobe presentan gran variedad de tipos de estructura de cubierta. En general se presentan vigas principales de dimensiones 2"x 4" espaciadas a 1.00m y viguetas secundarias de madera (Fig. 41) colocadas en el sentido transversal. Estas pequeñas viguetas de madera son llamadas "Chacyas" y sus dimensiones son de 3"x 3". Los terrados y las chacyas se apoyan en los muros perimétricos de manera muy simple.

Fig. 41: Ejemplo de cubierta de una casa de adobe.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

A continuación se presenta el resumen de resultados de exámenes, de los informes técnicos Los ensayos fueron efectuados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, sobre muestras de adobe extraídas de cada vivienda seleccionada. Y la comparación de esta para fines estructurales según la NTE E.080.

TABLA N° 7: Ensayos Laboratorio de Concreto - Cajamarca (UPN-2015)

Propiedad	Código de muestra	Resultado Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia a la compresión	A-1	12.12
	A-2	12.55
	A-3	11.91
	A-4	11.97
	A-5	11.96
	A-6	12.13
	A-7	11.94
	A-8	11.99
	A-9	12.12
	A-10	12.10
	A-11	12.18
	A-12	12.22
	A-13	12.24

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Resistencia a la compresión última mínima de la unidad es de 12 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la compresión de la unidad es índice de la calidad de la misma y no de la albañilería. Los resultados son mostrados en el Anexo N°6.

De acuerdo con estos resultados se puede inferir que los adobes, según la norma técnica de edificaciones, solo cumplen en algunas muestras. (Ver Tabla N°7).

Luego de observar que la resistencia última de la unidad de las muestras de adobe se aproximan al resistencia a la compresión mínima requerida por la norma, se asumió al valor del esfuerzo cortante con el valor de  $V_m = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ , equivalente a un valor de **24.52 KPa**, tomado en referencia a la norma E.080.

Con el siguiente valor se desarrolló el análisis sísmico de las viviendas.

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS

Luego del análisis de las fichas de reporte, se presentan los resultados obtenidos.

Se determina la densidad de muros y la estabilidad de muros al volteo. Además se calificó la vulnerabilidad sísmica de cada vivienda.

### 6.1. Antecedentes de las viviendas

En 13 viviendas seleccionadas en el C.P. La Huaraclla, se observa a continuación en la tabla N°8 sobre el tipo de asesoramiento que han recibido los propietarios.

Tabla N° 8: Asesoramiento técnico

Asesoramiento técnico	Nro. de Viviendas	Porcentaje (%)
Vivienda sin diseño ni supervisión	5	38%
Vivienda con supervisión	7	54%
Vivienda con diseño y supervisión	1	8%
	<b>13</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

En el análisis de la antigüedad de las viviendas seleccionadas se puede observar en la siguiente tabla 9.

Tabla N° 9: Antigüedad de vivienda.

Antigüedad de la vivienda	Nro. de Viviendas	Porcentaje (%)
4 años	2	15%
5 años	2	15%
6 años	1	8%
7 años	3	23%
8 años	4	31%
más años	1	8%
	<b>13</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En la siguiente Tabla N° 10 se expone la calidad de la mano de obra en las viviendas seleccionadas.

Tabla N° 10: Calidad de la mano de obra

Calidad de la mano de obra	Nro. de Viviendas	Porcentaje (%)
Buena	5	38%
Regular	7	54%
Mala	1	8%
	<b>13</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la Tabla N° 11 a continuación se observa otras características generales de las viviendas seleccionadas.

Tabla N° 11: Características de la vivienda

Características de la vivienda	Nro. de Viviendas	Porcentaje (%)
<b>Tipo de suelo</b>		
Limoso	12	92%
Limoso - Arcilloso	1	8%
<b>Tipo de muro</b>		
Adobe de 40*30*12	13	100%
<b>Tipo de cimentación</b>		
Corrido de concreto ciclópeo	13	100%
<b>Espesor de juntas</b>		
De 1 a 2 cm	5	38%
De 2 a 2.5 cm	7	54%
Mayor a 2.5 cm	1	8%

Fuente: Elaboración propia, 2015

A continuación la Tabla N° 12 presenta un resumen de los principales problemas que afectan a las viviendas seleccionadas.

Tabla N° 12: Problemas de las viviendas.

Problemas de las viviendas	Nro. de Viviendas	Porcentaje (%)
<b>Problemas de ubicación</b>		
Vivienda sobre suelo no consolidado	2	15%
Vivienda con asentamiento	1	8%
Vivienda en pendiente	2	15%
Otros	7	54%
<b>Problemas estructurales</b>		
Densidad de muros inadecuadas	5	38%
Muros sin viga solera de madera	1	8%
Vivienda sin junta sísmica	8	62%
Otros	7	54%
<b>Problemas constructivos</b>		
Muros expuestos a lluvia	2	15%
Juntas de construcción mal ubicadas	1	8%
Combinación de adobe con ladrillo o tapial en muros	2	15%
Unidades de adobe o tapial de baja calidad	1	8%
Otros	7	54%

Fuente: Elaboración propia, 2015

## 6.2. Relación del área existente y el área requerida

La Tabla N° 13 a continuación se puede apreciar la relación de densidad de muros de las viviendas seleccionadas respecto a la orientación de los muros con la fachada de la vivienda por distrito.

Tabla N° 13: Relación Ae/Ar

Densidad de muros Ae/Ar paralelo a la fachada	Nro. de Viviendas	Porcentaje (%)
Adecuado	4	31%
Aceptable	7	54%
Inadecuado	2	15%
Total General	13	100%
Densidad de muros Ae/Ar perpendicular a la fachada	Nro. de Viviendas	Porcentaje (%)
Adecuado	5	38%
Aceptable	4	31%
Inadecuado	4	31%
Total General	13	100%

Fuente: Elaboración propia, 2015

La siguiente Tabla N° 14 indica la relación dimensional de los muros de las viviendas seleccionadas, con respecto a su dirección paralela o perpendicular a la fachada.

Tabla N° 14: Relación dimensional

Relación adimensión al Ae/Ar	Primer Piso					
	Dirección paralela a la fachada			Dirección perpendicular a la fachada		
	Viviendas	% Parcial	% Acumulado	Viviendas	% Parcial	% Acumulado
0	4	31%	31%	4	31%	31%
>0-1	7	54%	85%	4	31%	62%
>1-2	2	15%	100%	5	38%	100%
>2-3	0	0%	100%	0	0%	100%
>3-4	0	0%	100%	0	0%	100%
>4-5	0	0%	100%	0	0%	100%
>5	0	0%	100%	0	0%	100%
<b>TOTAL</b>	13	100%		13	100%	
<b>Promedio relación Ae/Ar</b>	<b>0.781</b>			<b>0.77</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la siguiente Tabla N° 15 se puede observar los resultados de la evaluación de vulnerabilidad de las viviendas seleccionadas.

Tabla N° 15: Resultados de vulnerabilidad.

<b>VULNERABILIDAD</b>		
	<b>Nro. De viviendas</b>	<b>%</b>
<b>Alto</b>	3	23%
<b>Medio</b>	7	54%
<b>Bajo</b>	3	23%
<b>Total general</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

- Sólo el 8% de las viviendas contaron con un asesoramiento técnico en la etapa de diseño y supervisión. El 54% tuvo asesoramiento en la supervisión.
- El ver que el 38% no tuvo ningún tipo de asesoramiento, implica que no hay interés de los propietarios o que no tuvieron los recursos para requerirlos. En cambio del 62% que tuvo algún tipo de asesoramiento, la participación de los ingenieros o técnicos ha sido incidente.
- El 15% de las viviendas tenían una antigüedad de 4 años. Además se encontró un 92% de las viviendas, tenían una antigüedad no mayor de los 8 años.
- La poca antigüedad de las viviendas seleccionadas beneficia a la investigación, logrando un panorama de las recientes construcciones de adobe en Cajamarca.
- Se observa que el 54% de las viviendas tienen una calidad de mano de obra regular y un 8% su calidad es mala. Los propietarios como clientes, permiten este bajo desempeño por una falta de conocimientos técnico.
- Una buena supervisión durante la construcción podría aminorar la baja calidad y desempeño de las viviendas.
- El suelo predominante en las zonas encuestadas es limoso.
- El material ampliamente usado es el adobe con paja de 40\*30\*12 en las viviendas estudiadas. Esto demuestra su mayor utilización, probablemente por el menor costo que implica sobre los ladrillos.
- En las viviendas analizadas, el tipo de cimentación es el concreto ciclópeo. Esto demuestra que los ciudadanos y constructores del C.P. conocen cualitativamente sobre la calidad de suelo y su efecto en la estructura de la vivienda.

- En la evaluación conjunta de mano de obra y materiales de las viviendas encuestadas, nos da un 54% con una regular calidad y 8% con mala calidad. Esto refleja la incidencia de los morteros con espesor mayor a 2cm
- Las viviendas sobre suelo no consolidado afecta al 15%, mismo porcentaje que afecta a las viviendas en pendiente. Asimismo, las viviendas en pendiente ocupan el 8% del total, y un 54% de otros problemas de ubicación de las viviendas.
- Se puede apreciar que la densidad de muros inadecuados afecta al 38%. La ausencia de juntas sísmicas se da en el 62% de los encuestados. La falta de viga solera de madera en algunos muros afecta al 8% de las viviendas, y otros problemas estructurales afectan al 54% de las viviendas. Esto da la posibilidad ante un sismo severo, se presenten daños significativos entre las viviendas, producto de la falta de espacio.
- Los muros expuestos a lluvia afectan al 15%. Las juntas de construcción mal ubicadas se observan en el 8% de las viviendas. La combinación de adobe con ladrillo o tapial en muros se da en el 15% de las viviendas encuestadas. Las unidades de adobe o tapial de baja calidad se reflejan en el 8% de estas viviendas. Otros problemas constructivos afectan al 54% de las viviendas. Con los altos porcentajes de malas prácticas constructivas, se demuestra la falta de capacitación y de conocimientos técnicos de mejores prácticas constructivas.
- Se presenta una baja densidad de muros en el sentido perpendicular a la fachada (sentido X) siendo inadecuadas un 31% de las viviendas. Esto es debido a que en esta dirección se coloca pocos muros resistentes; en lugar de ellos se suele colocar, divisiones de ambientes, ventanas y puertas. En cambio, los muros perimétricos en sentido paralelo a la calle (sentido Y) son aceptables en un 54% de las viviendas. En el C.P. La Huaraclla se encontró un 31% con densidad inadecuada en sentido perpendicular a la fachada. En estas pequeñas diferencias denotan una mejor validez de los resultados totales.

- Este resultado advierte de una deficiente distribución de muros portantes de adobe, que son los que proporcionan una resistencia frente a un sismo severo. En general, estos muros son de la misma longitud del largo del terreno. Esta mayor longitud de los terrenos en el sentido paralelo a la fachada, proporciona una mayor densidad de muros en las viviendas en esta dirección. Es importante que una edificación sea simétrica respecto a una buena resistencia en sus dos sentidos principales y esto no ocurre en la mayoría de viviendas encuestadas.
- El 31% de los muros, en el sentido paralelo a la perpendicular, son inadecuados y presentan una densidad de muros igual a cero. Pero un 38% es mayor que 1 en la relación  $A_e/A_r$ .
- Asimismo, en la dirección paralela a la fachada se tiene un 54% que cumple con lo necesario en relación a la densidad de muros, con una relación  $A_e/A_r$  entre 0 y 1.
- El Promedio de la relación  $A_e/A_r$  es 1.014 veces mayor la dirección paralela a la fachada con respecto a la dirección perpendicular. Esta diferencia nos hace pensar que la causa es por una falta de conocimientos técnicos, y no por una falta de recursos. Ya que hay sobre diseño en el tema de vanos. En una dirección se cumplió parcialmente con los muros requeridos. En cambio en la otra dirección existe un descuido.
- La vulnerabilidad de las 13 viviendas encuestadas en el C.P. La Huaraclla, es media con un 54%, sólo un 23% tiene baja vulnerabilidad, y un 23% tiene alta vulnerabilidad.
- Los valores obtenidos van de la mano de los resultados de densidad de muros, que es uno de los factores más incidentes. La vulnerabilidad de estas viviendas es media. Se ve necesario reducir la vulnerabilidad de estas viviendas, para evitar futuras pérdidas humanas y físicas, en el caso de un sismo severo.

## CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

1. La hipótesis establecida es la correcta, al ser una vulnerabilidad media.
2. Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas encuestadas son de regular a deficiente calidad. Existe un inadecuado control de calidad sobre los materiales. Las unidades de adobe utilizadas en todas las viviendas, poseen una baja resistencia.
3. La calidad de la mano de obra es regular a mala. Esto es generado por la poca capacitación y reducida inversión de los propietarios en mano de obra capacitada.
4. Los problemas constructivos encontrados en su mayoría son las juntas de construcción mal ubicadas, combinación de adobe con tapial, y unidades de adobe de baja calidad. Encontrándose adobes con restos de basura y espesores de mortero que sobrepasan los 2cm.
5. Los problemas estructurales encontrados la mayoría de las viviendas poseen inadecuada densidad de muros, y la falta de juntas sísmicas, siendo un problema importante al interior de la vivienda. Se encontró una mala distribución de los elementos estructurales en la vivienda.
6. Debido a una falta de orientación de los constructores y diseñadores. La rigidez de las viviendas es mayor en el sentido paralelo a la calle presentando una mayor densidad de muros. En cambio en el sentido de la calle existe una insuficiente cantidad de muros para soportar un evento sísmico. Los daños en estos muros pueden afectar importantemente en la estructura de la vivienda.
7. Los más altos valores de densidad de muros en la dirección paralela a la fachada, están próximos de lo requerido. Esto ha demostrado que es la falta de conocimiento técnico y asesoría oportuna de profesionales, la causa principal que exista la deficiencia en la otra dirección. Existen viviendas que han tenido asesoría en la etapa de diseño, pero en algunos diseños no se ha considerado la sismo-resistencia de la vivienda.

## CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer un estudio de los procedimientos y políticas que incentivan este tipo de construcciones. Para lograr futuras viviendas seguras y no en viviendas vulnerables como las encontradas en esta investigación.
2. Se recomienda realizar una mayor capacitación tanto de los trabajadores que construyen viviendas. Y permitir conocer los principales defectos constructivos y de mantención de las viviendas que se debe evitar.
3. Proporcionar mayor asistencia técnica en el diseño y la construcción.
4. Se recomienda desarrollar un estudio comparativo de costos en estructuración de viviendas. Para demostrar qué tan incidente es proporcionar mejor densidad de muros en la dirección paralela a la fachada sobre los ya existentes en la dirección perpendicular.

## CAPÍTULO 10. REFERENCIAS

1. A., S. (1995). *“Ingeniería Sísmica”*. Ediciones Uniandes. Santa Fe de Bogotá.
2. A., S. B. (1998). *“Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural”*. Lima: PUCP.
3. Blondet M, D. M. (2003). *“Diagnóstico”*. Lima: PUCP.
4. Blondet M, T. N. (2003). *“Vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales de la costa del Perú”*. Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la. Lima: PUCP.
5. Giner, J., & Molina, S. (2002). *Sismicidad y Riesgo Sísmico*. Valencia: Editorial club universitario.
6. Gonzales, M. (2003). *Construcciones de adobe*. Lima.
7. INEI. (2007). Obtenido de “Proyección al 2004 de la población y vivienda del Perú”. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
8. ININVI “Adobe: Norma Técnica de Edificación E-070”. . (1982).
9. J., K. (2002). *“Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza”*.
10. Kuroiwa, J., Deza, E., & Jaén, H. (1973). *Investigation on the Peruvian Earthquake of May 31, 1970*. Rome: 5th World Conference on Earthquake Engineering.
11. Laucata Luna, J. (2013). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo (Tesis de Ingeniería). . Tesis. Lima, Peru: PUCP.
12. Minchola, C., Guanilo, H., & Merino, F. (1974). *Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
13. Ministerio de vivienda, c. y. (2006). *MVCS*.
14. Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., & Irala, C. (1994). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Lima.
15. Prieto, B. A. (2010). *Construir con adobe*. Editorial Trillas Sa De Cv.
16. R., F. (2002). *“Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las Autoconstrucciones en Lima”*. Tesis. Lima: PUCP.
17. Smith, P. J. (2011). *Introducción a las ciencias de la tierra*. Barcelona: The Open University Press.
18. Torre, F. R. (2013). *La geografía y la historia de los sismos*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona.
19. Torrealva, D. (2005). *Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado*. Lima: UPC.
20. Yamashiro, K., Sánchez, A., & Morales, R. (1981). *Diseño sísmico de construcciones de adobe y bloque estabilizado - Primera parte*. México.
21. Zelaya, V. A. (2007). *Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
22. Moromi Isabel, *“Estudio de Vigas de Suelo-Cemento Reforzadas con Caña de Guayaquil y de Modelos de Muros de Adobe sometidos a Cargas Perpendiculares a su Plano”*. Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1971.
23. Minchola Haro Carlos E. *Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales – Parte (a)*, Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1974.
24. GUANILO GARCÍA Horacio A. *Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales – Parte (b)*, Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1974.

25. MERINO ROSAS Francisco A. *Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales – Parte (c)*, Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1974.

## **CAPÍTULO 11. ANEXOS**

- 1. ANEXO N°1:** FORMATO DE FICHA DE REPORTE Y ANÁLISIS SÍSMICO
- 2. ANEXO N°2:** FICHAS DE REPORTE DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DEL C.P. HUARAELLA
- 3. ANEXO N°3:** ANÁLISIS SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DEL C.P. LA HUARAELLA.
- 4. ANEXO N°4:** PLANOS EN PLANTA DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DEL C.P. LA HUARAELLA.
- 5. ANEXO N°5:** PANEL FOTOGRÁFICO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DEL C.P. LA HUARAELLA.
- 6. ANEXO N°6:** ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE ADOBE DE LAS VIVIENDAS DEL C.P. LA HUARAELLA
- 7. ANEXO N°7:** CROQUIS DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE ENCUESTADAS EN EL C.P. LA HUARAELLA
- 8. ANEXO N°8:** VALIDACIÓN DE LA ENCUESTA

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO:** “VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DE LA HUARACLLA, JESÚS, CAJAMARCA, 2015”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	INDICADORES	VARIABLES INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	INSTRUMENTO	ESTADÍSTICA
¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de la Huaraclla	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de la Huaraclla.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de la Huaraclla, es alta.</p>	<p><b>VARIABLES independientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnerabilidad Sísmica</li> </ul>	<p><b>Población:</b></p> <p>La población estuvo constituida por 60 viviendas de adobe de la Huaraclla y al rededor.</p>	<p><b>Método:</b></p> <p>Inductivo</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>El diseño se diagrama de la siguiente manera:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lista de características, fallas y estado actual de las edificaciones.</li> <li>Ficha de Observación.</li> <li>Entrevistas.</li> <li>Programa MS Excel</li> </ul>	<p>Cuadros con la relación Ae/Ar en cuanto a densidad de muros paralelos y perpendiculares a la fachada</p>
	<p><b>Objetivos Específicos.</b></p> <p>Diagnosticar el estado actual de las viviendas.</p> <p>Extraer las muestras de adobe de cada vivienda.</p> <p>Ensayar las muestras de adobe de cada vivienda.</p> <p>Determinar el nivel de vulnerabilidad de cada vivienda.</p>		<p><b>VARIABLES dependientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Viviendas de adobe de dos niveles.</li> <li>(Diseño Sísmico.</li> <li>Características del adobe).</li> </ul>	<p><b>Muestra:</b> 13 viviendas de adobe.</p>			