



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES EN LA  
URBANIZACIÓN HORACIO ZEVALLOS DE  
CAJAMARCA - 2015.”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Becerra Vásquez, Richard Michael

**Asesor:**

Doc. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú  
2015

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Richard Michael Becerra Vásquez**, denominada:

### “RIESGO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION HORACIO ZEVALLOS DE CAJAMARCA-2015”

---

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

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Anita Alva Sarmiento  
**JURADO**

---

Ing. Iván Mejía Díaz.  
**JURADO**

## DEDICATORIA

### A DIOS

A Dios por guiarme en cada instante de mi vida, ayudándome a superar los obstáculos e iluminándome en cada momento.

### A MIS PADRES

Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mí apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me ha presentado, sin dudar ni un momento de mi capacidad.

### A MI HERMANA

Porque siempre creyó en mí y nunca me dejó solo, en cada decisión que yo tomara en mi vida académica, gracias por estar en los momentos buenos y malos, siempre llevare en mi mente y en mi corazón todas las anécdotas compartidas a tu lado.

### A MI HIJA

Es la persona que me inspiró en cada momento para salir adelante, con cada ocurrencia y vivencia que pasamos, gracias por estar en mi vida y en mi corazón. Te Amo.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por ser guía durante mi vida universitaria, al igual de los profesores, que han sabido compartir sus conocimientos.

Un agradecimiento especial a mí asesor y educador Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por los conocimientos impartidos, por su disposición y orientación en mi carrera universitaria y durante la elaboración del presente proyecto de tesis.

A Dios, por otorgarme tolerancia y fuerza para lograr mis objetivos viviendo en paz y armonía.

A mis queridos padres y hermana, por su invaluable comprensión y apoyo incondicional.

A todas las personas, que de alguna manera me apoyaron.

## 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 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. LIMITACIONES Y ALCANCE .....  | 16          |
| 1.5. OBJETIVOS .....   | 16          |
| 1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....   | 16          |
| 1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....  | 16          |
| <b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>  | <b>17</b>   |
| 2.1. ANTECEDENTES .....  | 17          |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....  | 18          |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....  | 31          |
| <b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>  | <b>32</b>   |
| 3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....  | 32          |
| 3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....   | 32          |
| <b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>  | <b>33</b>   |
| 4.1. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....  | 33          |
| 4.2. MATERIAL .....  | 33          |
| 4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> .....  | 33          |
| 4.2.2. <i>Población</i> .....  | 33          |
| 4.2.3. <i>Muestra</i> .....  | 33          |
| 4.3. MÉTODOS.....  | 34          |
| 4.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i> .....   | 34          |
| 4.3.2. <i>Procedimientos</i> .....   | 41          |
| <b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>   | <b>42</b>   |
| 5.1. ANÁLISIS SÍSMICO .....  | 44          |
| 5.1.1. <i>Verificación de la densidad de muros del primer piso ante la presencia de un sismo severo para albañilería Confinada</i> ..... | 44          |
| 5.1.2. <i>Cálculo detallado de la resistencia a corte VR de los muros</i> .....  | 48          |
| 5.1.3. <i>Estabilidad de muros al volteo</i> .....   | 51          |
| 5.1.4. <i>Riesgo Sísmico de la vivienda</i> .....  | 55          |
| <b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS .....</b>  | <b>63</b>   |
| 6.1 PROBLEMAS DE UBICACIÓN DE LA VIVIENDA. ....  | 63          |
| 6.1.1. <i>Viviendas sobre suelo arcilloso</i> .....  | 63          |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 6.2.   | ESTRUCTURACIÓN DE VIVIENDAS .....                            | 63         |
| 6.2.1.   | <i>Densidad de muros inadecuada</i> .....                    | 64         |
| 6.2.2.   | <i>Vivienda sin junta sísmica y losas a desnivel</i> .....   | 64         |
| 6.2.3.   | <i>Tabiquería no arriostrada</i> .....                       | 65         |
| 6.3.   | PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS .....                                | 65         |
| 6.3.1.   | <i>Refuerzos expuestos a la intemperie</i> .....             | 66         |
| 6.4.   | MANO DE OBRA .....   | 66         |
| 6.5.   | LADRILLOS DE MALA CALIDAD Y CRUDOS.....                      | 67         |
| 6.6.   | TABIQUERÍA NO CONFINADA SOBRE LOS VOLADIZOS .....            | 68         |
| 6.7.   | DIAGNÓSTICO DEL RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES .....    | 69         |
| 6.7.1.   | <i>Antecedentes de las viviendas</i> .....                   | 69         |
| 6.7.2.   | <i>Relación del área existente y el área requerida</i> ..... | 73         |
| <b>CAPÍTULO 7.</b>   | <b>DISCUSIÓN .....</b>                                       | <b>77</b>  |
| 7.1.   | RIESGO SÍSMICO .....   | 77         |
| 7.2.   | PELIGRO SÍSMICO.....   | 77         |
| 7.3.   | VULNERABILIDAD SÍSMICA.....                                  | 77         |
| <b>CAPÍTULO 8.</b>   | <b>REFORZAMIENTOS DE LAS EDIFICACIONES. ....</b>             | <b>778</b> |
| 8.1.   | Reforzamiento con malla Electrosoldada .....                 | 778        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                                       |  | <b>81</b>  |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                    |  | <b>833</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>                                       |  | <b>844</b> |
| <b>ANEXO N°1: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LAS VIVIENDAS.....</b> |  | <b>86</b>  |
| <b>ANEXO N°2: PANEL FOTOGRÁFICO.....</b>                       |  | <b>867</b> |
| <b>ANEXO N°3: PLANOS DE LAS EDIFICACIONES .....</b>            |  | <b>92</b>  |

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 2

|   |    |
|---|----|
| TABLA N° 2 Factores de Zona.....  | 20 |
| TABLA N° 2.1 Factores de Importancia (U).....   | 21 |
| TABLA N° 2.2 Parámetros del Suelo.....  | 21 |
| TABLA N° 2.3 Sistemas Estructurales.....  | 22 |
| TABLA N° 2.4 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales..... | 23 |
| TABLA N° 2.5 Resistencia de la albañilería.....   | 23 |
| TABLA N° 2.6 Sismicidad Histórica del Norte del Perú.....                                     | 26 |
| TABLA N° 2.7 Clasificación de los suelos.....   | 30 |
| TABLA N° 2.8 Parámetros del suelo.....  | 30 |

### CAPÍTULO 3

|                           |    |
|---------------------------|----|
| TABLA N° 3 Variables..... | 32 |
|---------------------------|----|

### CAPÍTULO 5

|   |    |
|---|----|
| TABLA N° 5 Valores de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica.....                            | 56 |
| TABLA N° 5.1 Rango Numérico para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica.....                  | 56 |
| TABLA N° 5.2 Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la Vulnerabilidad sísmica..... | 57 |
| TABLA N° 5.3 Valores de los parámetros de peligro sísmico.....                                    | 58 |
| TABLA N° 5.4 Rango de valores para el cálculo del peligro sísmico.....                            | 58 |
| TABLA N° 5.5 Combinaciones de peligro sísmico alto.....   | 59 |
| TABLA N° 5.6 Combinaciones de peligro sísmico medio.....  | 59 |
| TABLA N° 5.7 Combinaciones de peligro sísmico bajo.....   | 60 |
| TABLA N° 5.8 Riesgo sísmico.....  | 60 |
| TABLA N° 5.9 Riesgo sísmico en valores.....   | 61 |

### CAPÍTULO 6

|   |    |
|---|----|
| TABLA N° 6 Asesoramiento técnico.....                                       | 69 |
| TABLA N° 6.1 Antigüedad de las viviendas.....                               | 70 |
| TABLA N° 6.2 Calidad de la mano de obra.....                                | 70 |
| TABLA N° 6.3 Características Generales de las viviendas.....                | 71 |
| TABLA N° 6.4 Principales problemas de las viviendas.....                    | 72 |
| TABLA N° 6.5 Densidad de Muros Ar/Ae.....                                   | 73 |
| TABLA N° 6.6 Relación dimensional.....                                      | 74 |
| TABLA N° 6.7 Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas..... | 75 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO 1</b>  |    |
| <b>FIGURA N° 1</b> Zonas Sísmicas en el Mundo.....   | 12 |
| <b>FIGURA N° 1.1</b> Zonas Sísmicas.....   | 13 |
| <b>FIGURA N° 1.2</b> Mapa Sísmico de Cajamarca, 2015.....  | 13 |
| <b>FIGURA N° 1.3</b> Micro Zonificación Sísmica de Cajamarca, Instituto Nacional de Defensa Civil..... | 15 |
| <b>CAPÍTULO 2</b>  |    |
| <b>FIGURA N° 2:</b> Zonificación.....  | 25 |
| <b>FIGURA N° 2.1</b> Parámetros que modifican la respuesta del suelo.....                              | 30 |
| <b>FIGURA N° 2.2</b> Geología.....   | 30 |
| <b>CAPÍTULO 4.</b>   |    |
| <b>FIGURA N° 4</b> Área a Estudiar, Urbanización Horacio Zevallos.....                                 | 33 |
| <b>FIGURA N° 4.1</b> Viviendas encuestadas.....  | 34 |
| <b>FIGURA N° 4.2</b> Antecedentes.....   | 37 |
| <b>FIGURA N° 4.3</b> Aspectos técnicos.....  | 38 |
| <b>FIGURA N° 4.4</b> Análisis Sísmico.....   | 38 |
| <b>FIGURA N° 4.5</b> Estabilidad por volteo.....   | 39 |
| <b>FIGURA N° 4.6</b> Factores que alteran el resultado.....  | 39 |
| <b>FIGURA N° 4.7</b> Gráficos y fotografías.....   | 40 |
| <b>CAPÍTULO 5</b>  |    |
| <b>FIGURA N° 5</b> Ficha de reporte – Antecedentes.....  | 43 |
| <b>FIGURA N° 5.1</b> Aspectos Técnicos.....  | 43 |
| <b>FIGURA N° 5.2</b> Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de un piso.....                     | 48 |
| <b>FIGURA N° 5.3</b> Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de dos pisos.....                   | 49 |
| <b>FIGURA N° 5.4</b> Verificación de la densidad de muros.....   | 49 |
| <b>FIGURA N° 5.5</b> Muro con 4 bordes arriostrados.....   | 51 |
| <b>FIGURA N° 5.6</b> Muro con 3 bordes arriostrados.....   | 52 |
| <b>FIGURA N° 5.7</b> Momento resistente $M_r$ en un muro de albañilería.....                           | 53 |
| <b>FIGURA N° 5.8</b> Estabilidad de muros al volteo.....   | 53 |
| <b>FIGURA N° 5.9</b> vulnerabilidad estructural.....   | 54 |
| <b>FIGURA N° 5.10</b> Riesgo sísmico.....  | 54 |
| <b>FIGURA N° 5.11</b> Foto de fachada.....   | 60 |
| <b>FIGURA N° 5.12</b> No presenta junta sísmica a los lados.....                                       | 61 |
| <b>FIGURA N° 5.13</b> Uso de ladrillos crudos y cocidos en muro.....                                   | 61 |
| <b>CAPÍTULO 6</b>  |    |
| <b>FIGURA N° 6</b> Fisura por asentamiento en vivienda sobre suelo arcilloso.....                      | 62 |
| <b>FIGURA N° 6.1</b> Viviendas sin junta sísmica y losas a desnivel.....                               | 64 |
| <b>FIGURA N° 6.2</b> Vivienda con tabiquería no arriostrada.....                                       | 64 |
| <b>FIGURA N° 6.2.1</b> Parapeto no arriostrada.....  | 65 |
| <b>FIGURA N° 6.3</b> Acero de refuerzo corroído en columna.....  | 66 |
| <b>FIGURA N° 6.4</b> Calidad de construcción mala.....   | 66 |
| <b>FIGURA N° 6.5</b> Calidad del ladrillo deficiente.....  | 67 |
| <b>FIGURA N° 6.5.1</b> Tabiques completados con ladrillo crudo.....                                    | 67 |
| <b>FIGURA N° 6.6</b> Tabiquería no confinada sobre los voladizos.....                                  | 68 |
| <b>CAPÍTULO 8</b>  |    |
| <b>FIGURA N° 8.1</b> Reparación de grietas gruesas.....  | 78 |

|   |    |
|---|----|
| <b>FIGURA N° 8.2</b> Picado del nudo viga columna.....      | 79 |
| <b>FIGURA N° 8.3</b> Pañeteo del muro.....                  | 79 |
| <b>FIGURA N° 8.4.</b> Perforación del muro.....             | 80 |
| <b>FIGURA N° 8.5</b> Fijado de la malla electrosoldada..... | 80 |
| <b>FIGURA N° 8.6</b> Inyección de perforaciones.....        | 80 |
| <b>ANEXOS</b>   |    |
| <b>FIGURA N° 9.1</b> Longitud de muro.....                  | 88 |
| <b>FIGURA N° 9.2</b> Altura de muro.....                    | 88 |
| <b>FIGURA N° 9.3</b> Ancho de columna.....                  | 89 |
| <b>FIGURA N° 9.4.</b> Altura de columna.....                | 89 |
| <b>FIGURA N° 9.5</b> Ancho de Puertas.....                  | 90 |
| <b>FIGURA N° 9.6</b> Altura de Puertas.....                 | 90 |
| <b>FIGURA N° 9.7</b> Medición de parapetos.....             | 91 |
| <b>FIGURA N° 9.8</b> Medición de cercos perimétricos.....   | 91 |

## RESUMEN

La investigación generó una metodología simple, que permitió determinar el nivel de riesgo sísmico de las edificaciones de la urbanización Horacio Zevallos. Para ello se ha analizado las características técnicas así como los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de viviendas construidas. En algunos casos las viviendas carecen de diseño arquitectónico, estructural y se construyen con materiales de baja calidad. Además estas viviendas son construidas generalmente por los mismos pobladores de la zona, quienes no poseen los conocimientos, ni medios económicos necesarios para una buena práctica constructiva.

Para recolectar la información para este trabajo de tesis se encuestaron 20 viviendas. La información de campo se recolectó en fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad de la construcción. Posteriormente 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 encuestadas. Luego con la información obtenida se detalló los principales defectos constructivos encontrados en las viviendas encuestadas.

Los resultados obtenidos confirman los niveles altos del riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada de la Urbanización Horacio Zevallos.

## ABSTRACT

The research produced a simple methodology, which allowed to determine the seismic risk level of buildings located in Horacio Zevallos Urbanization. The technical characteristics, architectural, construction and structural errors of houses were analyzed. In some cases these houses lack of architectural and structural design and they were built with low quality materials. Besides these houses are usually built by the landowners who do not have the knowledge or financial resources to employ a good construction practice.

In this thesis, it was gathered information throughout surveys of twenty (20) houses. The field data was collected in survey sheets, information regarding location data, constructive process, structuration, and construction quality. After that, in a cabinet work, the report sheets information was processed and then they were elaborated a simplified seismic analysis through wall density, determining vulnerability, hazard and seismic risk of the households surveyed. Then with this information processed could be identified the major construction defects of the households surveyed.

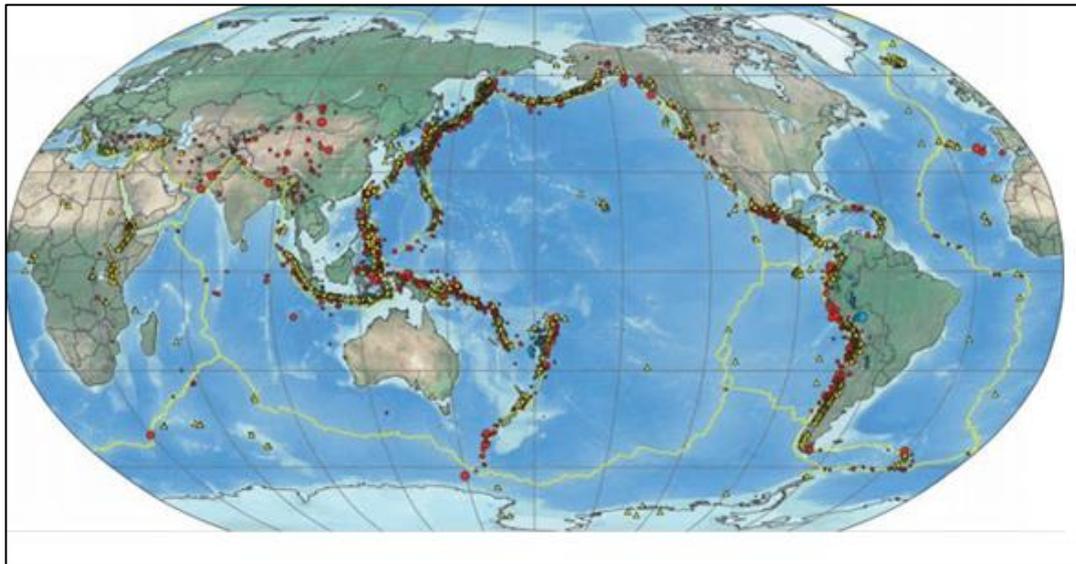
The results confirm the high levels of seismic risk of confined masonry houses of Horacio Zevallos Urbanization.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El crecimiento de las megaciudades en regiones sísmicamente activas del mundo a menudo incluye la construcción de edificios sísmicamente inseguros, debido a un insuficiente conocimiento de la peligrosidad sísmica existente. (Blue, 2010).

**FIGURA N° 1 ZONAS SÍMICAS EN EL MUNDO.**



**Fuente:** Blue, 2010.

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo (Castillo y Alva, 2003).

Cajamarca, departamento situado en la zona Nor-oeste del Perú, según el Reglamento Nacional de Construcción NTP E.030 se encuentra en la zona sísmica 03, zona de alta actividad sísmica como se observa en la fig. 1.1.

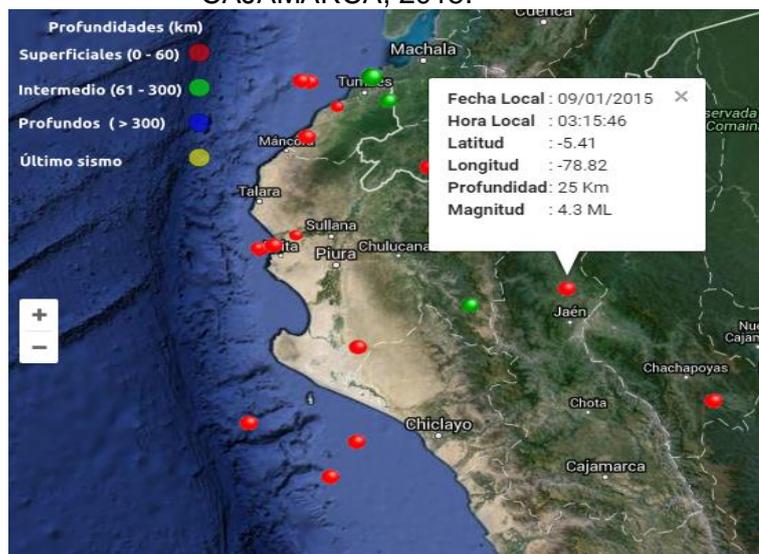
Como sabemos que en la ciudad de Cajamarca en las últimas décadas no han ocurrido sismos de gran intensidad como se observa en la Fig. 1.2, pero debido a su formación geológica, por tipo de suelo y por la presencia volcánica, existe una gran probabilidad de ocurrencia de sismos, es por eso que se considera como zona de silencio sísmico.

**FIGURA N° 1.1 ZONAS SÍMICAS.**



Fuente: INDECI, 2002.

**FIGURA N° 1.2 MAPA SISMICO DE CAJAMARCA, 2015.**



Fuente: I.G.P, 2015.

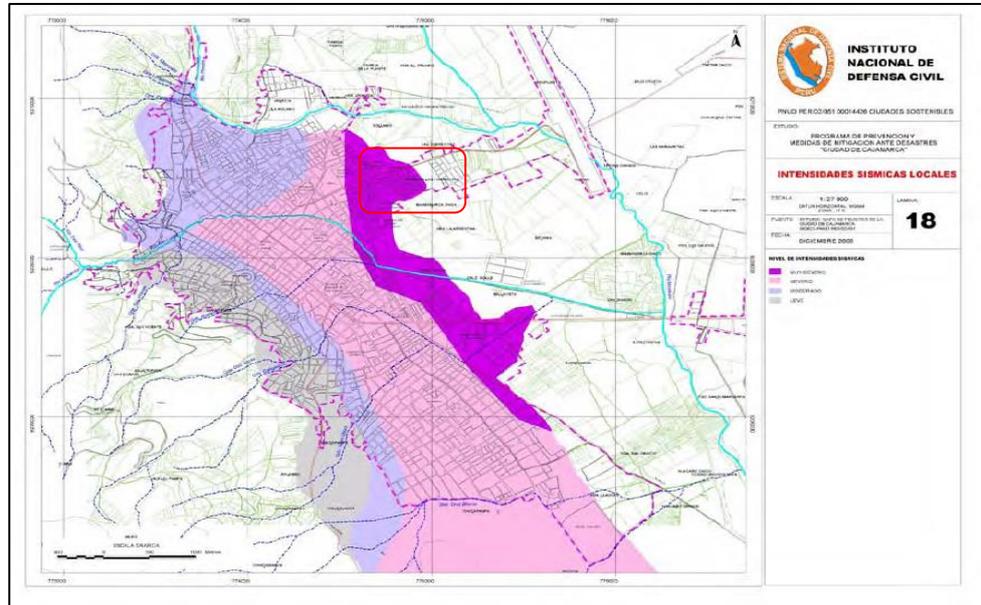
La población Cajamarca incrementa en un 2.3% anual (INEI Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993 y 2007), lo cual generó un crecimiento poco controlado y planificado del área urbana. La población con menores recursos frente a su necesidad de vivienda, construye sus viviendas con sus reducidos medios económicos. Esto implica, sin la asesoría técnica profesional adecuada en el proyecto como en la construcción, ni con los materiales de calidad idóneos para sus viviendas. Lo que constituye en su mayoría viviendas de alta vulnerabilidad sísmica, generando un riesgo a los residentes de estas viviendas.

En la localidad de Cajamarca, hoy en día presenta estudios que permitan evaluar la calidad de las edificaciones, por tal manera el siguiente proyecto permite un estudio de la Urbanización Horacio Zevallos, según INDECI, 2002 es la zona de más alto nivel de riesgo sísmico.

Es necesario conocer el estado en que se encuentran las viviendas de la región, especialmente las de mayor riesgo como son las viviendas autoconstruidas. Con los resultados se busca plantear mejoras en su estructuración y proceso constructivo, con el propósito de procurar disminuir la vulnerabilidad sísmica de este tipo de viviendas en el futuro.

La albañilería de arcilla constituye un material noble, muy económico. Pero de bajo nivel técnico de la construcción, al ejecutarse con una mano de obra poco calificada y materiales de baja calidad. (Tafur y Narro, 2006)

**FIGURA N° 1.3 MICRO ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE CAJAMARCA,  
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**



FUENTE: INDECI, 2002.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico de las edificaciones de la urbanización Horacio Zevallos de Cajamarca - 2015?

## 1.3. Justificación

Se justifica el presente trabajo de investigación debido a la necesidad de medir el nivel de riesgo sísmico de las edificaciones ante la acción sísmica.

Con el desarrollo de esta investigación se pretende dar mayor importancia al nivel de riesgo sísmico de la ciudad de Cajamarca, ante un evento sísmico.

Así mismo, se justifica teórica y prácticamente. Teórica porque es importante realizar esta investigación con el fin de verificar el cumplimiento de los principios, teorías y paradigmas fundamentales en el buen comportamiento sísmico de las edificaciones, para ello determinaremos el riesgo sísmico de dichas edificaciones, pues si su riesgo sísmico es alto esto significará que las edificaciones colapsarán ante un sismo severo, debido a que las edificaciones no cumplen con la filosofía, principios, teorías y paradigmas de la ingeniería sismorresistente. Y prácticamente porque esta investigación intenta cumplir con las tres funciones de la ciencia describir el estado actual de los edificios, 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, peligro y riesgo sísmico al que están sometidos.

#### **1.4. Limitaciones y Alcance**

##### **Limitaciones**

Falta de apoyo por parte de los residentes de la Urbanización Horacio Zevallos para que acepten contestar las encuestas debido a que algunas personas se niegan a responder preguntas y permitir el acceso a sus viviendas para recabar datos, ya sea por falta de tiempo o por la desconfianza.

Como también la falta de estudio de suelos, debido a que no se puede realizar calicatas, para determinar el tipo de suelo, por lo consiguiente solo se tomará datos en general que se tenga de la zona a estudiar, por no contar con permiso de los residentes.

##### **Alcance**

Este proyecto se realizó con la Norma Técnica Peruana E.030-2003, debido a que el proyecto de tesis fue aprobada en el 2015-1.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar el nivel de riesgo sísmico de las edificaciones en la Urbanización Horacio Zevallos de Cajamarca - 2015.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el nivel de peligro sísmico.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica.
- Determinar el nivel de riesgo sísmico.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

La ciudad de Cajamarca se encuentra en una zona sísmica 3 de alta sismicidad, por ende es de gran importancia determinar el nivel de riesgo sísmico de las edificaciones expuestas a la acción sísmica. A continuación se mencionan estudios realizados sobre el tema a tratar (NTP E0.30, 2003).

El Bachiller Johan Edgar Laucata Luna, 2013, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su tesis profesional “ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO” en dicha investigación llegó a las siguientes conclusiones: afirma que el riesgo es alto con un 87%, y la diferencia tiene un riesgo medio, de las 30 casas analizadas. No resultando ninguna vivienda con riesgo bajo.

Los Bachilleres Enrique Javier Tafur Sarmiento y Víctor Humberto Narro De los Ríos, 2006, de la Universidad Nacional de Cajamarca, en su tesis profesional “ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA” afirman que la ciudad de Cajamarca tiene la predominancia de tres sistemas constructivos: albañilería de ladrillo, adobe y tapial, muchas de estas edificaciones tienen más de un siglo de antigüedad, las cuales fueron diseñadas y construidas sin código de diseño alguno, por lo tanto es de esperar que cuando ocurra algún sismo se produzcan daños estructurales significativos, con el consiguiente riesgo para la comunidad.

Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno y Ing. Sabino Nicola Tarque Ruíz, 2006, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana” en dicha investigación llegó a las siguientes conclusiones: afirman que el proyecto realizado es contribuir a la reducción del riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada construidas informalmente en la costa del país, debido a que

el 40% de las viviendas autoconstruidas analizadas tiene peligro sísmico alto, el 60% peligro sísmico medio.

El Bachiller Roberto Ángel Flores De los Santos, 2002, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su tesis profesional “DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS AUTOCONSTRUCCIONES EN LIMA” en dicha investigación llego a las siguientes conclusiones: afirman que en muchos países en desarrollo, las viviendas informales son construidas sin asesoramiento técnico ni profesional. Estas viviendas muchas veces presentan serios problemas respecto a su ubicación, configuración estructural y proceso constructivo, que las hacen muy vulnerables ante los sismos, lo cual el riesgo sísmico es alto.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1 RIESGO SÍSMICO

Es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett, 2003 y Barbat, 1998).

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: Riesgo es igual al peligro por vulnerabilidad. Esta evaluación de riesgo es en forma individual para cada estructura. (Fourier, 1988 y Kuroiwa, 2002).

Según Bommer, 1998. Cuando se desea calcular el riesgo sísmico de una determinada zona, entonces la ecuación del riesgo sísmico se ve afectada por la densidad poblacional: Riesgo es igual a peligro por exposición por vulnerabilidad y por costo. En este caso el riesgo sísmico es medido en términos de pérdidas de vidas o económicas.

La exposición es el número de personas o viviendas de la zona, o el valor productivo del comercio del lugar. El costo está relacionado el número de personas en cada vivienda o valor monetario de reparación de cada vivienda (Bommer, 1998).

### **2.2.2 Vulnerabilidad**

Es el nivel de daño que sufre las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo. La vulnerabilidad refleja la falta de resistencia de una edificación frente a los sismos (Bommer, 1998)

Según Kuroiwa, 2002 la Vulnerabilidad depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de construcción.

A nivel nacional se vienen desarrollando diversos estudios de vulnerabilidad sísmica, en ciudades que enfrentan con mayor intensidad este tipo de problema, evaluando principalmente viviendas de albañilería de ladrillo confinado (Flores, 2002).

Además existen otros estudios que enfatizan el análisis de edificaciones esenciales, que son necesarias para atender las emergencias y preservar la salud, seguridad y atención de la población después de ocurrido el desastre (Safina, 2002).

La ciudad de Cajamarca tiene la predominancia de tres sistemas constructivos: Albañilería de ladrillo, adobe y tapial, muchas de estas edificaciones tienen más de un siglo de antigüedad, las cuales fueron diseñadas y construidas sin código de diseño alguno, por lo tanto es de esperar que cuando ocurra algún sismo se produzcan daños estructurales significativos, con el consiguiente riesgo para la comunidad. (Tafur y Humberto, 2006)

Vulnerabilidad de las edificaciones nos permiten conocer las características estructurales de las viviendas, mostrando los problemas que presentan y dando a conocer las formas más adecuadas para evitar el colapso de las mismas.

Aspectos que influyen en la vulnerabilidad será los siguientes:

#### **2.2.2.1 Densidad de muros.**

Este procedimiento es sumamente simple y consiste en hallar la densidad de muros de cada piso, la cual se define como la relación del área los muros al área de la planta del piso en estudio. La relación debe examinarse rigurosamente en las direcciones verticales y horizontales. No se consideran aquellos muros cuya longitud es menor a 1.20 m.

Como parte del pre dimensionamiento y estructuración del edificio, se debe calcular la densidad mínima de muros portantes mediante la siguiente expresión (a) del artículo 19.2 de la NTP E.070:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la PLanta Típica}} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

(a)

Dónde:

L: Longitud total del muro incluyendo columnas (m) (mayor a 1.20 m)

T: Espesor efectivo del muro (m)

Ap: Área de la planta típica (m<sup>2</sup>)

N: Número de pisos del edificio

El factor de zona se asignó según la zona sísmica en la cual se ubica la edificación, este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

**TABLA N° 2 FACTORES DE ZONA**

| ZONA | (Z)  |
|------|------|
| 3    | 0,4  |
| 2    | 0,3  |
| 1    | 0,14 |

**FUENTE:** NTP E.030, 2006.

El factor de uso e importancia (U) está definido de acuerdo a la categoría de la edificación propuesta en la NTP E.030, 2006.

**TABLA N° 2.1 FACTORES DE IMPORTANCIA (U)**

| <b>Categoría</b>                           | <b>Descripción</b>   | <b>Factor U</b>                           |
|--|--|---|
| <b>A<br/>Edificaciones<br/>Esenciales</b>  | Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos. | 1,5                                       |
| <b>B<br/>Edificaciones<br/>Importantes</b> | Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento  | 1,3                                       |
| <b>C<br/>Edificaciones<br/>Comunes</b>     | Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.   | 1,0                                       |
| <b>D<br/>Edificaciones<br/>Menores</b>     | Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.   | Se omite el análisis por fuerzas sísmicas |

FUENTE: NTP E.030, 2006.

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos definidos en la NTP E .030.

**TABLA N° 2.2 PARÁMETROS DEL SUELO**

| <b>Tipo</b> | <b>Descripción</b>                              | <b>Tp(S)</b> | <b>S</b> |
|-------------|---|--------------|----------|
| <b>S1</b>   | Roca o suelos muy rígidos                       | 0,4          | 1,0      |
| <b>S2</b>   | Suelos intermedios                              | 0,6          | 1,2      |
| <b>S3</b>   | Suelos flexibles o con estratos de gran espesor | 0,9          | 1,4      |
| <b>S4</b>   | Condiciones excepcionales                       | *            | *        |

FUENTE: NTP E.030, 2006.

- **FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA** De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión (b):

$$C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

(b)

- T es el período
- Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración en el suelo.

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R) se selecciona según el sistema estructural y los materiales usados en la edificación.

**TABLA N° 2.3 SISTEMAS ESTRUCTURALES**

| Sistema Estructural                                  | Coeficiente de Reducción, R Para estructuras regulares |
|--|--|
| <b>Acero</b>   |  |
| Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos | 9,5  |
| Otras estructuras de Acero                           |  |
| Arriostres Excéntricos                               | 6,5  |
| Arriostres en Cruz                                   | 6  |
| <b>Concreto Armado</b>                               |  |
| Pórticos   | 8  |
| Dual   | 7  |
| De muros estructurales                               | 6  |
| Muros de ductilidad limitada                         | 4  |
| Albañilería Armada o Confinada                       | 3  |
| Madera (por Esfuerzo Admisibles)                     | 7  |

**FUENTE:** NTP E.030, 2006.

### 2.2.2.2 Materiales y características.

Dentro de los materiales más resaltantes de la zona de estudio, es el ladrillo artesanal, por lo cual el uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla N°2.4. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTP E.030, 2006.

**TABLA N° 2.4 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES**

| TIPO               | ZONA SÍSMICA 2 Y 3                          |  | ZONA SÍSMICA 1                               |
|--------------------|---|--|--|
|                    | Muro portante en edificios de 4 pisos a más | Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos    | Muro portante en todo edificio               |
| Sólido Artesanal * | No  | Sí, hasta dos pisos                          | Sí   |
| Sólido Industrial  | Sí  | Sí   | Sí   |
| Alveolar           | Sí<br>Celdas totalmente rellenas con grout  | Sí<br>Celdas parcialmente rellenas con grout | Sí<br>Celdas parcialmente rellenas con grout |
| Hueca              | No  | No   | Sí   |
| Tubular            | No  | No   | Sí, hasta 2 pisos                            |

FUENTE: NTP E.070, 2006.

**TABLA N° 2.5 Resistencia de la albañilería**

| Materia Prima | Denominación          | UNIDAD<br>$f_b$ | PILAS<br>$f_m$ | MURETES<br>$v'_m$ |
|---------------|-----------------------|-----------------|----------------|-------------------|
| Arcilla       | King Kong Artesanal   | 5,4 (55)        | 3,4 (35)       | 0,5 (5,1)         |
|               | King Kong Industrial  | 14,2 (145)      | 6,4 (65)       | 0,8 (8,1)         |
|               | Rejilla Industrial    | 21,1 (215)      | 8,3 (85)       | 0,9 (9,2)         |
| Sílice-cal    | King Kong Normal      | 15,7 (160)      | 10,8 (110)     | 1,0 (9,7)         |
|               | Dédalo                | 14,2 (145)      | 9,3 (95)       | 1,0 (9,7)         |
|               | Estándar y mecano (*) | 14,2 (145)      | 10,8 (110)     | 0,9 (9,2)         |
| Concreto      | Bloque Tipo P (*)     | 4,9 (50)        | 7,3 (74)       | 0,8 (8,6)         |
|               |                       | 6,4 (65)        | 8,3 (85)       | 0,9 (9,2)         |
|               |                       | 7,4 (75)        | 9,3 (95)       | 1,0 (9,7)         |
|               |                       | 8,3 (85)        | 11,8 (120)     | 1,1 (10,9)        |

FUENTE: NTP E.070, 2006.

El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ) para la albañilería se considerarán como sigue:

- Unidades de arcilla:  $E_m = 500 \text{ f'm}$
- Unidades Sílico-calcareas:  $E_m = 600 \text{ f'm}$
- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 \text{ f'm}$

- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0.4 E_m$

Opcionalmente, los valores de  $E_m$  y  $G_m$  podrán calcularse experimentalmente según se especifica el artículo 13 de NTE E.070, 2006.

### **2.2.3 Peligro sísmico:**

Es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido. El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera, como derrumbes y licuefacciones de suelos (Bommer, 1998).

Por tal motivo, el primer paso en la evaluación del peligro sísmico es caracterizar las zonas sísmo-tectónicas, para posteriormente entender mejor las características de los terremotos. Generalmente, en su evaluación se utilizan métodos o modelos probabilísticos simplificados de cálculo basados en el establecimiento de las leyes estadísticas para definir el comportamiento sísmico de una zona, las fuentes sísmicas y la atenuación del movimiento del suelo, expresando los resultados en forma de probabilidad de excedencia de distintos niveles intensidad del movimiento de los valores máximos de aceleración esperados en un lugar y en un intervalo de tiempo determinado. Sin embargo, estos modelos involucran una gran cantidad de incertidumbres lo que lleva inevitablemente a ser calculados a partir de la extrapolación de datos, a la adaptación de estudios de otras regiones par que estos modelos sean completamente funcionales y en muchos casos a la simplificación de los mismos. (Somerville, 2000).

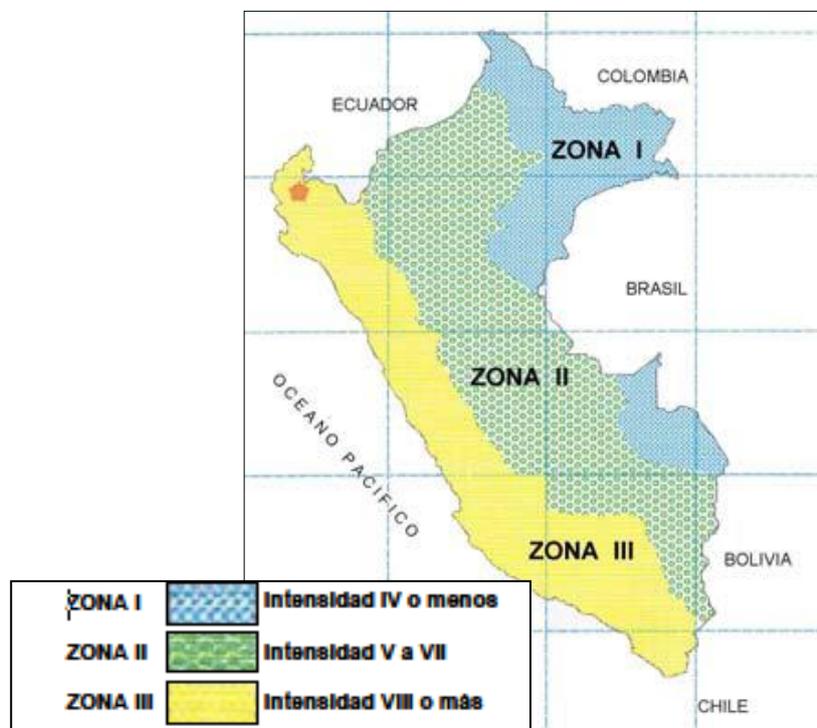
#### **2.2.3.1 Sismicidad**

Se define como “Sismicidad” a la actividad sísmica en un área particular durante un periodo de tiempo, o como la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. La representación de la sismicidad deberá tener en cuenta no solo los eventos registrados sino también su dimensión, frecuencia, distribución espacial, su modo de ocurrencia y las características del terreno donde se producen o se propagan.

El territorio peruano está situado sobre el Cinturón de Fuego Circumpacífico, que es donde ocurre más del 80% de los sismos que afectan al planeta. Casi todos los movimientos sísmicos en nuestro país están relacionados a la subducción de la placa Oceánica de Nazca, que se introduce bajo la placa Continental Sudamericana, a razón de 9cm/año. (Kuroiwa, 2002).

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica para el territorio Peruano, la norma E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones, la ciudad de Cajamarca está ubicada dentro de la zona de sismicidad III. Ver Fig. 2.

**FIGURA N° 2:** Zonificación.



Fuente: KURIWA, 2002.

- **Sismicidad Regional**

La actividad sísmica en la región es de carácter intermedio, con sismos de intensidad promedio de VII en la Escala Modificada de Mercalli, con una profundidad promedio de 40 Km y provocados por fallas activas ubicadas en el departamento de San Martín.

En el Tabla N° 2.6 se puede observar los sismos más importantes ocurridos en la zona norte del Perú.

**TABLA N° 2.6**  
SISMICIDAD HISTÓRICA DEL NORTE DEL PERÚ

| AÑO  | MES          | INTENSIDAD | EPICENTRO                                 |
|------|--------------|------------|---|
| 1606 | MARZO 23     | -----      | LAMBAYEQUE                                |
| 1614 | FEBRERO 14   | VIII       | TRUJILLO                                  |
| 1725 | ENERO 6      | -----      | TRUJILLO                                  |
| 1759 | SETIEMBRE 02 | VI         | LAMBAYEQUE                                |
| 1814 | FEBRERO 10   | VII        | PIURA                                     |
| 1857 | AGOSTO 20    | -----      | PIURA                                     |
| 1877 | NOVIEMBRE 26 | -----      | CHACHAPOYA                                |
| 1906 | SETIEMBRE 28 | VI - VII   | NORESTE DEL PERÚ<br>(TRUJILLO- CAJAMARCA) |
| 1907 | JUNIO 20     | IV         | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1912 | JULIO 24     | IX - X     | PIURA                                     |
| 1917 | MAYO 20      | VI         | TRUJILLO                                  |
| 1928 | MAYO 14      | X          | CHACHAPOYA                                |
| 1937 | JUNIO 21     | VII        | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1951 | MAYO 08      | IV         | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1953 | DICIEMBRE 12 | VII - VIII | NORESTE DEL PERÚ - SUR<br>ECUADOR         |
| 1955 | MARZO 09     | -----      | CAJAMARCA(SAN IGNACIO)                    |
| 1955 | MAYO 03      | V          | CHIMBOTE                                  |
| 1957 | AGOSTO 08    | V - VI     | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1960 | NOVIEMBRE 30 | -----      | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1963 | AGOSTO 30    | VIII       | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1969 | FEBRERO 03   | VII        | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1970 | DICIEMBRE 09 | VII        | NORESTE DEL PERÚ                          |
| 1971 | JULIO 10     | -----      | SULLANA                                   |

FUENTE: INDECI, 2004.

Sin embargo, la escasez de datos sísmicos en un periodo estadísticamente representativo, restringe el uso del método probabilístico y la escasez de datos tectónicos restringe el uso del método determinístico, no obstante, el Mapa de peligros de la ciudad de Cajamarca INDECI - 2,004, establece una probabilidad de ocurrencia para sismos de intensidad VII y VIII en la escala Mercalli Modificada, con una aceleración promedio de 0.27, un periodo de recurrencia de 50 años. (INDECI, 2004).

- **Sismicidad local**

- **Nivel Severo:**

Esta zona presenta suelos lagunares, compuestos principalmente por arcillas plásticas y arcillas limosas, con contenidos de humedad relativamente altos, debido a la proximidad con un nivel freático alto. Son en su mayoría suelos expansibles en grandes proporciones, con altas aceleraciones sísmicas.

Este nivel de peligro se ubica al Este de la ciudad, comprometiendo los AA.HH. José Gálvez, FONAVI II, Horacio Zevallos, Hoyos Rubio, San Luís, La Argentina, El Tallo, Villa Universitaria, Alan Perú. Además se encuentran comprometidos parte de los AA.HH. Santa Elena El Junco, La Alameda, 22 de Octubre, Mollepampa, San Martín y la ciudad Universitaria. Dentro de esta clasificación se encuentra la Fundación por los Niños del Perú, el Hospital de Apoyo ESSALUD N° 2, la Universidad Nacional de Cajamarca, Gobierno Regional de Cajamarca, el PRONAA y parte del asilo de Ancianos. (INDECI, 2005).

- **Nivel Moderado:**

Esta zona se caracteriza por presentar suelos aluviales con aceleraciones sísmicas altas. Otro fenómeno que se puede presentar en este sector, es la probabilidad de asentamientos diferenciales parciales por la presencia de suelos expansivos, ante la presencia de un sismo de gran magnitud.

Dentro de esta clasificación se encuentra gran porcentaje de la ciudad, comprometiendo los AA.HH. 22 de Octubre, María Parado de Bellido, San José, San Pedro, La Merced, Santa Apolonia, San Sebastián, La Colmena, Dos de Mayo, Pueblo Nuevo, Amauta, San Antonio, Acomarca, Ramón Castilla, Cajamarca, Pueblo Libre, José Olaya, Magna Vallejo, Santa Elena El Junco, Pilar Nores de García, Víctor Raúl Haya de la Torre, La Florida, Miraflores, Aranjuez, San Martín de Porres, Mollepampa, zona de expansión Urbana y el Condominio Los Eucaliptos.

Dentro de este nivel de peligro se concentra la mayor cantidad de las actividades cívico administrativas y de servicios, entre las que se encuentran la Municipalidad Provincial, Hospital Regional, Hospital ESSALUD N° 1, el reservorio Lucmacucho Alto, el asilo de ancianos, Mercado Central, Mercado San Sebastián, la Catedral, Iglesias San Francisco, La Recoleta, Complejo

Belén, Cementerio General, los estadios Municipal y Héroes de San Ramón, la Cia. de bomberos N° 59 y los centros educativos Divino Maestro, Juan XXIII y Santa Teresita. (INDECI, 2005).

- **Nivel Menor:**

Esta zona se caracteriza por presentar un suelo compuesto predominante por depósitos de roca, con bajas aceleraciones sísmicas y capacidad portante media.

Este nivel de peligro se presenta en la zona Norte, Noroeste y Suroeste de la ciudad.

- Norte de la ciudad: compromete los AA.HH. Zamana Cruz, Chontapaccha, San José, Moyopata, Moyopata Chica, Santa Rosa, Las Orquídeas, Los Jardines, Alan Perú, José Sabogal, Las Margaritas, Cahuide, Túpac Amaru, José Carlos Mariátegui, El Imperio, La Perlita, El Bosque, Acomarca y parte del AH. 22 de Octubre.

Noroeste y Suroeste de la ciudad: Dentro de este nivel se encuentra una franja de la ciudad comprendida entre la zona de Peligro Moderado y Peligro Leve, está delimitada por una poligonal que conforman las calles Huanuco, Desamparados, Prolongación Huanuco, Gracilazo de la Vega, Alfonso Ugarte, Tupac Amaru Jr. Sullana, Av. Perú y José Olaya, para luego continuar siguiendo el eje de la prolongación Alfonso Ugarte con dirección Suroeste hacia el sector La Tumpuna. En su recorrido compromete parte de los AA.HH. San Pedro, Cumbemayo, Santa Apolonia, San Sebastián, Nueve de Octubre, Santa Elena y Turpuna. (INDECI, 2005).

- **Nivel Leve:**

Esta zona presenta un suelo compuesto predominante por materiales de origen volcánico, con depósitos de roca y gravas muy densas, presenta bajas aceleraciones sísmicas y alta capacidad portante; se localiza al Oeste de la ciudad, sobre las laderas de los cerros que bordean la misma.

Dentro de esta calificación se encuentran los AA.HH. Urubamba, San Vicente, Cumbe Mayo, Delta, La Esperanza Alta, Pachacutec, El Estanco, Vista Bella, Bellavista, Santa Elena, Calispuquio y parte de la zona de la Turpuna. Compromete la Planta de Tratamiento Santa Apolonia, los reservorios Santa Apolonia y La Esperanza, los Centros de Salud, Pachacutec y La Tulpuna, la

posta de salud del Barrio San Vicente, el CE. Corazón de María y el CEI. Miguel de Cervantes. (INDECI, 2005).

### **2.2.3.2 TIPO DE SUELO**

Para la NTP E.030, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelo son cuatro:

#### **a. Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.**

A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca sana o parcialmente alterada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Grava arenosa densa.
- Estrato de no más de 20 m de material cohesivo muy rígido, con una resistencia al corte en condiciones no drenadas superior a 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>), sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.
- Estrato de no más de 20 m de arena muy densa con  $N > 30$ , sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.

#### **b. Perfil tipo S2: Suelos intermedios.**

Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3.

#### **c. Perfil tipo S3: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.**

Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6 s, incluyéndose los casos en los que el espesor del estrato de suelo excede los valores siguientes:

**TABLA N° 2.7:** Clasificación de los Suelos

| Suelos Cohesivos       | Resistencia al Corte típica en condición no drenada (kPa)  | Espesor del estrato (m) |
|------------------------|--|-------------------------|
| Blandos                | <25  | 20                      |
| Medianamente compactos | 25 - 50  | 25                      |
| Compactos              | 50 - 100   | 40                      |
| Muy compactos          | 100 - 200  | 60                      |
| Suelos Granulares      | Valores N típicos en ensayos De penetración estándar (SPT) | Espesor del estrato (m) |
| Sueltos                | 4 - 10   | 40                      |
| Medianamente densos    | 10 - 30  | 45                      |
| Densos                 | Mayor que 30   | 100                     |

FUENTE: NTP E.030, 2006.

**d. Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales.**

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de  $T_p$  y del factor de amplificación del suelo  $S$ , dados en la Tabla N°2.8

En los sitios donde las propiedades del suelo sean poco conocidas se podrán usar los valores correspondientes al perfil tipo S3. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando los estudios geotécnicos así lo determinen.

**TABLA N° 2.8:** Parámetros del Suelo

| Tipo      | Descripción                                     | $T_p(S)$ | $S$ |
|-----------|---|----------|-----|
| <b>S1</b> | Roca o suelos muy rígidos                       | 0,4      | 1,0 |
| <b>S2</b> | Suelos intermedios                              | 0,6      | 1,2 |
| <b>S3</b> | Suelos flexibles o con estratos de gran espesor | 0,9      | 1,4 |
| <b>S4</b> | Condiciones excepcionales                       | *        | *   |

FUENTE: NTP E.030, 2006.

### 2.3. Definición de términos básicos

- ✓ **Sismo:** Vibraciones o sacudimientos de la corteza terrestre causados por ondas sísmicas que se generan por súbita liberación de energía elástica acumulada en la corteza y parte superior del manto terrestre.( Bertero, 2000)
- ✓ **Peligro sísmico:** El peligro sísmico representa la probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico de tiempo y dentro de un área dada, un movimiento sísmico con una intensidad determinada.( Bazán, 2000)
- ✓ **Vulnerabilidad:** Es el grado de daño que sufre una estructura debida a un evento sísmico de determinadas características. ( Bazán, 2000)
- ✓ **Riesgo sísmico:** El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica, (Bonett, 2003).
- ✓ **Sismicidad:** La sismicidad se define como la frecuencia de ocurrencia de fenómenos sísmicos por unidad de área incluyendo, al mismo tiempo, cierta información de la energía sísmica liberada (Bazán, 2000).
- ✓ **Tipo de suelo:** los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el perímetro fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. (NTP E.030, 2006).
- ✓ **Confinamiento:** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante. (NTP E.070, 2006).
- ✓ **Densidad de muros:** La relación del área los muros al área de la planta del piso en estudio.
- ✓ **Análisis por volteo:** Se da cuando no existe un confinamiento, en muros y parapetos.

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

- El riesgo sísmico de las edificaciones en la Urbanización Horacio Zevallos es alto debido a su vulnerabilidad y peligro.

### 3.2. Operacionalización de variables

- **Variable independiente:** Vulnerabilidad y peligro sísmico.
- **Variable dependiente:** Riesgo sísmico.

**Tabla N° 3** Variables

| Tipo de Variable | Variable               | Concepto   | Indicador                                  |
|------------------|------------------------|--|--|
| Independiente    | Vulnerabilidad Sísmica | Es el grado de exposición o fragilidad de las edificaciones y población ante un evento sísmico de gran intensidad.   | <b>ALTA</b><br><b>MEDIA</b><br><b>BAJA</b> |
|                  | Peligro Sísmico        | Es la probabilidad de ocurrencia de uno o más eventos sísmicos, con potencial destructivo.   | <b>ALTA</b><br><b>MEDIA</b><br><b>BAJA</b> |
| Dependiente      | Riesgo Sísmico         | Es una medida que combina el peligro sísmico, con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por movimientos sísmicos en un período determinado. | <b>ALTA</b><br><b>MEDIA</b><br><b>BAJA</b> |

**FUENTE:** Propia, 2015.





#### **4.3.1.1 FICHA DE ENCUESTA**

La ficha de encuesta se desarrolló para recopilar información necesaria en la evaluación de las viviendas seleccionadas de albañilería, ya sea de uno o más pisos. Se considera el uso de otros materiales complementarios como: madera, concreto, acero, etc. Además incluye el plano de la vivienda en planta de cada piso, así como la vista frontal y donde corresponda una vista lateral.

Se indica que la ficha de encuesta es válida (Mosqueira y Tarque, 2005)

#### **4.3.1.2 Datos Generales**

##### **a. Número de vivienda**

El número correlativo de la vivienda encuestada.

##### **b. Fecha de encuesta**

El día, mes y año en que se realizó la encuesta.

##### **c. Familia**

Los apellidos de la familia que reside en la vivienda encuestada.

##### **d. Número de habitantes**

Número de personas que residen en la vivienda encuestada.

##### **e. Ubicación de la vivienda**

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

##### **f. Dirección técnica en el diseño**

Si algún profesional de la rama, dirigió la asesoría en el diseño de la vivienda.

##### **g. Dirección técnica en la construcción**

Si algún profesional de la rama, dirigió la asesoría de la construcción de la vivienda.

##### **h. Pisos construidos, proyectados en la vivienda y antigüedad**

Para tener presente cuantos pisos más podrían ampliarse la vivienda y la antigüedad de la vivienda.

#### **i. Topografía y geología**

Si presenta pendiente y tipo de suelo en la que está construida la vivienda.

#### **j. Estado de la vivienda**

Aquí se darán las observaciones, tipo de material, tipo de fallas, proceso constructivo y mano de obra.

#### **h. Secuencia de la construcción.**

Como se vienen construyendo las áreas de la edificación.

### **4.3.1.3 Aspectos técnicos**

#### **Elementos de la vivienda.**

- **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 albañilería utilizada, ya sea ladrillos macizos, pandereta u otros si lo hubieran. También se incluirá la medida aproximada de las juntas entre las unidades de albañilería y el espesor de los muros, como las longitudes 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:** Se especifica si se utilizó diafragma rígido, como losa aligerada o losa maciza. Se especifica la altura de la losa. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto, se indica el tipo y sus dimensiones.

### **4.3.1.4 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 albañilería, cangrejas en columnas o el acero expuesto a corrosión. O cualquier característica no considerada en la ficha de encuesta que pueda influir en la vulnerabilidad de la vivienda. De esta manera, también se evalúa otros factores que puedan afectar negativamente el comportamiento sísmico de la vivienda.

#### **4.3.1.5 Estabilidad de los muros**

Se va describir como es el comportamiento de los elementos (cerco perimétrico, muros y parapetos) ante un sismo severo que pueden soportar, para lo cual se va a calcular si es estable o inestable, según los datos tomados en campo.

#### **4.3.1.6 Fotografías**

Se muestran fotografías que resalten con mayor claridad el estado actual de la vivienda y el entorno del lugar.

#### **4.3.1.7 Croquis de la vivienda**

En esta sección se muestran los croquis de la vivienda con sus respectivos niveles actuales, de tal manera que dé a conocer mejor la estructura descrita en los acápites anteriores; dicho croquis involucra las plantas y elevaciones (principal y lateral).

**FIGURA N° 4.2** Antecedentes



**DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VIVIENDA**  
**FICHA DE REPORTE**

**Antecedentes:**

Vivienda N° :  
Fecha:  
N° habitantes:

Familia: .....

Ubicación: .....

Dirección técnica en el diseño: .....

Dirección técnica en la construcción: .....

Pisos construidos: ..... Pisos proyectados: ..... Antigüedad de la vivienda: .....

Topografía y geología: .....

Estado de la vivienda: .....

.....

.....

.....

Secuencia de construcción de la vivienda: .....

**FUENTE:** Mosqueira y Tarque, 2005.

**FIGURA N° 4.3** Aspectos técnicos.

**Elementos de la vivienda:**

| Elemento  | Características |
|-----------|-----------------|
| Cimientos |                 |
| Muros     |                 |
| Techo     |                 |
| Columnas  |                 |
| Vigas     |                 |

**Deficiencias de la estructura:**

| Problemas de ubicación:  | Problemas constructivos: |
|--------------------------|--------------------------|
|                          |                          |
|                          |                          |
| Problemas estructurales: |                          |
|                          | Mano de obra:            |
|                          |                          |
|                          | Otros:                   |
|                          |                          |
|                          |                          |

**FUENTE:** Mosqueira y Tarque, 2005.

**FIGURA N° 4.4** Análisis Sísmico

| Area                        | Cortante Basal    |            | Area de muros  |                | Ae / Ar      | Densidad     | Resistencia    | VR/V         | Resultado |
|-----------------------------|-------------------|------------|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|-----------|
|                             | Piso 1            | Peso acum. | V=ZUCSP/R      | Existente:Ae   |              | Requerida:Ar | Ae/Area piso 1 | VR           |           |
| m <sup>2</sup>              | kN/m <sup>2</sup> | kN         | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | Adimensional | %            | kN             | Adimensional |           |
| Análisis en el sentido "X"  |                   |            |                |                |              |              |                |              |           |
|                             |                   |            |                |                |              |              |                |              |           |
| Análisis en el sentido "Y"  |                   |            |                |                |              |              |                |              |           |
|                             |                   |            |                |                |              |              |                |              |           |
| Observaciones y Comentarios |                   |            |                |                |              |              |                |              |           |
| .....                       |                   |            |                |                |              |              |                |              |           |
| .....                       |                   |            |                |                |              |              |                |              |           |

**FUENTE:** Mosqueira y Tarque, 2005.

**FIGURA N° 4.5** Estabilidad por volteo

| Muro | Factores |       |                   |   |   | Mom. Act.             | Mom. rest.        | Resultado | Ma : Mr | Muro | Factores |       |                   |   |   | Mom. Act.             | Mom. rest.        | Resultado | Ma : Mr |
|------|----------|-------|-------------------|---|---|-----------------------|-------------------|-----------|---------|------|----------|-------|-------------------|---|---|-----------------------|-------------------|-----------|---------|
|      | C1       | m     | P                 | a | t | 0.4C1mPa <sup>2</sup> | 25 t <sup>2</sup> |           |         |      | C1       | m     | P                 | a | t | 0.4C1mPa <sup>2</sup> | 25 t <sup>2</sup> |           |         |
|      | adim.    | adim. | kN/m <sup>2</sup> | m | m | kN-m/m                | kN-m/m            |           |         |      | adim.    | adim. | kN/m <sup>2</sup> | m | m | kN-m/m                | kN-m/m            |           |         |
| M1   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M12  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M2   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M13  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M3   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M14  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M4   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M15  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M5   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M16  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M6   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M17  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M7   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M18  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M8   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M19  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M9   |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M20  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M10  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M21  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |
| M11  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         | M22  |          |       |                   |   |   |                       |                   |           |         |

**FUENTE:** Mosqueira y Tarque, 2005.

**FIGURA N° 4.6** Factores que alteran el resultado

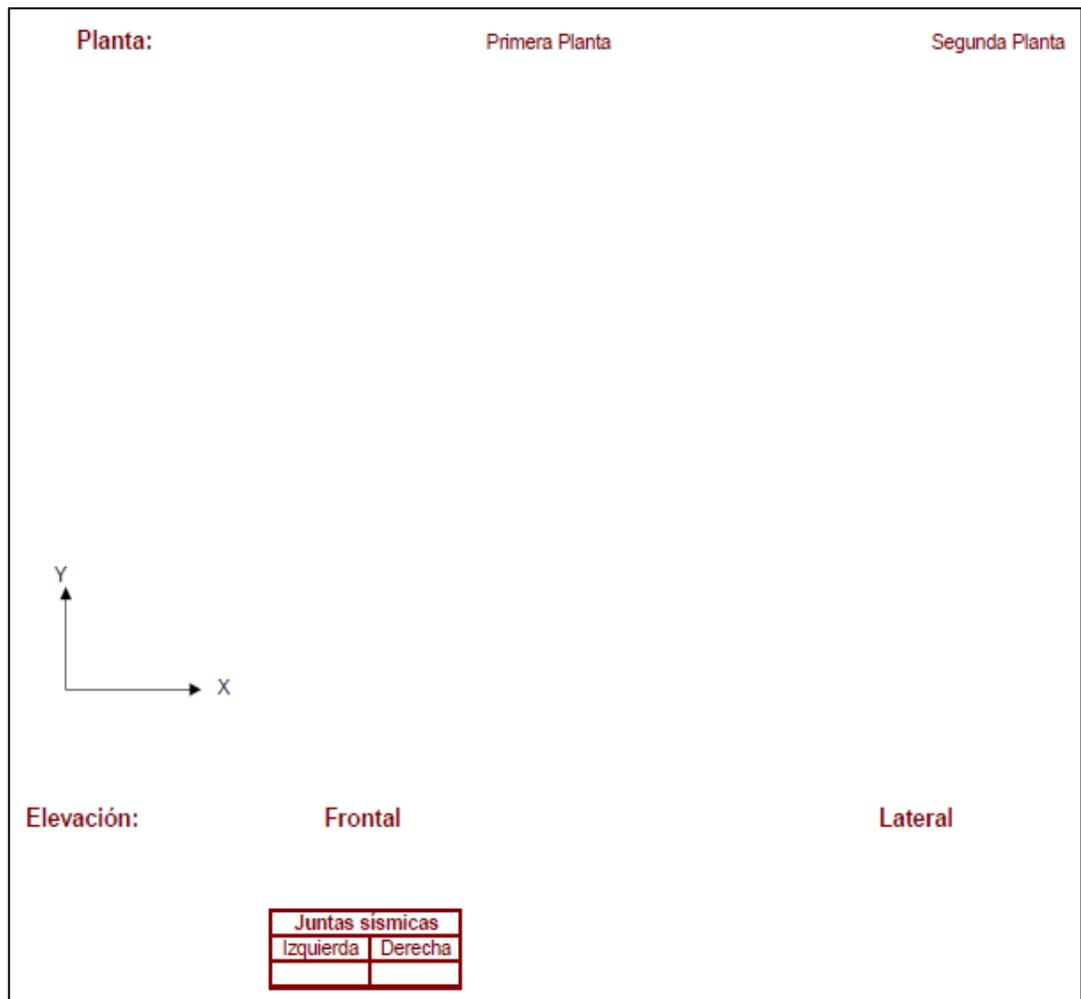
| FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro) |                           |                        |            |             |                        |
|--|---------------------------|------------------------|------------|-------------|------------------------|
| Vulnerabilidad   |                           |                        | Peligro    |             |                        |
| Estructural  |                           | No estructural         | Sismicidad | Suelo       | Topografía y pendiente |
| Densidad   | Mano de obra y materiales | Tabiquería y parapetos |            |             |                        |
| Adecuada:  | Buena calidad             | Todos estables         | Baja       | Rígido      | Plana                  |
| Aceptable:   | Regular calidad           | Algunos estables       | Media      | Intermedios | Media                  |
| Inadecuada:  | Mala calidad              | Todos inestables       | Alta       | Flexibles   | Pronunciada            |

| Calificación     |  | Resultado       |  |
|------------------|--|-----------------|--|
| Vulnerabilidad : |  | Riesgo Sísmico: |  |
| Peligro :        |  |                 |  |

FUENTE: Mosqueira y Tarque, 2005.

**FIGURA N° 4.7** Gráficos y fotografías



FUENTE: Mosqueira y Tarque, 2005.

#### **4.3.2. Procedimientos**

Los procedimientos que se efectuaron para este proyecto son los siguientes:

##### **4.3.2.1 Investigación Bibliográfica.**

Se tuvo que hacer una revisión de libros, tesis, documentos que traten sobre este tema y temas afines. Se buscó información en INDECI, en la biblioteca de la Universidad Privada del Norte, en páginas web y otras.

Los libros y documentos consultados, se encuentran detallados en la bibliografía y referencias presentadas al final de esta investigación. Con esta información, se efectuó el planteamiento para el inicio de la recolección de datos en las viviendas.

##### **4.3.2.2 Selección de zona de estudio.**

Para seleccionar la zona de estudio se consultó en INDECI la zona más vulnerable ante desastres climatológicos y geológicos. Es así como se identificó el área de estudio, haciendo una inspección visual la mayoría de las casas son de material noble, y se ha podido observar las posibles fallas en la construcción, por falta de asesoramiento de un profesional.

##### **4.3.2.3 Ficha de trabajo**

Para conocer y analizar las principales características del sistema estructural de las viviendas encuestadas, se utilizaron dos formatos técnicos desarrollados en MS Excel. El primero se denomina Ficha de Encuesta o de campo que básicamente permitió recopilar la información sobre el estado de las viviendas. Y la Ficha de Reporte o gabinete, donde se examinan los datos recopilados. (Mosqueira y Tarque, 2005).

##### **4.3.2.4 Encuesta de viviendas**

Una vez seleccionados las zonas para realizar las encuestas, se procedió a la visita de las mismas. En cada vivienda visitada se explicó el propósito del estudio esperando la aceptación del poblador. En los lugares donde se

tuvo la aceptación de los pobladores se procedió a realizar la encuesta. Mientras que en otros lugares existió poca acogida por gran parte de la población y se procedió a usar diferentes estrategias. En el capítulo V se presenta detalladamente el trabajo en campo, las estrategias usadas, así como, las dificultades encontradas en el proceso de recolección de datos (Mosqueira y Tarque, 2005).

#### **4.3.2.5 Procesamiento de datos**

Una vez terminados los análisis por vivienda en los reportes, se procedió a resumir los resultados de análisis y observaciones hechas en la encuesta. Se elaboró tablas donde se registran las densidades de muros de las viviendas.

## **CAPÍTULO 5. DESARROLLO**

Se deberá describir detalladamente la ficha de reporte, como se verá en los siguientes pasos:

### **✓ Antecedentes**

Se sintetiza datos de la encuesta 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. N°05 se presenta los Antecedentes de la Ficha de Reporte.

**Figura N°05:** Ficha de reporte – Antecedentes.

|   |   |                            |            |
|---|---|----------------------------|------------|
| <b>Antecedentes:</b>                      |   | Vivienda N° :              | 1          |
|   |   | Fecha:                     | C/18/11/15 |
| Familia:                                  | Gallardo Marín, Lucila Primitiva  | N° habitantes:             | 6          |
| Ubicación:                                | Jr. Camilo Blas # 273   |                            |            |
| Dirección técnica en el diseño:           | Si  |                            |            |
| Dirección técnica en la construcción:     | No, ellos mismos la construyeron  |                            |            |
| Pisos construidos:                        | 2   | Pisos proyectados:         | 3          |
|   | .....   |                            | .....      |
|   |   | Antigüedad de la vivienda: | 20         |
|   |   |                            | .....      |
| Topografía y geología:                    | Zona topográficamente sin pendiente.  |                            |            |
|   | .....   |                            |            |
| Estado de la vivienda:                    | En la parte posterior presenta cerco perimétrico no confinado, con presencia de ladrillo de |                            |            |
|   | .....   |                            |            |
|   | con diferente cocción, no presenta junta sísmica .  |                            |            |
|   | .....   |                            |            |
|   | .....   |                            |            |
|   | .....   |                            |            |
| Secuencia de construcción de la vivienda: | Todo a la Vez   |                            |            |

**FUENTE:** Propia, 2015.

✓ **Aspectos Técnicos**

**a. Elementos de la Vivienda**

Se detalla los tipos de materiales usados y las dimensiones de los elementos estructurales de las viviendas: cimientos, muros, techo, columnas y vigas.

**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.

**Figura N° 5.1: Aspectos Técnicos**

**Elementos de la vivienda:**

| Elemento  | Características   |
|-----------|---|
| Cimientos | Cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.80m de altura 1.2m, sobre terreno arcilloso, zapatas de 0.40x0.50x1.2m         |
| Muros     | Ladrillo macizo artesanal, 9x13x23, juntas 3 cm, muros soga, $h_1=2.40$ , $h_2=2.40$ . 2do piso ladrillo macizo artesanal |
| Techo     | 1er piso losa aligerada de 20cm, 2do piso 20 cm   |
| Columnas  | 21 de 0.25x0.25m y 6 de 0.30x0.25   |
| Vigas     | Longitudinales de 0.15x0.20m y transversales de 0.25x0.20m  |

**Deficiencias de la estructura:**

| Problemas de ubicación:                                      | Problemas constructivos:  |
|--|---------------------------|
| Ninguno  | Ladrillos artesanales     |
|  | Ladrillos crudos          |
| Problemas estructurales:                                     |                           |
| Falta de juntas laterales entre viviendas                    |                           |
| Falta confinar la parte superior de los parapetos            | Mano de obra:             |
| Falta confinar de la parte superior e los muros perimétricos | Regular                   |
|  | Otros:                    |
|  | Acero oxidado de columnas |
|  |                           |

FUENTE: Propia, 2015.

**Para seguir con la ficha de reporte en gabinete se tuvo que realizar un análisis sísmico.**

### 5.1. Análisis sísmico

#### 5.1.1. Verificación de la densidad de muros del primer piso ante la presencia de un sismo severo para albañilería Confinada

El análisis por sismo, de las viviendas de albañilería, 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 (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.

$$\frac{VE}{Ar} \leq \frac{VR}{Ae} \quad (1)$$

Dónde:

$VE$  = 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 (NTP E.030, 2006)

$$VE = \frac{ZUSC}{R} * P \quad (2)$$

Dónde:

$Z$  = Factor de zona = 0,4

$U$  = Factor de uso que 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 (Aragón, 2002) se detalla en la siguiente expresión:

$$P = A_{tt} * \gamma \quad (3)$$

Dónde:

$A_{tt}$  = Suma de las áreas techada (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%.

VR, se expresa como:( NTP E.070, 2006)

$$VR = 0.5 \cdot v' m \cdot \alpha \cdot t \cdot l + 0.23 \cdot P_g \quad (4)$$

Dónde:

$V' m$  = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería.

$V' m$  = Para ladrillo de fabricación artesanal 510 kPa (NTP E.070)

$\alpha$  = Factor de reducción por esbeltez, varía entre  $1/3 \leq \alpha \leq 1$

$t$  = Espesor (m) del muro en análisis

$l$  = Longitud (m) del muro en análisis

$P_g$  = Carga gravitacional (kN) de servicio con sobrecarga reducida.

La condición más desfavorable para las viviendas es que ambos términos de la ecuación (1) sean equivalentes.

$$\frac{VE}{A_r} \approx \frac{VR}{A_e} \quad (5)$$

Despejando de la ecuación (5) el término  $A_r$ , se puede calcular el área mínima requerida para cada vivienda de albañilería.

La expresión VR, se ha simplificado, asumiendo que la carga  $0,23 \cdot P_g = 0$  por ser pequeña para vivienda de dos pisos y la esbeltez puede considerarse con el valor de 1. (Mosqueira y Tarque, 2005)

La ecuación (4) queda reducida a:

$$VR = 0.5 x v' m x t x l \quad (6)$$

Reemplazando las ecuaciones (6.2), (6.3) y (6.6) en la ecuación (6.5) se tiene:

$$\frac{ZUSC}{R.Ar} \chi A_{tt} \chi \gamma \approx \frac{0.5xv'mxtxl}{Ae} \quad (7)$$

Remplazando valores y reordenando la ecuación (6.7) se tiene:

$$Ar \approx \frac{ZSA_{tt} \gamma}{300} \quad (8)$$

Dónde:

Ar expresado en m<sup>2</sup>.

La ecuación (8) determina el área mínima de muros en cada dirección que deben tener el primer piso de las viviendas, para asegurar un adecuado comportamiento sísmico.

Si se quiere saber el área mínima de muros para otros niveles, hay que cambiar el área techada (Att) por la suma del área techada del nivel en estudio y de las áreas techadas por encima del nivel en estudio. Por ejemplo, para conocer el área mínima de muros del 2do nivel de una vivienda de 3 pisos, hay que sumar el área techada del 2do y 3er nivel.

De acuerdo con la teoría del diseño a rotura de viviendas de albañilería se tiene que asegurar que la suma a resistencia a corte de todos los muros (en una dirección) sea mayor que el cortante sísmico impuesto.

Es posible establecer una relación de Ae/Ar para decidir si las viviendas de albañilería tienen o no adecuada densidad de muros. Con Ar calculada con la ecuación (8) y Ae de las fichas de encuesta, se determina la relación Ae/Ar.

$\frac{VR}{Ar} = 315KPa$  Para hallar el área mínima requerida para no hacer cálculos se ha utilizado la relación desfavorable (5) volviendo a despejar sólo que se asume en el cálculo de VR la segunda expresión 0.23 Pg donde se considera que exista mayor carga. Para ello se ocupó un muro de cabeza obteniéndose (Valdiviezo, 2005).

Finalmente se obtiene:

$$Ar \approx \frac{ZSA_{tt} \gamma}{380} \quad (9)$$

Quedando el rango donde no se necesitan hacer cálculos:

$$\frac{ZSA_{tt} \gamma}{300} < Ar < \frac{ZSA_{tt} \gamma}{380} \quad (10)$$

Si la expresión definimos un valor  $K=Z.S.Att.\gamma$  y la expresión (10) la dividimos entre  $K/300$ , obtenemos:

$$0.8 < Ar\left(\frac{K}{300}\right) < 1 \quad (11)$$

Esta relación califica preliminarmente, si la densidad de muros, es adecuada para soportar sismos severos, a través de los siguientes rangos de valores.

- Si  $Ae/Ar \leq 0.80$  entonces la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.
- Si  $Ae/Ar \geq 1$  entonces la vivienda tiene adecuada densidad de muros.
- Si  $0.80 < Ae/Ar < 1$  entonces se requiere calcular con mayor detalle las suma de fuerzas resistentes de la vivienda ( $\Sigma VR$ ) y la fuerza cortante basal VE.

### 5.1.2. Cálculo detallado de la resistencia a corte VR de los muros

Para determinar el cálculo detallado de la suma de fuerzas resistentes de la vivienda ( $\Sigma VR$ ) y la fuerza cortante basal VE se elaboró una hoja de cálculo anexa al reporte en Excel. Según lo especificado en la tesis “Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las autoconstrucciones en Lima” (Flores, 2002), el valor del factor de reducción de la resistencia al corte  $\alpha$  por efectos de esbeltez es:

- Para viviendas de un piso.

$$\alpha = \frac{VE.L}{Me} = \frac{F1.L}{F1.h} = \frac{L}{h} \quad (12)$$

Dónde:

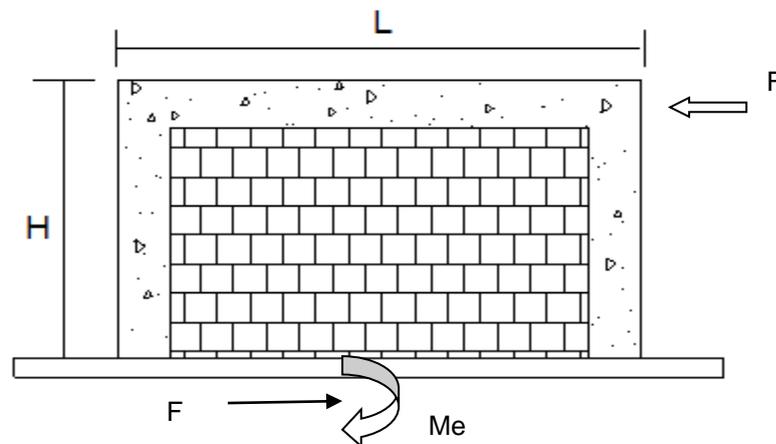
Me = Momento (kN-m) producido en la base del muro.

F1 = Fuerza (kN) de inercia

h = Altura (m) de entrepiso

L = Longitud (m) del muro

**FIGURA N° 5.2 Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de un piso.**



FUENTE: Flores, 2002

- Para viviendas de dos pisos.

$$\alpha = \frac{VE.L}{Me} = \frac{(F1+F2).L}{F1.h+F2.2h} \quad (13)$$

Dónde:

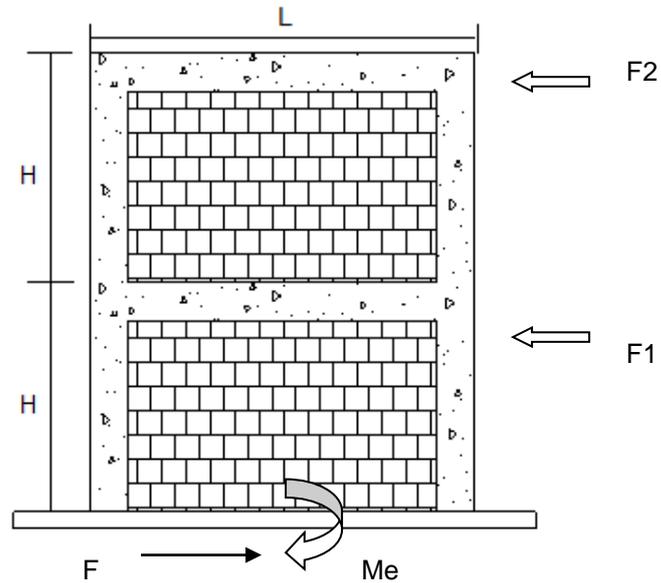
Me = Momento (kN-m) producido en la base del muro

Fi = Fuerza (kN) de inercia en el nivel i

h = Altura (m) de entrepiso

L = Longitud (m) del muro

**FIGURA N° 5.3** Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de dos pisos.



**FUENTE:** Flores, 2002

Si las alturas de los entrepisos son iguales generalmente y  $F2 = 2F1$  la expresión se reduce:

$$\alpha = \frac{3L}{5h} \quad (14)$$

Las viviendas de uno o dos pisos, para ambos casos el valor de  $\alpha$  debe estar comprendido entre  $1/3 \leq \alpha \leq 1$  (San Bartolomé, 1998).

**Figura N°5.4** Verificación de la densidad de muros

| Área                       | Cortante Basal    |           | Área de muros  |                | Densidad     | Resistencia | VR/V         | Resultado       |
|----------------------------|-------------------|-----------|----------------|----------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|
|                            | Peso acum.        | V=ZUCSP/R | Existente: e   | Requerida: Ar  |              |             |              |                 |
| m <sup>2</sup>             | kN/m <sup>2</sup> | kN        | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | Adimensional | kN          | Adimensional |                 |
| Análisis en el sentido "X" |                   |           |                |                |              |             |              |                 |
| 120.8                      | 8.41              | 473.9     | 5.9            | 1.9            | 3.1          | 4.8         | --           | <b>Adecuado</b> |
| Análisis en el sentido "Y" |                   |           |                |                |              |             |              |                 |
| 120.8                      | 8.41              | 473.9     | 6.4            | 1.9            | 3.4          | 5.3         | --           | <b>Adecuado</b> |

**FUENTE:** Propia, 2015.

### 5.1.3. 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 arriostramiento 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 (NTP E030, 2006).

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \quad (15)$$

Dónde:

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

$Z$  = Factor de zona

$U$  = Factor de uso (vivienda = 1)

$C_1$  = 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:

$$P = \gamma_m \cdot t \quad (16)$$

Dónde:

$P$  = Peso kN/m<sup>2</sup>

$\gamma_m$  = Peso específico del muro.

Para muro de ladrillo macizo  $\gamma = 18$  kN/m<sup>3</sup>

Para muro de ladrillo pandereta  $\gamma = 14$  kN/m<sup>3</sup>

$t$  = Espesor del muro (m)

Los valores de  $C_1$  según NTP E.030, 2006:

- Para parapetos  $C_1 = 1,3$
- Para tabiques  $C_1 = 0,9$
- Para cercos  $C_1 = 0,6$

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

$$M_a = m \cdot V \cdot a^2 \quad (17)$$

Dónde:

Ma = Momento actuante (kN - m/ml)

m = Coeficiente de momentos

a = Dimensión crítica (m)

V = carga sísmica perpendicular

Los valores de los coeficientes de momentos m para cada valor de b/a son (NTP E.070, 2006):

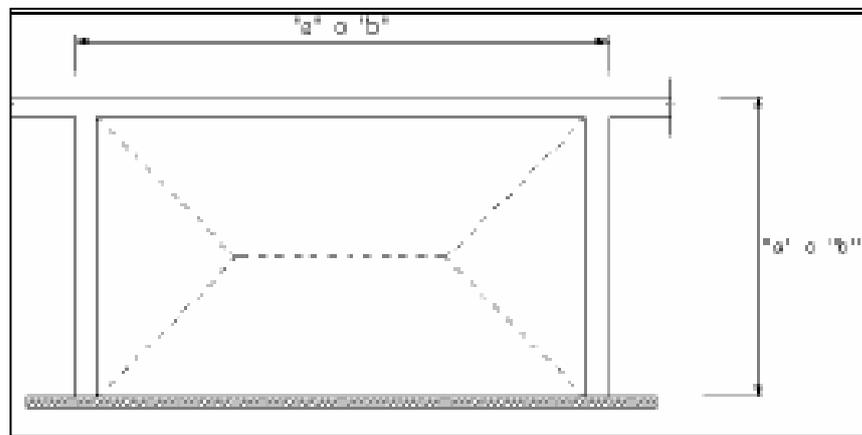
- ✓ Muro con cuatro bordes arriostrados (Fig. 5.5).

a = Menor dimensión

| b/a | 1,0    | 1,2    | 1,4    | 1,6    | 1,8    | 2,0    | 3,0    | ∞     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| M   | 0,0479 | 0,0627 | 0,0755 | 0,0862 | 0,0948 | 0,1017 | 0,1180 | 0,125 |

Fuente: NTP E.070, 2006.

**FIGURA N° 5.5** Muro con 4 bordes arriostrados



FUNTE: San Bartolomé, 1998.

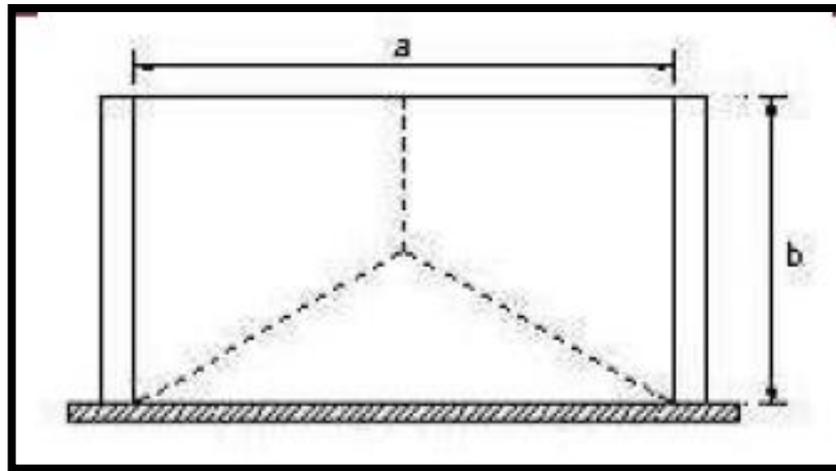
- ✓ Muro con tres bordes arriostrados (Fig. 5.6).

a = Longitud del borde libre

| b/a | 0,5  | 0,6   | 0,7   | 0,8   | 0,9   | 1,0   | 1,5   | 2,0   | ∞     |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M   | 0,06 | 0,074 | 0,087 | 0,097 | 0,106 | 0,112 | 0,128 | 0,132 | 0,133 |

Fuente: NTP E.070, 2006.

**FIGURA N° 5.6** Muro con 3 bordes arriostrados



**FUNTE:** San Bartolomé, 1998.

- ✓ Muro arriostrado en sus bordes horizontales

$a$  = Altura del muro

$m = 0,125$

- ✓ Muro en voladizo

$a$  = Altura del muro

$m = 0,5$

Reemplazando la ecuación (15) se tiene:

$$M_a = Z.U.C.P.m.a^2 \quad (18)$$

Donde  $M_a$  expresado en kN-m/m.

El momento resistente a tracción por flexión ( $M_r$ ) del muro; según la resistencia de materiales el esfuerzo máximo de un elemento sometido a flexión pura es:

$$\sigma_{max} = \frac{M_r.c}{I} \quad (19)$$

Dónde:

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo por flexión (kN/m<sup>2</sup>)

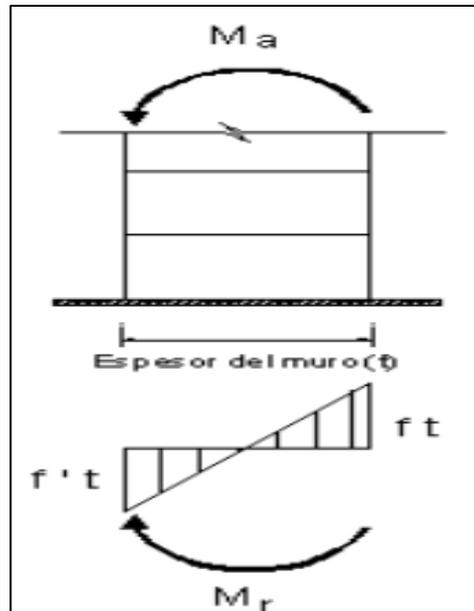
$M_r$  = Momento resistente a tracción por flexión (kN-m)

$c$  = Distancia del eje neutro a la fibra extrema (m)

$I$  = Momento de inercia de superficie (m<sup>4</sup>) de la sección, paralela al eje del Momento.

El momento resistente a tracción por flexión es expresado como (Fig. 5.7).

**FIGURA N° 5.7** Momento resistente  $M_r$  en un muro de albañilería



FUNTE: San Bartolomé, 1998.

$$M_r = \frac{f_t \cdot I}{c} \tag{20}$$

Dónde:

$f_t$  = Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería (150kN/m<sup>2</sup>) (MVCS 2006)

$I$  = Momento de inercia (m<sup>4</sup>) de la sección del muro

$c$  = Distancia (m) del eje neutro a la fibra extrema de la sección.

**Fig. 5.8** Estabilidad de muros al volteo.

| Muro | Factores |       |                   |      |      | Mom. Act            | Mom. rest.      | Resultado<br>$M_a : M_r$ |
|------|----------|-------|-------------------|------|------|---------------------|-----------------|--------------------------|
|      | C1       | m     | P                 | a    | t    | $0.4C1\text{mPa}^2$ | $25\text{ t}^2$ |                          |
|      | adim.    | adim. | kN/m <sup>2</sup> | m    | m    | kN-m/m              | kN-m/m          |                          |
| M1   | 0.9      | 0.07  | 2.3               | 3.90 | 0.13 | 0.9                 | 0.4             | <b>Inestable</b>         |
| M2   | 0.9      | 0.07  | 2.3               | 4.00 | 0.13 | 1.0                 | 0.4             | <b>Inestable</b>         |
| M3   | 0.9      | 0.11  | 2.3               | 2.00 | 0.13 | 0.4                 | 0.3             | <b>Inestable</b>         |
| M4   | 0.9      | 0.06  | 2.3               | 4.77 | 0.13 | 1.2                 | 0.4             | <b>Inestable</b>         |
| M5   | 0.9      | 0.07  | 2.3               | 4.10 | 0.13 | 1.0                 | 0.4             | <b>Inestable</b>         |

FUENTE: Propia, 2015.

#### 5.1.4. Riesgo Sísmico 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. (Mosqueira y Tarque, 2005).

**FIGURA N° 5.9** vulnerabilidad estructural.

| <b>FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro))</b> |                                  |                               |                           |                   |                    |                               |          |
|--|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|----------|
| <b>Vulnerabilidad</b>  |                                  |                               |                           | <b>Peligro</b>    |                    |                               |          |
| <b>Estructural</b>   |                                  | <b>No estructural</b>         |                           | <b>Sismicidad</b> | <b>Suelo</b>       | <b>Topografía y pendiente</b> |          |
| <b>Densidad</b>  | <b>Mano de obra y materiales</b> | <b>Tabiquería y parapetos</b> |                           |                   |                    |                               |          |
| Adecuada:  | <b>X</b>                         | Buena calidad                 | Todos estables            | Baja              | Rígido             | Plana                         | <b>X</b> |
| Aceptable:   |                                  | Regular calidad               | <b>X</b> Algunos estables | Media             | Intermedios        | Media                         |          |
| Inadecuada:  |                                  | Mala calidad                  | Todos inestables          | <b>X</b> Alta     | <b>X</b> Flexibles | <b>X</b> Pronunciada          |          |

**Fuente:** Propia, 2015.

La evaluación del peligro sísmico está en función a los siguientes parámetros: la sismicidad (con incidencia 40%), tipo de suelo (con incidencia 40%) y la topografía y pendiente (con incidencia 20%) de las zonas donde están ubicadas las viviendas encuestadas. (Mosqueira y Tarque, 2005).

La evaluación de la sismicidad y del tipo de suelo tiene relación directa con los valores de factor de zona (Z) y factor de suelo (S) que se estipulan en la NTE E.030.

**FIGURA N° 5.10** Riesgo sísmico.

| <b>Calificación</b>     |              |
|-------------------------|--------------|
| <b>Vulnerabilidad :</b> | <b>Medio</b> |
| <b>Peligro :</b>        | <b>Alto</b>  |

**Fuente:** Propia, 2015.

| <b>Resultado</b>       |             |
|------------------------|-------------|
| <b>Riesgo Sísmico:</b> | <b>Alto</b> |

Los parámetros analizados, tanto los de vulnerabilidad como los de peligro, se le han asignado un valor numérico. En función a estos valores numéricos se ha dividido la calificación de la vulnerabilidad y el peligro sísmico 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:** Mosqueira y Tarque, 2005.

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación 21 para calificar numéricamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. (Mosqueira y Tarque, 2005).

$$\text{Vulnerabilidad Sísmica} = 0.6 \times \text{Comportamiento Sísmico} + 0.3 \times \text{Estado Actual} + 0.1 \times \text{Estabilidad de Muros} \quad (21)$$

En la cuadro 5.1 se pueden apreciar los rangos numéricos para determinar la vulnerabilidad sísmica siendo esta baja, media o alta.

**TABLA N° 5.1** RANGO NUMÉRICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

| Vulnerabilidad sísmica | Rango |   |     |
|------------------------|-------|---|-----|
| Baja                   | 1     | a | 1,4 |
| Media                  | 1,5   | a | 2,1 |
| Alta                   | 2,2   | a | 3   |

**Fuente:** Mosqueira y Tarque 2005.

La evaluación de la topografía se hace de acuerdo con el reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor (D.S. N° 017/09- AG; Anexo IV) y se evalúa mediante un eclímetro durante el trabajo de campo, considerándose:

- Topografía Plana. Aquella cuya pendiente es menor a 15 %.
- Topografía Media. Aquella cuya pendiente es mayor a 15 %, pero menos a 50 %.

- Topografía Pronunciada. Aquella cuya pendiente es mayor a 50 %.

**TABLA N° 5.2** Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

| VULNERABILIDAD SISMICA | ESTRUCTURAL    |           |            |                                |         | NO ESTRUCTURAL |                                |                 | VALOR NUMERICO |            |
|------------------------|----------------|-----------|------------|--------------------------------|---------|----------------|--------------------------------|-----------------|----------------|------------|
|                        | Densidad (60%) |           |            | Calidad M.O y Materiales (30%) |         |                | Estabilidad de Parapetos (10%) |                 |                |            |
|                        | Adecuado       | Aceptable | Inadecuado | Buena                          | Regular | Mala           | Estable                        | Algunas Estable |                | 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.

**TABLA N° 5.3** Valores de los parámetros de peligro sísmico.

| Peligro     |   |            |   |                        |   |
|-------------|---|------------|---|------------------------|---|
| Estructural |   |            |   | No estructural         |   |
| Sismicidad  |   | Suelo      |   | Topografía y pendiente |   |
| Baja        | 1 | Rígido     | 1 | Plana                  | 1 |
| Media       | 2 | Intermedio | 2 | Media                  | 2 |
| Alta        | 3 | Flexible   | 3 | Pronunciada            | 3 |

**Fuente:** Mosqueira y Tarque, 2005.

### CALCULO DEL PELIGRO SÍSMICO

$$\text{Peligro Sísmico} = 0.4 \times \text{Sismicidad} + 0.4 \times \text{Suelo} + 0.2 \times \text{Topografía} \quad (22)$$

**TABLA N° 5.4** RANGO DE VALORES PARA EL CÁLCULO DEL PELIGRO SÍSMICO

| Sismicidad | Peligro sísmico | Rango     |
|------------|-----------------|-----------|
| Alta       | Baja            | 1.8       |
|            | Media           | 2 a 2.4   |
|            | Alta            | 2.6 a 3   |
| Media      | Baja            | 1.4 a 1.6 |
|            | Media           | 1.8 a 2.4 |
|            | Alta            | 2.6       |
| Baja       | Baja            | 1 a 1.6   |
|            | Media           | 1.8 a 2   |
|            | Alta            | 2.2       |

**Fuente:** Mosqueira y Tarque, 2005.

A continuación las combinaciones de peligro sísmico alto Tabla N° 5.5, medio Tabla N° 5.6 y bajo Tabla N° 5.7.

**TABLA N° 5.5** Combinaciones de peligro sísmico alto.

| PELIGRO SÍSMICO  |       |      |             |             |           |                  |       |             |       |     |     |      |  |
|------------------|-------|------|-------------|-------------|-----------|------------------|-------|-------------|-------|-----|-----|------|--|
| Sismicidad (40%) |       |      | Suelo (40%) |             |           | Topografía (20%) |       |             |       |     |     |      |  |
| Baja             | Media | Alta | Rígidos     | Intermedios | Flexibles | Plana            | Media | Pronunciada | Pesos |     |     |      |  |
|                  |       |      |             |             |           |                  |       |             | 0.4   | 0.4 | 0.2 |      |  |
|                  |       | X    | X           |             |           | X                |       |             | 3     | 1   | 1   | 1.80 |  |
|                  |       | X    | X           |             |           |                  | X     |             | 3     | 1   | 2   | 2.00 |  |
|                  |       | X    | X           |             |           |                  |       | X           | 3     | 1   | 3   | 2.20 |  |
|                  |       | X    |             | X           |           | X                |       |             | 3     | 2   | 1   | 2.20 |  |
|                  |       | X    |             | X           |           |                  | X     |             | 3     | 2   | 2   | 2.40 |  |
|                  |       | X    |             | X           |           |                  |       | X           | 3     | 2   | 3   | 2.60 |  |
|                  |       | X    |             |             | X         | X                |       |             | 3     | 3   | 1   | 2.60 |  |
|                  |       | X    |             |             | X         |                  | X     |             | 3     | 3   | 2   | 2.80 |  |
|                  |       | X    |             |             | X         |                  |       | X           | 3     | 3   | 3   | 3.00 |  |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

**TABLA N° 5.6** Combinaciones de peligro sísmico medio.

| PELIGRO SISMICO  |       |      |             |             |           |                  |       |             |       |     |     |      |  |
|------------------|-------|------|-------------|-------------|-----------|------------------|-------|-------------|-------|-----|-----|------|--|
| Sismicidad (40%) |       |      | Suelo (40%) |             |           | Topografía (20%) |       |             |       |     |     |      |  |
| Baja             | Media | Alta | Rígidos     | Intermedios | Flexibles | Plana            | Media | Pronunciada | Pesos |     |     |      |  |
|                  |       |      |             |             |           |                  |       |             | 0.4   | 0.4 | 0.2 |      |  |
|                  | X     |      | X           |             |           | X                |       |             | 2     | 1   | 1   | 1.40 |  |
|                  | X     |      | X           |             |           |                  | X     |             | 2     | 1   | 2   | 1.60 |  |
|                  | X     |      | X           |             |           |                  |       | X           | 2     | 1   | 3   | 1.80 |  |
|                  | X     |      |             | X           |           | X                |       |             | 2     | 2   | 1   | 1.80 |  |
|                  | X     |      |             | X           |           |                  | X     |             | 2     | 2   | 2   | 2.00 |  |
|                  | X     |      |             | X           |           |                  |       | X           | 2     | 2   | 3   | 2.20 |  |
|                  | X     |      |             |             | X         | X                |       |             | 2     | 3   | 1   | 2.20 |  |
|                  | X     |      |             |             | X         |                  | X     |             | 2     | 3   | 2   | 2.40 |  |
|                  | X     |      |             |             | X         |                  |       | X           | 2     | 3   | 3   | 2.60 |  |

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

**Tabla N° 5.7** Combinaciones de peligro sísmico bajo.

| PELIGRO SISMICO  |       |      |             |             |           |                  |       |             |       |     |     |      |  |
|------------------|-------|------|-------------|-------------|-----------|------------------|-------|-------------|-------|-----|-----|------|--|
| Sismicidad (40%) |       |      | Suelo (40%) |             |           | Topografía (20%) |       |             |       |     |     |      |  |
| Baja             | Media | Alta | Rígidos     | Intermedios | Flexibles | Plana            | Media | Pronunciada | Pesos |     |     |      |  |
|                  |       |      |             |             |           |                  |       |             | 0.4   | 0.4 | 0.2 |      |  |
| X                |       |      | X           |             |           | X                |       |             | 1     | 1   | 1   | 1.00 |  |
| X                |       |      | X           |             |           |                  | X     |             | 1     | 1   | 2   | 1.20 |  |
| X                |       |      | X           |             |           |                  |       | X           | 1     | 1   | 3   | 1.40 |  |
| X                |       |      |             | X           |           | X                |       |             | 1     | 2   | 1   | 1.40 |  |
| X                |       |      |             | X           |           |                  | X     |             | 1     | 2   | 2   | 1.60 |  |
| X                |       |      |             | X           |           |                  |       | X           | 1     | 2   | 3   | 1.80 |  |
| X                |       |      |             |             | X         | X                |       |             | 1     | 3   | 1   | 1.80 |  |
| X                |       |      |             |             | X         |                  | X     |             | 1     | 3   | 2   | 2.00 |  |
| X                |       |      |             |             | X         |                  |       | X           | 1     | 3   | 3   | 2.20 |  |

**Fuente:** Mosqueira y Tarque, 2005.

Luego de establecer las calificaciones de vulnerabilidad y peligro sísmico se evalúa el nivel de riesgo sísmico que tiene cada una de las viviendas analizadas. El resultado está en función a una tabla de doble entrada donde se evalúan las posibles combinaciones de vulnerabilidad sísmica y peligro sísmico. Ver las siguientes Tablas N° 5.8 y 5.9 con los valores y niveles de riesgo sísmico.

**Tabla N° 5.8** Riesgo sísmico.

| RIESGO SISMICO           |              |              |              |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Vulnerabilidad \ Peligro | Baja         | Media        | Alta         |
| Bajo                     | <b>BAJO</b>  | <b>MEDIO</b> | <b>MEDIO</b> |
| Medio                    | <b>MEDIO</b> | <b>MEDIO</b> | <b>ALTO</b>  |
| Alto                     | <b>MEDIO</b> | <b>ALTO</b>  | <b>ALTO</b>  |

**Fuente:** Mosqueira y Tarque, 2005.

**Tabla N° 5.9** Riesgo sísmico en valores

| RIESGO SISMICO            |     |     |     |
|---------------------------|-----|-----|-----|
| Vulnerabilidad<br>Peligro | 3   | 2   | 1   |
| 3                         | 3   | 2,5 | 2   |
| 2                         | 2,5 | 2   | 1,5 |
| 1                         | 2   | 1,5 | 1   |

**Fuente:** Mosqueira y Tarque, 2005.

Cada uno de los valores de vulnerabilidad y peligro sísmico tienen un 50% de incidencia sobre la calificación del riesgo sísmico.

**Fotos representativas**



**FIGURA N° 5.11** Foto de fachada



**FIGURA N° 5.12** No presenta junta sísmica a los lados



**FIGURA N° 5.13** Uso de ladrillos crudos y cocidos en muro

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS

### 6.1 Problemas de ubicación de la vivienda.

Muchas de las viviendas encuestadas presentan problemas relacionados con la ubicación en su zona. A continuación se verá algunos de estos problemas que afectan a la estructura de la vivienda.

#### 6.1.1. Viviendas sobre suelo arcilloso

El 100% de viviendas encuestadas en la Urbanización Horacio Zevallos presenta un suelo arcilloso. Todas utilizan cimentación corrida de concreto ciclópeo. En algunos casos los suelos blandos generan asentamientos, produciendo fisuras y rajaduras.

A continuación una fotografía en la FIGURA N° 6 de una fisura en una vivienda.



**FIGURA N° 6** Fisura por asentamiento en vivienda sobre suelo arcilloso

### 6.2. Estructuración de viviendas

El 100% de las viviendas encuestadas presentan techo aligerado. El 10% de viviendas encuestadas utilizan coberturas ligeras en sus segundos pisos o en patios posteriores. El sistema estructural predominante en las viviendas encuestadas son muros portantes de albañilería, en todas las edificaciones se construyeron con ladrillos artesanal.

### 6.2.1. Densidad de muros inadecuada

La densidad de muros es el factor más influyente en el comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada. Los propietarios desconocen de su importancia, consideran que las columnas son suficientes para soportar los sismos. Una mala ubicación de los muros y la ausencia de confinamiento de los mismos se generan por el desconocimiento técnico en combinación con otros intereses. Entre las principales tenemos: la lotización de los terrenos, el desconocimiento de la densidad de muros y el máximo aprovechamiento del área del terreno. El 30% las viviendas poseen muros sin arriostre en los 2 lados en la dirección paralela a la fachada, y un 0% en la dirección perpendicular.

### 6.2.2. Vivienda sin junta sísmica y losas a desnivel

Todas las viviendas encuestadas no tienen juntas sísmicas laterales entre las viviendas. A continuación se puede ver un ejemplo en la FIGURA N° 6.1



**FIGURA N° 6.1** Viviendas sin junta sísmica y losas a desnivel

La ausencia de junta sísmica generaría durante un sismo, una fuerza concentrada entre las viviendas para la cual no se diseñó.

### 6.2.3. Tabiquería no arriostrada

El 15% de las viviendas, le falta terminar de construir un piso o más según lo proyectado por los propietarios. Este proceso inconcluso deja muchos tabiques y parapetos sin el arrioste necesario. Se puede observar tabiquería sin arrioste en las siguientes fotos de la figura.



**FIGURA N° 6.2** Vivienda con tabiquería no arriostrada

En algunos casos estos parapetos toman formas arquitectónicas generando zonas de mayor vulnerabilidad al volteo. Mucha de esta tabiquería no arriostrada se encuentra ubicada cerca de zonas de tránsito o hacia sectores no techados o con cobertura ligera. Como se puede ver en la figura.



**FIGURA N° 6.2.1** Parapeto no arriostrada

### 6.3. Problemas constructivos

A pesar de existir programas de capacitación como los que imparte Sencico, se observa una deficiencia de conocimientos técnicos y de dirección en los albañiles, maestros de

obra y los mismos pobladores. Las viviendas encuestadas muestran la ausencia de la participación de profesionales en ingeniería civil y arquitectura.

Sólo el 65% si tenía asesoría técnica en el diseño de la vivienda y el 35% no recibieron ningún asesoramiento.

### **6.3.1. Refuerzos expuestos a la intemperie**

Los efectos que produce la corrosión en los elementos de concreto armado son: disminución y transformación del acero en un oxido expansivo que fractura el concreto, así como la disminución en la adherencia entre el acero y el concreto. Podemos ver una columna expuesta, en la siguiente figura 6.3 se puede observar.



**FIGURA N° 6.3** Acero de refuerzo corroído en columna

Este nivel de corrosión donde se puede ver que el refuerzo es prácticamente inservible para una futura ampliación.

### **6.4. Mano de obra**

La Mano de obra se calificó visualmente de forma cualitativa. El 100% de las viviendas encuestadas presentan una calidad en construcción de regular a mala

En la fotografía a continuación Fig. 6.4, se puede observar la mala calidad de las viviendas, encontrándose un muro irregularmente construido.



**FIGURA N° 6.4** Calidad de construcción mala

### **6.5. Ladrillos de mala calidad y crudos**

Todas las viviendas se construyeron con ladrillos artesanales. Estas unidades de albañilería carecen de control de calidad en su fabricación. Se vieron ladrillos con diferente grado de cocción, con una alta variabilidad dimensional y una falta de homogeneidad del material de fabricación. En la foto de la Fig. 6.5 se observa un muro con alta variabilidad en las juntas y en las dimensiones de los ladrillos.



**FIGURA N° 6.5** Calidad del ladrillo deficiente

La transición entre el ladrillo crudo, al ladrillo cocido se evidenció en varias viviendas encuestadas. Además por su bajo costo, los ladrillos crudos, son ampliamente utilizados

para tapar vanos de ingreso o para completar algunos tabiques interiores. Se puede observar en la foto de la Fig. 6.5.1 vanos tapados con ladrillos crudos.



**FIGURA N° 6.5.1** Tabiques completados con ladrillo crudo

#### **6.6. Tabiquería no confinada sobre los voladizos**

Todas las viviendas de ladrillo con construcciones en el segundo piso a más, presentaban este problema. Los pobladores acostumbran tener voladizos de los techos. Sobre estos volados se suele construir tabiquería sin arriostre que durante un sismo severo, puede llegar a fallar y colapsar por volteo, se puede observar en la siguiente foto.



**FIGURA N° 6.6** Tabiquería no confinada sobre los voladizos

## 6.7. Diagnóstico del riesgo sísmico de las edificaciones

### 6.7.1. Antecedentes de las viviendas

En 20 viviendas encuestadas en la Urbanización Horacio Zevallos, se observa a continuación en la tabla 6 sobre el tipo de asesoramiento que han recibido los propietarios.

**Tabla N°6** Asesoramiento técnico

| Asesoramiento Técnico               | Nro. De Viviendas | %   |
|-------------------------------------|-------------------|-----|
| Viviendas sin diseño ni supervisión | 7                 | 35  |
| Vivienda con diseño                 | 5                 | 25  |
| Vivienda con diseño y supervisión   | 8                 | 40  |
|                                     | 20                | 100 |

**Elaboración:** Propia, 2015.



**Elaboración:** Propia, 2015.

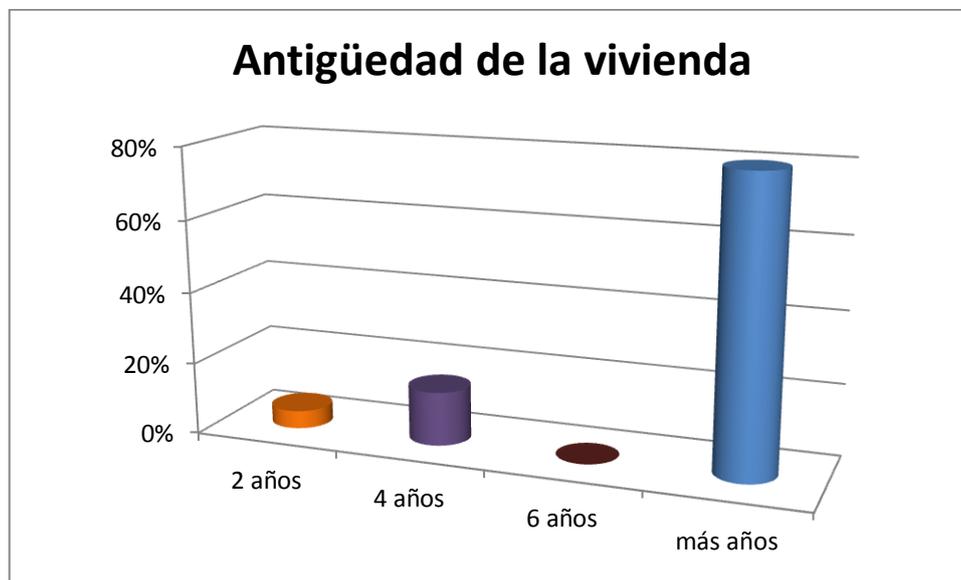
Sólo el 40% de las viviendas contaron con un asesoramiento técnico tanto en las etapas de diseño y construcción. En sólo en diseño, se obtuvo un 25% y el 35% no tuvo ningún tipo de asesoramiento, implica que no hay interés de los propietarios o que no tuvieron los recursos para requerirlos.

En el análisis de la antigüedad de las viviendas encuestadas se puede observar en la siguiente Tabla N°6.1.

**Tabla N° 6.1** Antigüedad de las viviendas

| Antigüedad de la vivienda | Nro. De viviendas | %   |
|---------------------------|-------------------|-----|
| 2 años                    | 1                 | 5   |
| 4 años                    | 3                 | 15  |
| 6 años                    | 0                 | 0   |
| más de 6 años             | 16                | 80  |
|                           | 20                | 100 |

Elaboración: Propia, 2015.



Elaboración: Propia, 2015.

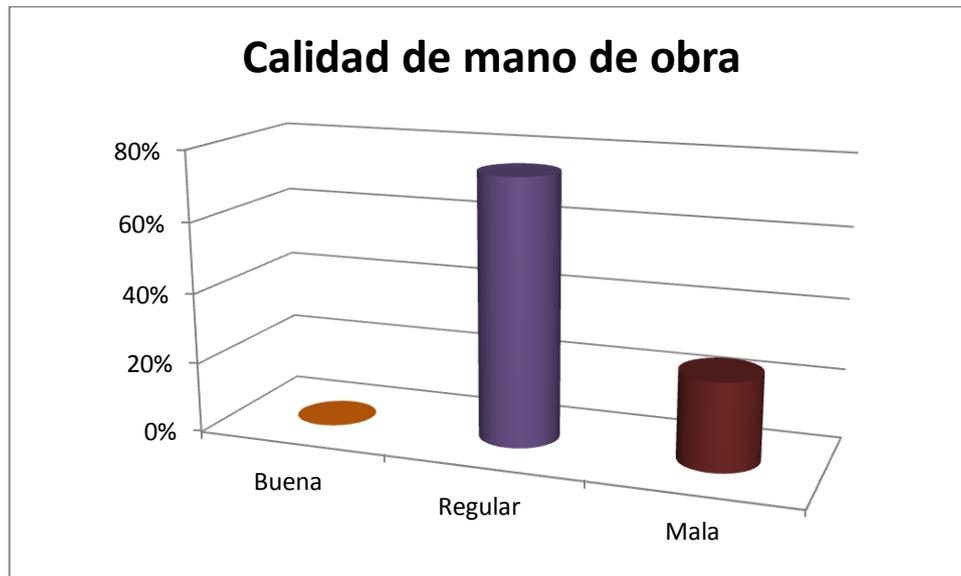
El 80% de las viviendas tienen una antigüedad mayor de 6 años, lo que sobra no pasan de 4 años de antigüedad. La poca antigüedad de las viviendas encuestadas beneficia a la investigación.

En la siguiente Tabla N° 6.2 se expone la calidad de la mano de obra en las viviendas encuestadas.

**Tabla N°6.2** Calidad de la mano de obra

| Calidad de mano de obra | Nro. De viviendas | %   |
|-------------------------|-------------------|-----|
| Buena                   | 0                 | 0%  |
| Regular                 | 15                | 75% |
| Mala                    | 5                 | 25% |

Elaboración: Propia, 2015.



**Elaboración:** Propia, 2015.

Se observa que el 75% de las viviendas tienen una calidad de mano de obra regular y un 25% su calidad es mala. Evidencia la falta de capacitación y especialización de la mano de obra, a pesar de los esfuerzos en capacitación de Sencico. Los propietarios como clientes, permiten este bajo desempeño por una falta de conocimientos técnicos; y en algunos casos ellos participan en la autoconstrucción. Una buena supervisión durante la construcción podría aminorar la baja calidad y desempeño de las viviendas

En la Tabla N° 6.3 a continuación se observa otras características generales de las viviendas encuestadas.

**Tabla N° 6.3** Características Generales de las viviendas

| Características de las viviendas       | viviendas | %    |
|--|-----------|------|
| <b>Tipo de suelo</b>                   |           |      |
| Arcilloso                              | 20        | 100% |
| <b>Tipo de ladrillo</b>                |           |      |
| Artisanal macizo                       | 20        | 100% |
| <b>Tipo de cimentación</b>             |           |      |
| Corrido de concreto ciclópeo           | 2         | 10%  |
| Corrido de concreto ciclópeo y zapatas | 18        | 90%  |

**Elaboración:** Propia, 2015.

El suelo predominante en las zonas encuestadas es arcilloso. El material ampliamente usado es el ladrillo artesanal macizo en las viviendas estudiadas. Esto demuestra su mayor utilización, probablemente por el menor costo que implica sobre el ladrillo artesanal de arcilla. En las viviendas analizadas, el tipo de cimentación es el concreto ciclópeo con zapatas. Esto demuestra que los ciudadanos y constructores cajamarquinos conocen cualitativamente sobre la baja 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 75% con una regular calidad y 25% con mala calidad. Esto refleja la incidencia de los materiales artesanales y de menor calidad. A continuación la Tabla N°6.4 presenta un resumen de los principales problemas que afectan a las viviendas encuestadas.

**Tabla N° 6.4** Principales problemas de las viviendas

| <b>Problemas de las viviendas</b>                    | <b>Viviendas</b> | <b>%</b> |
|--|------------------|----------|
| <b>Problemas de ubicación</b>                        |                  |          |
| Topografía Plana                                     | 20               | 100%     |
| Topografía Media                                     | 0                | 0%       |
| Topografía Pronunciada                               | 0                | 0%       |
| <b>Problemas estructurales</b>                       |                  |          |
| Muros portantes y no portantes de ladrillo artesanal | 20               | 100%     |
| Tabiquería no arriostrada                            | 16               | 80%      |
| Torsión en planta                                    | 2                | 10%      |
| Viviendas sin junta laterales                        | 20               | 100%     |
| <b>Problemas del proceso constructivo</b>            |                  |          |
| Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto           | 20               | 100%     |
| Juntas de construcción mal ubicadas                  | 0                | 0%       |
| Muros de adobe o ladrillo crudo                      | 20               | 100%     |

**Elaboración:** Propia, 2015.

Se puede apreciar que la falta de arriostramiento en los tabiques afecta al 80%. La ausencia de juntas sísmicas se da en el 100% de los encuestados. Esto da la posibilidad ante un sismo severo, se presenten daños significativos entre las viviendas, producto del desplazamiento de las losas y el impacto por falta de espacio. También se pueden presentar volteos y daños en tabiques sin arriostrar. El uso de ladrillo crudo es significativo con un 100%.

Con los altos porcentajes de malas prácticas constructivas, se demuestra la falta de capacitación y de conocimientos técnicos de mejores prácticas constructivas.

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

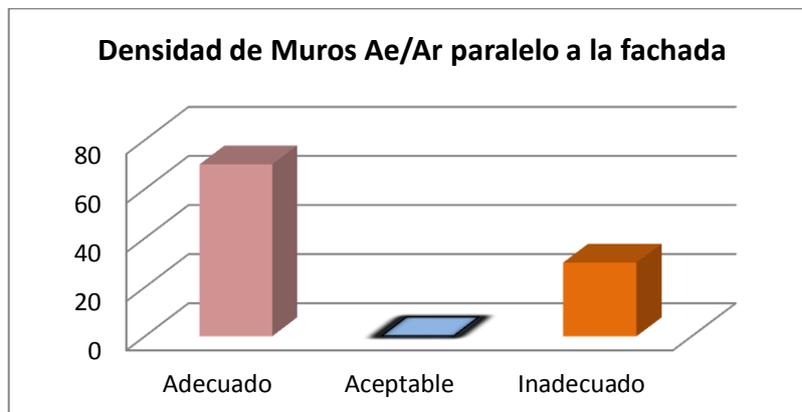
Para el análisis se consideró las viviendas que tenían uno o dos diafragmas rígidos. En el caso de viviendas con un segundo piso techado con material ligero, se consideró un solo diafragma rígido. De las 20 viviendas encuestadas, en el primer piso, 20 viviendas tenían losa aligerada.

La Tabla N° 6.5 a continuación se puede apreciar la relación de densidad de muros de las viviendas encuestadas respecto a la orientación de los muros con la fachada de la vivienda.

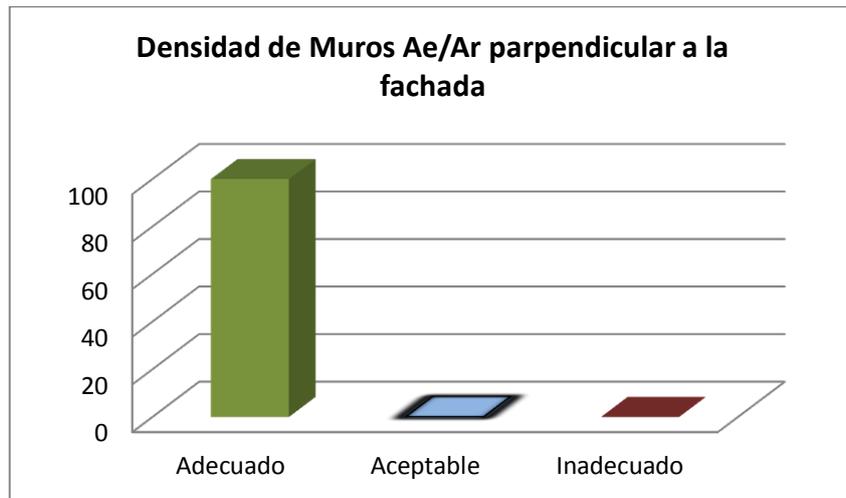
**Tabla N° 6.5** Densidad de Muros Ar/Ae

| Densidad de Muros Ae/Ar paralelo a la fachada      | Nro. De Viviendas | %   |
|--|-------------------|-----|
| Adecuado   | 14                | 70  |
| Aceptable  | 0                 | 0   |
| Inadecuado   | 6                 | 30  |
| Total  | 20                | 100 |
| Densidad de Muros Ae/Ar perpendicular a la fachada | Nro. De Viviendas | %   |
| Adecuado   | 20                | 100 |
| Aceptable  | 0                 | 0   |
| Inadecuado   | 0                 | 0   |
| Total  | 20                | 100 |

**Elaboración:** Propia, 2015.



**Elaboración:** Propia, 2015.



**Elaboración:** Propia, 2015.

Se puede observar que la densidad de muros en el sentido paralelo a la fachada un 30% presenta una inadecuada densidad de muros, por lo que se recomienda aumentar el espesor. Y con respecto a la densidad de muros en el sentido perpendicular todas las edificaciones presentan una adecuada densidad de muros.

La siguiente Tabla N° 6.6 indica la relación dimensional de los muros de las viviendas encuestadas, con respecto a su dirección paralela o perpendicular a la fachada.

**Tabla N° 6.6** Relación dimensional

| Relación<br>adimensional<br>al Ae/Ar | Primer Piso                     |           |             |                                      |           |             |
|--------------------------------------|---------------------------------|-----------|-------------|--------------------------------------|-----------|-------------|
|                                      | Dirección paralela a la fachada |           |             | Dirección perpendicular a la fachada |           |             |
|                                      | Viviendas                       | % Parcial | % Acumulado | Viviendas                            | % Parcial | % Acumulado |
| 0                                    | 2                               | 10        | 10          | 0                                    | 0         | 0           |
| > 0 - 1                              | 4                               | 20        | 30          | 0                                    | 0         | 0           |
| > 1 - 2                              | 8                               | 40        | 70          | 7                                    | 35        | 35          |
| > 2 - 3                              | 4                               | 20        | 90          | 11                                   | 55        | 90          |
| > 3 - 4                              | 2                               | 10        | 100         | 2                                    | 10        | 100         |
| > 5                                  | 0                               | 0         | 100         | 0                                    | 0         | 100         |
| <b>Total</b>                         | 20                              | 100       |             | 20                                   | 100       |             |

**Elaboración:** Propia, 2015.

El 30% de los muros, en el sentido paralelo a la fachada, son inadecuados y presentan una densidad de muros igual a cero y valores comprendido entre 0 hasta 1. Esto debido a la falta de un adecuado confinamiento en esta dirección de estos muros. Y también a la

utilización de muros de ladrillo crudo, cuyo aporte a la rigidez en esta dirección es pequeño.

En cambio en la dirección perpendicular a la fachada se tiene un 35% que cumple con lo necesario en relación a la densidad de muros, con una relación  $A_e/A_r$  entre 1 y 2. Pero un 90% es mayor que 2 en la relación  $A_e/A_r$ . Esto indica que existen varios muros confinados resistentes a sismo, que están incrementando la rigidez en esta dirección sobre la necesaria.

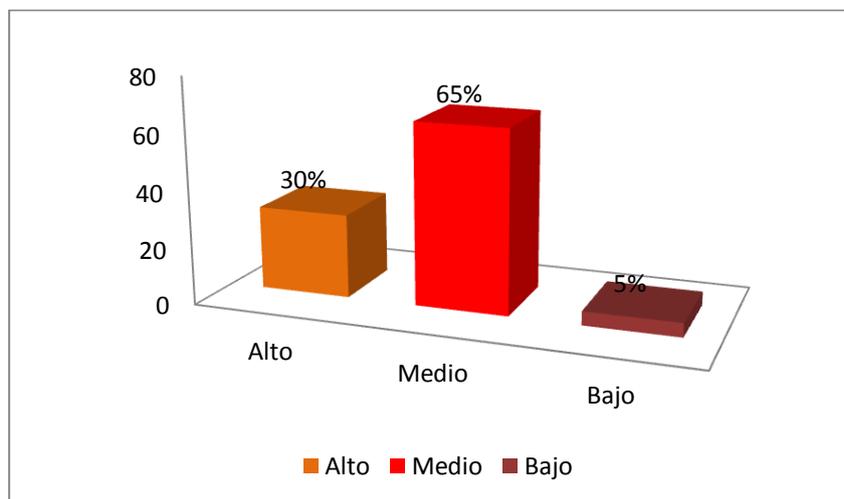
En la siguiente Tabla N°6.7, se puede observar los resultados de la evaluación de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas.

**Tabla N° 6.7** Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas

|              | VULNERABILIDAD    |     | PELIGRO           |     | RIESGO            |     |
|--------------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
|              | Nro. de viviendas | %   | Nro. de viviendas | %   | Nro. de viviendas | %   |
| <b>Alto</b>  | 6                 | 30  | 19                | 95  | 19                | 95  |
| <b>Medio</b> | 13                | 65  | 1                 | 5   | 1                 | 5   |
| <b>Bajo</b>  | 1                 | 5   | 0                 | 0   | 0                 | 0   |
| <b>Total</b> | 20                | 100 | 20                | 100 | 20                | 100 |

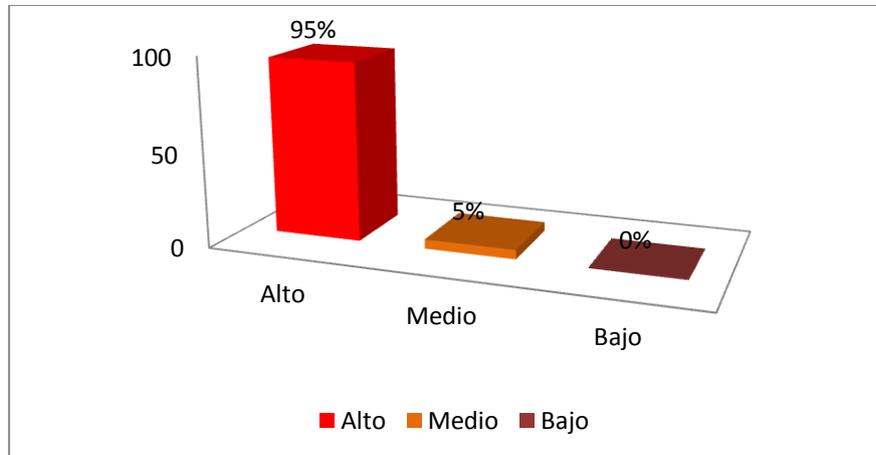
Elaboración: Propia, 2015.

**VULNERABILIDAD**



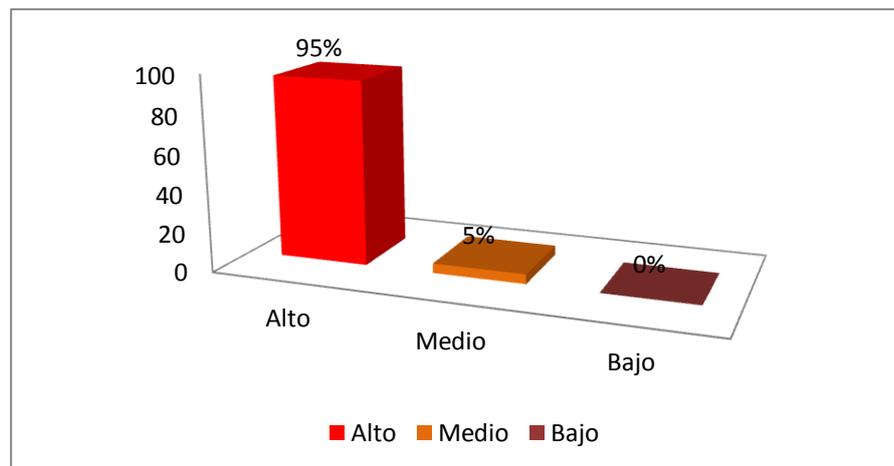
Elaboración: Propia, 2015.

### PELIGRO



**Elaboración:** Propia, 2015.

### RIESGO



**Elaboración:** Propia, 2015.

La vulnerabilidad de las 20 viviendas encuestadas, es alta con un 30%, y sólo un 5% tiene baja vulnerabilidad. El Peligro es alto con un 95% de las viviendas, el 5% tienen un peligro medio. Finalmente el riesgo es alto con un 95%, y la diferencia tiene un riesgo medio. No resultando ninguna vivienda con riesgo bajo. Los valores obtenidos van de la mano de los resultados de densidad de muros, que es uno de los factores más incidentes. El riesgo de estas viviendas a ser afectadas por un sismo es alto. Se ve necesario reducir la alta vulnerabilidad de estas viviendas, para evitar futuras pérdidas humanas y físicas, en el caso de un sismo severo.

Los valores obtenidos van de la mano de los resultados de densidad de muros, que es uno de los factores más incidentes. El riesgo de estas viviendas a ser afectadas por un sismo es alto. Se ve necesario reducir la alta vulnerabilidad de estas viviendas, para evitar futuras pérdidas humanas y físicas, en el caso de un sismo severo.

## **CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis desarrollado en el presente estudio, se puede decir que las viviendas de la Urbanización Horacio Zevallos tienen un alto grado de riesgo sísmico, según se hace notar en la tabla 6.7. Por lo que se puede confirmar la hipótesis planteada.

Se podrá interpretar la información como:

### **7.1. Riesgo Sísmico**

El riesgo sísmico está en función de la vulnerabilidad y peligro, es por ello que de acuerdo a los resultados obtenidos en estos dos parámetros, se puede decir que el riesgo de las viviendas es alto en un 95% y medio en un 5%, lo cual significa que éstas sufrirán daños severos ante la ocurrencia de un sismo, es por ello que se debe tomar medidas correctivas para evitar pérdidas humanas y materiales que lamentar.

### **7.2. Peligro Sísmico**

El Peligro es alto en un 95% de las viviendas y 5% es medio, esto empeora debido a que la urbanización se encuentra ubicada en una zona de peligro latente por sismo, el tipo de suelo existente en la zona se trata de suelos intermedios y flexibles, lo que no garantiza un esfuerzo adecuado para la cimentación.

### **7.3. Vulnerabilidad Sísmica**

Como se puede constatar en la tabla 6.5, el 30% de viviendas obtuvieron una densidad de muros inadecuada y el 70% una densidad adecuada. Esto se debe a que los elementos estructurales no están distribuidos de una manera correcta. En la mayoría de las viviendas de albañilería de ladrillo confinado, la estructura es más fuerte en el sentido perpendicular a la calle, pues tiene una alta densidad de muros en ese sentido. Sin embargo, en el sentido paralelo a la calle, la densidad de muros es generalmente insuficiente para ofrecer una adecuada protección sísmica, Esto es debido a que en esta

dirección se colocan pocos muros resistentes, tan solo tabiques que sirven como divisiones de ambientes. Por lo tanto, es muy probable que un sismo fuerte produzca daños importantes en los muros y tabiques orientados en el sentido débil de la vivienda. Una manera de solucionar sería de reforzar los muros, aumentando así la resistencia como malla electrosoldada, la cual es más económica.

## **CAPÍTULO 8. REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS**

El reforzamiento en viviendas es la obra que se realiza para que la estructura mejore su capacidad resistente y carga. El reforzamiento forma parte de los trabajos de prevención; es decir, permite disminuir la vulnerabilidad de las viviendas.

### **8.1 Reforzamiento con malla electrosoldada**

Como se comentó anteriormente, los muros pueden ser reforzados tengan o no daños. Ángel San Bartolomé y Arturo Castro Morán han experimentado una metodología de reforzamiento de muros afectados por sismos y han logrado un incremento de hasta un 40% en la capacidad de carga lateral de los muros.

Para reforzar los muros se usa malla electrosoldada compuesta por:

- Varillas de acero corrugado de 4,5 mm de diámetro, espaciadas a 15 cm.
- Esta malla puede adquirirse en planchas de 2,4 x 5,0 m.

El procedimiento realizado para reforzar los muros es el siguiente.

Picar y limpiar las fisuras gruesas de los muros.

- Humedecer y rellenar las fisuras con mortero de proporción 1:3 (cemento: arena).

**FIGURA. 8.1** Reparación de grietas gruesas



**FUENTE:** Castro A. 2002

- Reemplazar los ladrillos triturados por concreto simple. (1:5, Cemento: hormigón)
- Si la unión viga columna tuviera daños, entonces el concreto debe ser sustituido por otro de similar característica.

**FIGURA. 8.2** Picado del nudo viga columna



**FUENTE:** Castro A. 2002

- Pañetear al muro con un mortero cemento-arena gruesa 1:4.

**FIGURA. 8.3** Pañeteo del muro



**FUENTE:** Castro A. 2002

- Perforar el muro con un cincel de 1/4" cada 45 cm. para interconectar las mallas electrosoldadas.

**FIGURA. 8.4** Perforación del muro



**FUENTE:** Castro A. 2002

- Limpiar con aire comprimido las perforaciones realizadas.
- Colocar las mallas a ambos lados del muro y conectándolas con alambres #8. Los alambres #8 se tienen que amarrar con alambre #16 contra los nudos de la malla.
- Rellenar las perforaciones con lechada de cemento y tarrajear el muro.

**FIGURA. 8.5** Fijado de la malla  
electrosoldada



**FUENTE:** Castro A. 2002

**FIGURA. 8.6** Inyección de  
perforaciones



**FUENTE:** Castro A. 2002

## CONCLUSIONES

1. El riesgo sísmico resulta alto, debido a la vulnerabilidad va de un nivel medio a alto y a un alto peligro sísmico, con esto se afirma la hipótesis.
2. Las viviendas presentan una vulnerabilidad sísmica de media a alta, debido a que muchas de ellas presentan serios problemas estructurales, que podrían afectar adversamente su desempeño ante la ocurrencia de sismos, trayendo consigo un alto riesgo de pérdidas humanas y materiales.
3. El peligro sísmico al que están expuestas las viviendas es alto, debido a la sismicidad, así como por el suelo intermedio y el relieve de la zona.
4. Los factores adversos más comunes determinados en las viviendas son las rajaduras en muros, la presencia de eflorescencia que destruye la albañilería y la corrosión del acero de refuerzo en elementos estructurales.
5. La carencia de densidad de muros para los sistemas estructurales analizados es inadecuada, lo cual no garantiza un buen desempeño sísmico de las estructuras.
6. Los problemas estructurales encontrados en la mayoría de las viviendas poseen tabiques sin arriostre, siendo un problema importante al interior de la vivienda. Además en las azoteas donde se observó tabiques a media altura sin ningún tipo de arriostre, generando un peligro latente durante un sismo pudiendo afectar el escape de los moradores. Ninguna de las viviendas posee una junta sísmica.
7. Se encontró una mala distribución de los elementos estructurales en la vivienda. Debido a una falta de orientación de los constructores y diseñadores. La rigidez de las viviendas es mayor en el sentido perpendicular 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.
8. 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 albañilería artesanales utilizadas en todas la viviendas, poseen una baja resistencia, una alta variabilidad dimensional y una gran absorción de agua. Esto es debido a la falta de uniformidad de la cocción de las unidades de albañilería de origen artesanal.

9. 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. Se observa la poca supervisión durante el proceso constructivo
  
10. Los recursos limitados de los por los pobladores de la urbanización, por su continuo crecimiento generan construcciones sin asesoramiento técnico, ni materiales de calidad. La construcción informal bajo este ambiente es difícil de erradicar. Este estudio expone como se construye actualmente una parte de la ciudad de Cajamarca, permitiendo orientar a los pobladores de bajos recursos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda investigar a profundidad el problema de las viviendas informales en la ciudad de Cajamarca, las cuales presentan muchas variables y factores no cuantificables. Esta investigación es un estudio preliminar para aproximarse al estado actual de dichas viviendas.
2. Se invita a investigar las motivaciones de los propietarios, de ocupar o no el asesoramiento de profesionales para el diseño y construcción de sus viviendas. Con el fin de lograr soluciones apropiadas para reducir la informalidad en las viviendas autoconstruidas.
3. Se ve necesario un reforzamiento masivo de estas viviendas existentes para reducir la vulnerabilidad sísmica. Para este cometido se debe proponer soluciones económicas, de fácil implementación y que pueda ser acogida por los propietarios actuales, la cual consiste en reforzar los muros con mallas electrosoldadas.
4. Se ve necesaria una mayor capacitación tanto de los trabajadores que construyen viviendas, como los propietarios y clientes finales de estas viviendas. Y permitir conocer los principales defectos constructivos y de mantención de las viviendas que se debe evitar.
5. Se recomienda que las municipalidades distritales y provinciales incluyan dentro de su plan de desarrollo, la reducción de la vulnerabilidad de las viviendas. Apoyando con supervisión y capacitación de la autoconstrucción de sus ciudadanos.

## REFERENCIAS

1. FLORES DE LOS SANTOS, R. (2002). Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: PUCP.
2. Kuroiwa J. (2002). “Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza”. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú.
3. SAFIAN MELONE, S. (2002). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña.
4. BONETT DÍAZ, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña.
5. SOMERVILLE (2000). “Aspectos generales del riesgo sísmico”. [https://www.google.com.pe/?gfe\\_rd=cr&ei=ZEzV6LRGvKw8wfY1qaQBg&gws\\_rd=ssl#q=SOMERVILLE+aspectos+generales+de+un+sismo](https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=ZEzV6LRGvKw8wfY1qaQBg&gws_rd=ssl#q=SOMERVILLE+aspectos+generales+de+un+sismo)
6. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.060 (2006). Concreto Armado. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
7. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.070 (2006). Albañilería. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
8. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.030 (2006). Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones.
9. MOSQUEIRA MORENO, M. Y TARQUE RUÍZ, S. (2005). Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana. Lima: PUCP.

10. LAUCATA LUNA, J. (2013). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo. Lima: PUCP
11. TAFUR SARMIENTO, E. Y NARRO DE LOS RÍOS, V. (2006). Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca. Cajamarca: UNC.
12. SAN BARTOLOMÉ, A. (1998) Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural. Lima: Fondo Editorial PUCP.
13. Castro A. 2002. “Reparación de un muro de albañilería”. Lima: PUCP.
14. BOMMER, J., SALAZAR, W. y SAMAYOA, R. (1998). Riesgo sísmico en la región metropolitana de San Salvador.
15. SAN BARTOLOMÉ RAMOS, A. & QUIJUN WONG D. & SILVA BERRÍOS W. (2001). Diseño y construcción de estructuras Sismorresistente de albañilería (pp. 193). Lima: PUCP.
16. INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ. IGP. (Diciembre 2015). [http://www.igp.gob.pe/sismologia/sismo/IGP/SIS/sismos\\_reportados.htm](http://www.igp.gob.pe/sismologia/sismo/IGP/SIS/sismos_reportados.htm). Diciembre 2011.
17. INDECI. (Diciembre de 2003). Plan de prevención ante desastres: Usos del suelo y medidas de mitigación ciudad de San José. Recuperado el 13 de abril de 2015, de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudiosCS/Region\\_lambayaque/lambayeque/sanjose.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudiosCS/Region_lambayaque/lambayeque/sanjose.pdf).
18. INDECI. (15 de Agosto de 2007). IMPACTO SOCIO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL SISMO DEL 15 DE AGOSTO DE 2007. Recuperado el 17 de abril de 2015, de <http://www.indeci.gob.pe/isea/publicacion/capitulo%20%20Estimacion%20de%20los%20da%C3%B1os%20en%20las%20fases%20del%20post%20desastre.pdf>
19. INDECI (2002). CIUDADES SOSTENIBLES. PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA. (1°. ed.) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Perú: INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI).

## **ANEXO N°1**

### **(DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LAS VIVIENDAS)**

## **ANEXO N°2**

### **PANEL FOTOGRÁFICO**

**Figura N° 9.1.**Longitud de muro.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Figura N° 9.2.**Altura de muro.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Figura N° 9.3.** Ancho de Columnas.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Figura N° 9.4.** Ancho de Columnas.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Figura N° 9.5.** Ancho de Columnas.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Figura N° 9.6.** Ancho de Columnas.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Figura N° 9.7.** Medición de parapetos.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Figura N° 9.8.** Medición de cercos perimétricos.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**ANEXO N°3**  
**(PLANOS DE LAS EDIFICACIONES)**