

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PROFESIONAL**

**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS**  
**DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO – JAÉN - 2016**

**Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

**BACH. ABNER GABRIEL RUBIO MELENDEZ**

**Asesor:**

**ING. MANUEL URTEAGA TORO**

**Cajamarca-Perú**

**2017**

COPYRIGHT© 2016 by  
ABNER GABRIEL RUBIO MELENDEZ  
Todos los derechos reservados

**A:**

**Dios Padre, nuestro creador y a Jesucristo por iluminar mi camino día a día y guiarme en las decisiones tomadas en mi vida, a la Virgen María por todo el amor y la comprensión manifestada a través de mi Madre**

**A la memoria de mi Padre Moisés Rubio M. por haberme inculcado el valor del estudio y el aprendizaje**

**A mi Madre Bertila Meléndez C. por el apoyo incondicional y el sacrificio cuando más lo necesito**

## **AGRADECIMIENTO**

**A mi asesor Ing. Manuel Urteaga por todo el apoyo y la entrega en este proyecto de investigación**

**A mis hermanos y hermanas, por el inmenso apoyo económico y moral desde el inicio de mi carrera hasta el día de hoy**

**A mi novia Tania Gonzales y mi sobrino Jorge Silva por su apoyo en las actividades de logística y materiales para el trabajo de campo y proyección social**

**A los pobladores y autoridades del sector de San Isidro por la atención brindada al desarrollo de mi tesis en su localidad**

**A mis amigos y familiares por las muestra de aliento y afecto a mi persona en todo momento**



## INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	ix
RELACIÓN DE PLANOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	4
2.1. Antecedentes Teóricos.....	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	4
2.1.3. Antecedentes Locales.....	6
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe .....	8
2.2.2. Criterios estructurales y recomendaciones para edificaciones de adobe.....	13
2.2.3. Estimación de la Vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe.....	17
2.2.4. Análisis Estructural de viviendas de adobe.....	19
2.2.5. Reforzamiento para viviendas de adobe existentes.....	23
2.2.5.1. Tarrajeo con malla electrosoldada.....	23
2.2.5.2. Viga collar CSK.....	25
2.3. Definición de Términos Básicos.....	26

CAPITULO III: MATERIALES Y METODO.....	29
3.1. Ubicación Geografica.....	29
3.2. Tipo de Investigación.....	32
3.3. Población y Muestra.....	32
3.3.1. Población.....	32
3.3.2. Muestra.....	32
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	33
3.4.1. Técnicas de Investigación.....	33
3.4.2. Instrumentos para la investigación.....	33
3.5. Metodología.....	34
3.5.1. Procedimiento para el desarrollo de la Investigación.....	34
3.5.2. Evaluación cualitativa de las viviendas existentes.....	36
3.5.2.1. Material predominante de la edificación.....	36
3.5.2.2. Diseño y proceso constructivo.....	40
3.5.2.3. Antigüedad de las edificaciones.....	42
3.5.2.4. Estudio de suelos.....	43
3.5.2.5. Topografía del terreno.....	46
3.5.2.6. Grietas y fisuras.....	46
3.5.2.7. Configuración geométrica: Planos de viviendas típicas.....	48
3.5.2.8. Principales elementos estructurales.....	58
3.5.3. Evaluación Estructural.....	59
3.5.3.1. Muro bajo carga vertical.....	62
3.5.3.2. Verificación por cortante.....	64
3.5.3.3. Verificación por flexión.....	66
3.5.3.4. Elementos de arriostre.....	68
3.5.3.4.1. Verificación por volteo.....	68
3.5.3.4.2. Verificación por esfuerzo cortante.....	69
CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	93
4.1. Aplicación de ficha de verificación y diagnóstico de la situación actual.....	93

4.1.1. Material predominante de la edificación.....	93
4.1.2. ¿La edificación conto con la participación de Ingeniero Civil en el diseño y/o construcción?.....	94
4.1.3. Antigüedad de las viviendas.....	95
4.1.4. Tipo de suelo.....	96
4.1.5. Topografía del terreno de la vivienda.....	97
4.1.6. Grietas o fisuras en las viviendas.....	98
4.1.7. Configuración geométrica en planta.....	99
4.1.8. Configuración geométrica en elevación.....	100
4.1.9. Juntas de dilatación.....	101
4.1.10. Concentración de masas.....	102
4.1.11. Estado de principales elementos estructurales.....	103
4.1.12. Factores estructurales que inciden en la vulnerabilidad.....	104
4.2. Determinación del nivel de vulnerabilidad.....	105
4.3. Análisis de resultados de evaluación estructural.....	110
4.3.1. Diagnostico.....	113
4.3.2. Medidas preventivas para reducir el nivel de vulnerabilidad.....	114
4.3.2.1. Reforzamiento con malla electrosoldada (Zegarra et al, 1997).....	114
4.3.2.2. Viga collar CSK (Kuroiwa, 2002).....	118
4.4. Discusión.....	120
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
5.1. Conclusiones.....	123
5.2. Recomendaciones.....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	125
ANEXOS.....	127

## INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Página
Figura 1. Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda.....	2
Figura 2. Relaciones de daños e intensidades sísmicas para construcciones con diferentes tipos de materiales.....	9
Figura 3. Falla por flexión en las esquinas, causadas por fuerzas de inercias perpendiculares a los muros.....	11
Figura 4. Colapso de fachada al quedar libre en voladizo.....	12
Figura 5. Falla por flexión en forma de U.....	12
Figura 6. Falla por cortante.....	13
Figura 7. Dimensiones para contrafuertes.....	16
Figura 8. Cargas en un muro de adobe.....	20
Figura 9. Borde Arriostrados de un muro de adobe.....	21
Figura 10. Curvas para la determinación del coeficiente $\beta$ .....	22
Figura 11. Tipos de falla por carga de corte.....	22
Figura 12. Ensayo Dinámico de Muros en Forma de “U”.....	24
Figura 13. Casa con refuerzo exterior de malla electrosoldada.....	25
Figura 14. Viga collar CSK de madera y uniones metálicas.....	25
Figura 15. Localización del sector San Isidro, zona este de Jaén.....	29
Figura 16. Ubicación del sector San Isidro.....	29
Figura 17. Dimensiones típica de adobe.....	37
Figura 18. Adobe utilizado para la construcción de viviendas.....	37
Figura 19. Fabricación de adobes en el sector de San Isidro.....	38
Figura 20. Mortero en juntas de adobes.....	38
Figura 21. Sobrecimiento de vivienda existente.....	40
Figura 22. Muro lateral no portante.....	41
Figura 23. Vanos de puertas muy grandes y mal ubicados.....	41

Figura 24. Suelo del sector de San Isidro, profundidad de calicata 1.70m.....	42
Figura 25. Curva granulométrica de suelo de San Isidro.....	43
Figura 26. Cálculo de límite líquido de suelo de sector de San Isidro.....	44
Figura 28. Pendientes de la zona estudiada.....	46
Figura 29. Grieta vertical en muro de adobe.....	47
Figura 30. Curvas para la determinación de esfuerzos admisibles en muros portantes.....	63
Figura 31. Curvas para la determinación del coeficiente $\beta$ .....	66
Figura 32. Longitud de muro de arriostre.....	68
Figura 33. Verificación por volteo de Muro de Arriostre.....	69
Figura 34. Verificación por corte de Muro de Arriostre.....	69
Figura 35. Material predominante en las viviendas de San Isidro.....	93
Figura 36. Nivel de participación de profesional en el proyecto.....	94
Figura 37. Antigüedad de viviendas en el sector de San Isidro.....	95
Figura 38. Tipo de suelo en el sector de San Isidro.....	96
Figura 39. Topografía en el sector de San Isidro.....	97
Figura 40. Grietas y fisuras en viviendas existentes en el sector de San Isidro.....	98
Figura 41. Configuración geométrica en planta de las viviendas.....	99
Figura 42. Configuración geométrica en elevación de las viviendas.....	100
Figura 43. Presencia de junta sísmica en las viviendas en el sector de San Isidro.....	101
Figura 44. Nivel de concentración de masas en las viviendas en el sector de San Isidro.....	102
Figura 45. Estado elementos estructurales de viviendas en el sector de San Isidro.....	103
Figura 46. Deficiencias estructurales de viviendas en el sector de San Isidro.....	104
Figura 47. Calificación de Nivel de Vulnerabilidad de las viviendas de adobe, sector de San Isidro – 2016.....	109
Figura 48. Trazado de las franjas, ubicación de perforaciones y ranuras.....	115
Figura 49. Sección vertical del tímpano.....	116
Figura 50. Instalación de malla horizontal y zonas de traslape.....	117

Figura 51. Muro de adobe reforzado con malla electrosoldada.....	117
Figura 52. Viga Collar CSK de madera y uniones metálicas.....	118
Figura 53. Detalle A: Unión metálica exterior.....	119
Figura 54. Detalle B: Refuerzo metálico interior.....	119
Figura 55. Detalle C: Pasador metalico.....	120

## INDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Matriz de peligro y vulnerabilidad.....	7
Tabla 2. Nivel, descripción y valor de la vulnerabilidad.....	19
Tabla 3. Esfuerzos admisibles según el R.N.E.....	37
Tabla 4. Comparación de cimentación de viviendas existentes vs R.N.E.....	39
Tabla 5. Ensayo de análisis granulométrico de suelo por tamizado.....	43
Tabla 7. Dimensiones de muros portantes principales.....	58
Tabla 8. Valores de Modulo de Elasticidad y Resistencia a la compresión para muros de adobe.....	62
Tabla 9. Valores de esfuerzo admisible en flexion.....	66
Tabla 10. Valores de coeficiente $\alpha$ según material.....	68
Tabla 11. Nivel de vulnerabilidad según tipo de material predominante.....	93
Tabla 12. Nivel de vulnerabilidad según participación de profesional en el proyecto.....	94
Tabla 13. Nivel de vulnerabilidad según antigüedad de vivienda.....	95
Tabla 14. Nivel de vulnerabilidad según tipo de suelo.....	96
Tabla 15. Nivel de vulnerabilidad según topografía del terreno.....	97
Tabla 16. Nivel de vulnerabilidad según existencia de grietas y fisuras.....	98
Tabla 17. Nivel de vulnerabilidad según configuración geométrica en planta.....	99

Tabla 18. Nivel de vulnerabilidad según configuración geométrica en planta.....	100
Tabla 19. Nivel de vulnerabilidad según existencia de junta sísmica.....	101
Tabla 20. Nivel de vulnerabilidad según concentración de masas.....	102
Tabla 21. Nivel de vulnerabilidad según estado de principales elementos estructurales....	103
Tabla 22. Nivel de vulnerabilidad por causas estructurales.....	104
Tabla 23. Calificación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda.....	105
Tabla 24. Nivel de vulnerabilidad de cada vivienda.....	107
Tabla 25. Resumen de la calificación del Nivel de Vulnerabilidad para cada vivienda.....	108
Tabla 26. Nivel de Vulnerabilidad de las viviendas de adobe en el sector de San Isidro...	109
Tabla 27. Resultados de evaluación estructural a la vivienda de un nivel.....	110
Tabla 28. Resultados de evaluación estructural al muro 1 de vivienda de dos niveles.....	111
Tabla 29. Resultados de evaluación estructural al muro 1 de vivienda de dos niveles.....	112

## **RELACION DE PLANOS**

<b>Ítem</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>NOMENCLATURA</b>	<b>Página</b>
1.00	UBICACIÓN	U-01	pag. 30
2.00	LOCALIZACION	L-01	pag. 30
3.00	ARQUITECTURA DISTRIBUCION	A-01	pag. 50
4.00	ELEVACIONES	A-02	pag. 51
5.00	ARMADURA TECHOS	A-03	pag. 52
6.00	ARQUITECTURA DISTRIBUCION – 1ER NIVEL	A-04	pag. 54
7.00	ARQUITECTURA DISTRIBUCION – 2DO NIVEL	A-05	pag. 55
8.00	ELEVACION PRINCIPAL	A-06	pag. 56
9.00	CORTES Y ELEVACIONES	A-07	pag. 57

## **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación, tuvo por finalidad determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del sector de San Isidro de la ciudad Jaén, Región Cajamarca; asimismo ser útil con las medidas preventivas para disminuir el nivel de daños, humanos y/o materiales, ante la ocurrencia de un sismo. La recolección de los datos se realizó con la ayuda de una encuesta denominada ficha de verificación proporcionada por INDECI, la cual fue ejecutada a una muestra de 50 viviendas, durante los meses de junio, julio y agosto del 2016, donde se pudo determinar que el 26% de las viviendas posee un nivel de vulnerabilidad alto y el 74% un nivel de vulnerabilidad muy alto. Se ha visto que en este sector la autoconstrucción es una práctica común y no existe una orientación técnica en la construcción de viviendas de adobe, lo cual se ve reflejado en la presencia de grietas y fisuras, ubicación inadecuada de vanos y baja densidad de muros y la no existencia de ningún tipo de refuerzo horizontal ni vertical en los muros de adobe. Esto, asociado a que el terreno posee pendientes accidentadas superiores al 20%, hace que estas viviendas presenten un importante nivel de exposición al peligro sísmico. Por lo que una de las recomendaciones establecidas en este proyecto es que las viviendas deben ser construidas con apoyo técnico y profesional, que asegure una construcción de calidad y que brinde seguridad a los habitantes.

Palabras clave: vulnerabilidad, sismo, vivienda, adobe, peligro.



## **ABSTRACT**

This research project was to determine the level of physical vulnerability of adobe dwellings in the San Isidro area of Jaén, Cajamarca Region; also be useful with preventive measures to reduce the level of human and / or material damage in the event of an earthquake. Data collection was carried out with the help of a survey called INDECI, which was carried out in a sample of 50 dwellings during the months of June, July and August of 2016, where it was determined that the 26% of households have a high level of vulnerability and 74% have a very high level of vulnerability. It has been seen that in this sector self-construction is a common practice and there is no technical orientation in the construction of adobe houses, which is reflected in the presence of cracks and fissures, inadequate location of spans and low density of walls and The absence of any type of horizontal or vertical reinforcement in the adobe walls. This, associated to the fact that the terrain has slopes greater than 20%, makes these homes have an important level of exposure to the seismic hazard. Therefore one of the recommendations established in this project is that the housing must be built with technical and professional support, ensuring quality construction and providing security to the inhabitants.

Key Words: Vulnerability, earthquake, housing, adobe, danger.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El incremento de la población peruana es cerca del 1,54% al año (INEI 1993 -2007), lo que ocasiona un aumento en la demanda de casas para las nuevas familias que se van constituyendo cada año. Tradicionalmente es aceptado que las viviendas de adobe sin refuerzo son vulnerables al sismo, debido a su gran masa, deficientes conexiones y falta de continuidad de muros; sin embargo en la ciudad de Jaén el material más usado para la construcción de viviendas es el adobe, tal como se puede apreciar en la figura 1.

Se eligió el sector de San Isidro ya que en este sector la mayor parte de edificaciones son de adobe y es el material predominante debido a sus propiedades térmicas y sobre todo el bajo costo del material, pues la tierra está al alcance del poblador. La mayoría de las viviendas de adobe son de un solo nivel y no tienen ningún refuerzo como viga solera o contrafuerte, lo cual restringe su capacidad de respuesta ante solicitaciones perpendiculares al plano de un muro de adobe. La ubicación y dimensiones de los vanos no es la adecuada, reduciendo la longitud de arriostre que deben tener los muros en las esquinas. Además la densidad de muros es baja, existen fisuras tanto en sentido horizontal como vertical y la topografía del terreno en general posee una pendiente pronunciada entre 20% a 45%; por lo que estas viviendas poseen un nivel de vulnerabilidad sísmica inminente.

Entonces, la problemática consiste en saber cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe en el sector de San Isidro de la ciudad de Jaén, lo cual, después de verificar la situación actual y comparar con el reglamento nacional de edificaciones, norma E.080, podemos considerar que el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas es alto.

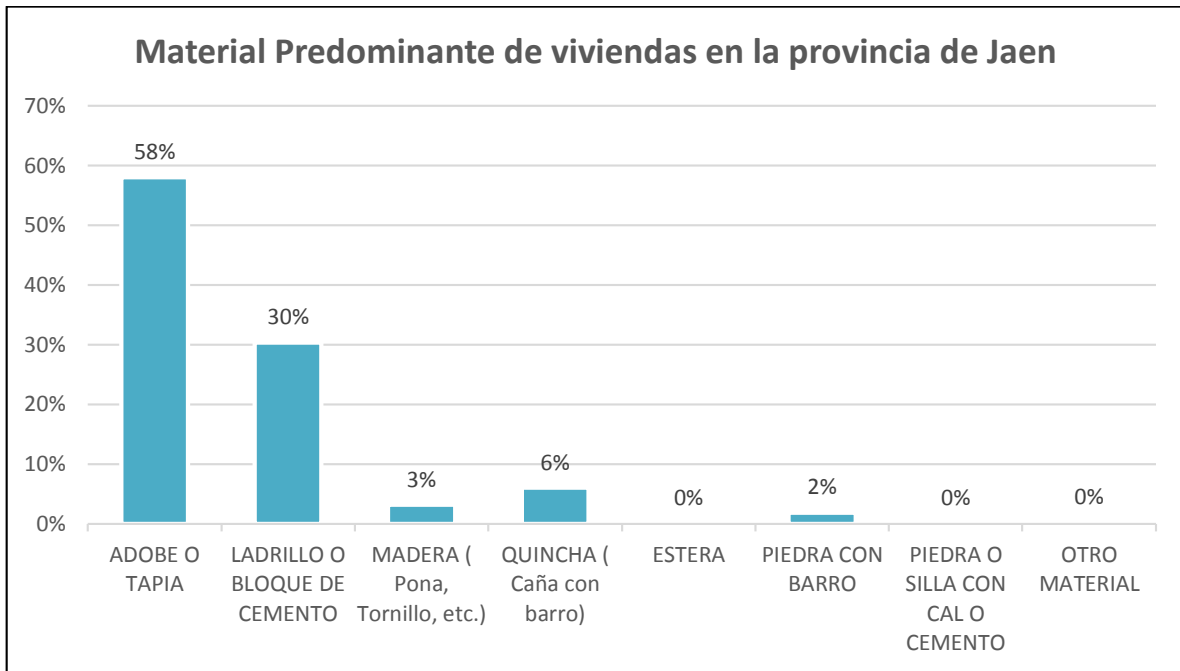


Figura 1. Provincia de Jaén: viviendas particulares con ocupantes presentes, por material predominante en las paredes exteriores de la vivienda (Censo INEI 2007)

La principal importancia de la presente investigación radica en la necesidad de orientar e informar a la población y a las autoridades del sector San Isidro, en la provincia de Jaén, acerca de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas existentes, por ser una preocupación que afecta a la localidad. Asimismo lo que esta tesis busca, es brindar medidas preventivas para disminuir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe existentes.

La investigación se concentró en el análisis de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda de adobe, para lo cual se hizo una encuesta en todo el sector donde se aplicó la ficha de verificación de INDECI “*Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo*” en viviendas de adobe. Luego se buscó viviendas representativas de la zona (de uno y dos pisos) a las cuales se evaluó mediante un análisis numérico, donde se verifica si las dimensiones como espesor, altura y longitud de los muros portantes, el cual es el principal elemento estructural en una vivienda adobe, es la adecuada según su distribución existente.

El objetivo principal es determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe y diagnosticar su estado actual. Además evaluar la estabilidad estructural de los muros portantes y plantear lineamientos para disminuir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe.

El presente estudio de investigación se desarrolló en cinco capítulos entre los cuales se tiene: capítulo I: Introducción, capítulo II: Marco teórico, donde se presenta estudios anteriores relacionados al análisis de la vulnerabilidad sísmica además de conceptos y bases teóricas sobre la cual se apoya esta investigación, el capítulo III: Materiales y métodos, hace referencia a las herramientas y materiales usados en la ejecución de las técnicas y métodos de investigación empleados en esta tesis, como encuestas, observación directa y recopilación de información, se detalla los pasos a seguir para obtener la información de campo y procesarla con ayuda de un ordenador para obtener datos puntuales que nos permiten analizar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe existentes en el sector de San Isidro; en el capítulo IV: Análisis y discusión de resultados, se hace la presentación, discusión e interpretación de los resultados obtenidos de la encuesta y la evaluación numérica respecto a las dimensiones de los muros portantes; finalmente en el capítulo V: Conclusiones y recomendaciones, se presenta el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en porcentaje y se da algunas recomendaciones para las futuras investigaciones relacionadas con este tema.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes Teóricos**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

**Maldonado Rondón E. y Chio Cho G. (2009).** El trabajo se propuso estudiar el comportamiento ante sismo de las edificaciones de adobe a partir de funciones de vulnerabilidad. Las funciones relacionan un índice de vulnerabilidad con un índice de daño. El índice de vulnerabilidad se definió a partir de la opinión de expertos. La estimación del daño se elaboró a través de la relación demanda-capacidad. Posteriormente con los valores de índice de vulnerabilidad y valores de relación demanda-capacidad según diferentes eventos sísmicos se establecieron relaciones de vulnerabilidad-estado de daño para diferentes eventos sísmicos.

Los resultados de la muestra evidencian que las estructuras de adobe y tapia son vulnerables a los efectos sísmicos. Ante aceleraciones de 0.05g los resultados dejan ver que las edificaciones alcanzan daños estructurales severos, llegando incluso al colapso. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil no dúctil ante sollicitaciones sísmicas. En el momento de un sismo severo, debido a su gran peso, estas estructuras pueden alcanzar niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir, y por ello fallan violentamente.

##### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**Kuroiwa J. (2002).** El principal enfoque del libro es la Reducción de Desastres, materia que es abordada desde un punto de vista multidisciplinario e integral. Un tema recurrente que se

enfatisa en cada capítulo es que la prevención y mitigación deben efectuarse aplicando las lecciones que hemos aprendido de la propia Naturaleza. El libro es producto de la investigación de campo del autor de los mayores desastres que han ocurrido en las Américas en los últimos 35 años. También incluye los resultados de experimentos de laboratorio hechos con diferentes tipos de construcciones.

En lo que respecta a la vulnerabilidad, se refiere como el grado de daños que pueden sufrir las edificaciones que realiza el hombre y depende de las características de su diseño, la calidad de los materiales y de la técnica de construcción. Concluye que una población es vulnerable porque carece de conocimientos elementales de los fenómenos naturales intensos que la amenazan, no los comprende y no sabe qué medidas tomar para proteger su vida, salud y propiedades. También es vulnerable porque no está organizada y porque no dispone de medios económicos para defenderse. Una reducción efectiva de la vulnerabilidad de la población puede lograrse mediante la educación.

**Zelaya J. (2007).** El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el interés de conocer como el fenómeno sísmico viene causando estragos en las viviendas de Lima y qué medida se viene aplicando a fin de atenuar los desastres. Así mismo proponer un modelo de diseño sísmico con propiedades sismos resistentes para las construcciones de adobe y su posible efecto en la reducción de contingencias futuras en beneficio de la comunidad. La importancia de la investigación radica en que con el uso de este método, se obtiene una vivienda de adobe con mejor comportamiento que el tradicional, frente a un sismo severo. Ello es posible debido a la aplicación de un cálculo estructural (método elástico clásico), que hará que este tipo de viviendas tenga mejor comportamiento frente a un sismo severo y que a pesar de colapsar la edificación, la vida humana quede a salvo.

En la investigación se empleó la metodología basada en el procedimiento deductivo – análisis en el nivel descriptivo-explicativo, de las variables “Diseño Sísmico y Reducción de Desastres”, para armonizar el manejo de la información de las etapas del desarrollo de la

investigación, con relación a las variables de estudio. La investigación que se propuso correspondió al diseño Descriptivo no Experimental.

Se observa que las viviendas en su mayor dimensión, están propensas a sufrir serias consecuencias si no se toman las medidas del caso. La propuesta de un modelo de diseño sísmico, se refiere a la aplicación de la teoría sísmica en el cálculo de una edificación de adobe, mediante el cual obtenemos el área de caña que debe tener en las esquinas, el área de caña vertical que debe tener en los muros, la cantidad de área que debe tener horizontalmente, así como la determinación de la viga solera y otros.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

**Sánchez V. (2014).** El proyecto de investigación estuvo dirigido a la Estimación de Riesgo del sector Sargento Lores provincia y distrito de Jaén, con la finalidad de contribuir a reducir los efectos de un sismo, a través de la identificación del peligro y el análisis de la vulnerabilidad.

El procedimiento empleado para estimar el riesgo fue en primer término identificar el peligro con la ayuda de la guía de observación y en segundo lugar el análisis de la vulnerabilidad mediante la aplicación de la ficha de verificación de INDECI para determinar la vulnerabilidad de las viviendas de adobe, para lo que se tuvo que determinar la pendiente del terreno y hacer una inspección visual interna y externamente de cada vivienda. Luego se realizó un análisis estadístico en Excel para procesar la información recolectada, y realizar una evaluación conjunta para calcular el Riesgo. Se utilizó el criterio descriptivo, basado en el uso de una matriz de doble entrada “Matriz de peligro y vulnerabilidad”. Para tal efecto, se necesitó que previamente se hayan determinado los niveles de probabilidad (porcentaje) de ocurrencia del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

Con ambos porcentajes, se interrelaciona, por un lado (vertical), el valor y nivel estimado del peligro; y por otro (Horizontal) el nivel de vulnerabilidad, en la intersección de ambos valores se pudo estimar el nivel de riesgo esperado.

<b>Peligro Muy Alto</b>	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
<b>Peligro Alto</b>	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
<b>Peligro Medio</b>	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
<b>Peligro Bajo</b>	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	<b>Vulnerabilidad Baja</b>	<b>Vulnerabilidad Media</b>	<b>Vulnerabilidad Alta</b>	<b>Vulnerabilidad Muy Alta</b>
<b>Fuente: INDECI 2006</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Riesgo Bajo (&lt; de 25%)</li> <li>✓ Riesgo Medio (26% al 50%)</li> <li>✓ Riesgo Alto (51% al 75%)</li> <li>✓ Riesgo Muy Alto (76% al 100%)</li> </ul>				

Tabla 1. Matriz de peligro y vulnerabilidad (INDECI 2006)

Los resultados de la investigación arrojaron que el 66.67% de la viviendas presentan un nivel de peligro bajo y el 33.33% un nivel de peligro medio y que el 100% de las viviendas poseen un nivel de vulnerabilidad muy alta, lo cual es alarmante. Finalmente se tiene que la viviendas evaluadas tiene un riesgo alto que oscila entre el 51% al 75% de sufrir daños ante un sismo.

**Centurión M. y Barba J. (1986).** El proyecto de investigación tuvo como objetivo principal el estudio de la influencia del tipo de mortero en la albañilería de adobe. Teniendo en cuenta que uno de los principales tipos de falla de los muros de adobe es por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales, generando agrietamientos principalmente en el mortero, es que se debe reforzar, mejorando su resistencia por medio de la estabilización del suelo.

Para determinar el mejor aditivo o aglomerante( yeso, cemento, cal, arena gruesa, arena fina, melaza o aserrín en diferentes %) para estabilizar el suelo, se realizaron 8 dosificaciones por cada aditivo. Previamente el suelo fue pasado por la malla #4 y se dejó hidratar de un día para el otro con la cantidad de agua según la trabajabilidad de la mezcla. Luego se preparó 572 especímenes en total por todas las dosificaciones, entre cilíndricos y prismáticos, los cuales



fueron sometidos a ensayos de compresión, absorción, inmersión, humedecido y secado. Estos ensayos permitieron conocer el comportamiento del material frente a diversos tipos de esfuerzos y efectos que se tienen en cuenta en el diseño y construcción de viviendas. Cabe resaltar que los especímenes fueron ensayados después de 30 días de su fabricación.

De acuerdo a las experiencias, datos obtenidos en los diferentes ensayos realizados a los especímenes de mortero se optó por seleccionar dos tipos, los cuales fueron:

Tipo G3: Suelo – Aserrín (5%):  $\sigma_{compresión} = 23.79kg/cm^2$  Y  $\sigma_{flexión} = 13.98kg/cm^2$

Tipo H1: Suelo – Paja (0.5%):  $\sigma_{compresión} = 19.00kg/cm^2$  Y  $\sigma_{flexión} = 7.76kg/cm^2$

Los morteros de suelo con cal y arena son poco recomendables según los datos obtenidos en los diferentes ensayos debido a su baja resistencia a la acción del agua.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe**

Las viviendas de adobe presentan usualmente una serie de características constructivas que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica estructural. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Los modelos típicos de falla durante terremotos son severo agrietamiento y desintegración de muros en las esquinas y separación de los techos de los muros, lo que en la mayoría de casos lleva al colapso.

La figura 7 muestra las relaciones promedio de daños para diferentes tipos de construcciones en función de las intensidades sísmicas en la escala de Mercalli. Se puede observar en la curva 1 (para adobe) que, cuando la intensidad es IX MM, la pérdida es casi del 100%, o sea la vulnerabilidad es muy alta, mientras que la curva 8, para albañilería reforzada y para intensidad VI MM, la pérdida es casi nula, y la vulnerabilidad es prácticamente nula. (Kuroiwa 2002).

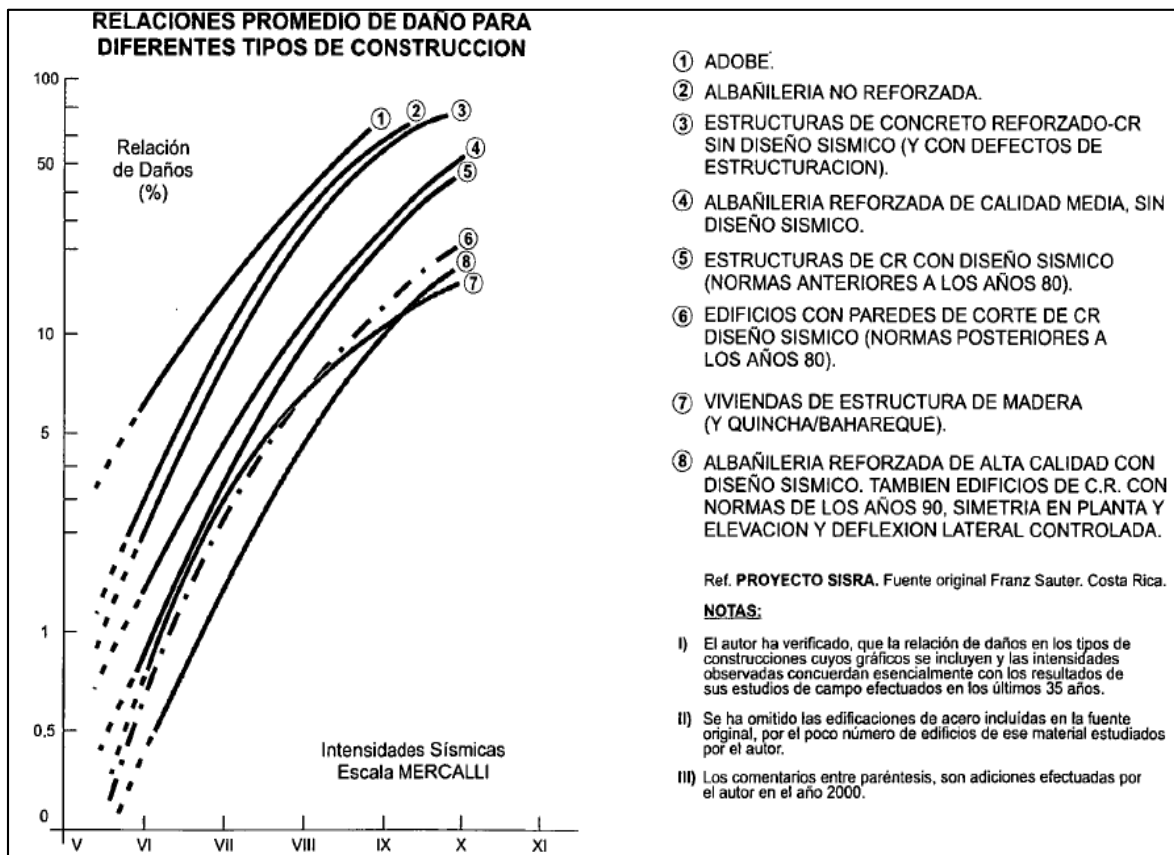


Figura 2. Relaciones de daños e intensidades sísmicas para construcciones con diferentes tipos de materiales (Kuroiwa 2002)

A continuación se presenta una descripción de los principales factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en adobe.

### 2.2.1.1. Cimentación

Un gran número de edificaciones de adobe se construyen sin un adecuado sistema de cimentación, lo que facilita que se presenten asentamientos diferenciales que debilitan los muros principales y disminuyen la capacidad de la estructura ante las diferentes fuerzas que deben soportar. Adicionalmente, la ausencia de cimentación contribuye a la acumulación de humedad en los muros de tierra, disminuyendo su capacidad portante de manera significativa y aumentando su nivel de deterioro con el tiempo. (AIS, 2006).

#### **2.2.1.2. Irregularidades en planta y altura**

La construcción de edificaciones con irregularidades geométricas tanto en planta como en altura, usualmente genera que se presenten efectos de torsión y esfuerzos sobre los elementos estructurales y no estructurales cuando ocurre un sismo. Los efectos de torsión generan alta concentración de esfuerzos, fisuración y desplazamientos notables que conducen al posible colapso de la edificación. La falta de plomo de los muros aumenta la posibilidad de inestabilidad de los muros por la acción de las fuerzas inerciales inducidas por el sismo. (AIS, 2006).

#### **2.2.1.3. Conexión entre muros**

La falta de una adecuada conexión en la traba de los muros de adobe, disminuye la restricción laterales de los muros, induciendo alta inestabilidad de los elementos verticales ante cargas perpendiculares a su plano. (AIS, 2006).

#### **2.2.1.4. Entrepisos y ausencia de diafragmas**

La ausencia de un entre piso que cumpla la función de comportarse como un diafragma rígido en su propio plano hace que la distribución de las cargas laterales inducidas por el sismo sea usualmente muy perjudicial, facilitando la acción de fuerzas perpendiculares excesivas contra el muro. (AIS, 2006).

#### **2.2.1.5. Mecanismos de falla típicos**

Debido a que los techos pesan poco y son flexibles, la parte superior de los muros vibran como un borde libre, parecido a una caja de zapatos sin tapa, es decir, prácticamente como si fueran cercos. Durante las vibraciones sísmicas horizontales, si el suelo se mueve en la dirección "y", las fuerzas de inercia que se generan en los muros actúan en sentido contrario. Esto provoca en ellos fallas por flexión, por momento y corte, que actúan simultáneamente en cada uno de los muros; aunque se les representa separados para una mejor comprensión (Kuroiwa, 2002). Los mecanismos de falla y el tipo de agrietamiento respectivo más probables que se pueden presentar en las edificaciones convencionales de adobe son las siguientes:

#### **2.2.1.5.1. Tipo de falla N°1**

Tanto el momento negativo como el corte provocan grietas cerca a las esquinas y el momento positivo, grietas en el centro; efecto similar a empujar los muros, que se zafan o desconectan en las esquinas. Como se observa en las figura 8, las grietas se presentan profundas en las esquinas y menos severas en la parte central de los muros. Estas grietas se inician en la parte superior de los muros y se propagan hacia abajo (Kuroiwa, 2002)



Figura 3. Falla por flexión en las esquinas, causadas por fuerzas de inercias perpendiculares a los muros (Kuroiwa, 2002).

#### **2.2.1.5.2. Tipo de falla N°2**

Eventualmente, los muros quedan separados entre sí y se vuelcan al quedar en voladizo y la fuerza de inercia actúa perpendicularmente a su cara. Esto ocurre frecuentemente con las fachadas, en muros altos y cortos o muy largos con restricciones laterales poco espaciadas. (Kuroiwa, 2002)



Figura 4. Colapso de fachada al quedar libre en voladizo (Kuroiwa, 2002).

#### **2.2.1.5.3. Tipo de falla N°3**

Si los muros transversales están muy separados, la parte central superior se vuelca en forma de "U" abierta, por falta de estabilidad, debido a que el momento positivo se hace muy grande, tal como se puede apreciar en la figura 10 y su diagrama explicativo.



Figura 5. Falla por flexión en forma de U, muros están muy separados (Kuroiwa, 2002).

#### 2.2.1.5.4. Tipo de falla N°4

Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales. En muchos casos estos agrietamientos están asociados a entrepisos o cubiertas muy pesadas o con sobrecargas y se ven magnificados con las aberturas correspondientes con las puertas y las ventanas en los muros (AIS, 2006).

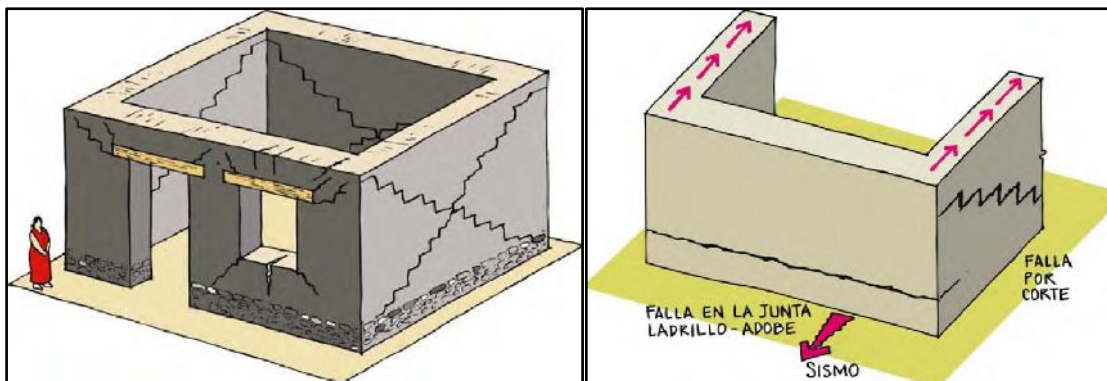


Figura 6. Falla por cortante (AIS, 2006).

### 2.2.2. Criterios estructurales y recomendaciones para edificaciones de adobe

#### 2.2.2.1. Ensayos empíricos para la selección del suelo

**Ensayo de resistencia seca:** Con el suelo elegido hacer por lo menos tres bolitas de barro de aproximadamente 2 cm de diámetro. Una vez se han secado (después de por lo menos 24 horas), aplastar cada bolita entre el dedo pulgar e índice. Si ninguna de las bolitas se rompe, el suelo contiene suficiente arcilla como para ser usado en la construcción de adobe, siempre que se controle la microfisuración del mortero debida a la contracción por secado. Si algunas de las bolitas pueden ser aplastadas, el suelo no es adecuado, ya que carece de la cantidad suficiente de arcilla y debería ser descartado. (PUCP/CIID, citado por EERI 2003).

**Ensayo del rollo:** Es una alternativa para elegir el suelo en el campo. Usando ambas manos, hacer un pequeño rollito de barro. Si la longitud sin romperse del rollito producido está entre

5 y 15 cm, el suelo es adecuado. Si el rollito se rompe con menos de 5 cm, el suelo no debe ser usado. Si la longitud sin romperse del rollito es mayor de 15 cm, se debe añadir arena gruesa. (CTAR/COPASA, citado por EERI 2003).

**Ensayo de control de microfisuración:** Hacer dos o más emparedados de adobe (dos bloques de adobe unidos con mortero). Después de 48 horas de secado en la sombra, los emparedados se abren cuidadosamente y se examina el mortero. Si el mortero no muestra fisuración visible, el suelo es adecuado para la construcción de adobe. (EERI, 2003).

#### **2.2.2.2. Aditivos:**

**Paja (0.5%):** Es un aditivo natural eficiente para el control de la microfisuración de secado de mortero y adobe, especialmente al preparar el mortero, añadir al barro la máxima cantidad de paja posible que permita una adecuada trabajabilidad (Centurión y Barba, 1986).

**Arena gruesa:** La proporción más adecuada suelo-arena gruesa se determina realizando el ensayo de control de microfisuración con por lo menos 8 emparedados fabricados usando morteros con diferentes proporciones de suelo y arena gruesa. Se recomienda que las proporciones suelo-arena gruesa varíen entre 1:0 (sin arena) hasta 1:3 en volumen. El emparedado con la mínima cantidad de arena que no muestra microfisuración visible al ser abierto luego de 48 horas de haber sido fabricado, indica la proporción suelo: arena gruesa que se deberá usar en la construcción de adobe. (EERI, 2003)

**Aserrín (5%):** Es un aditivo natural eficiente para el control de la microfisuración de secado de mortero y adobe, se recomienda añadir aserrín a razón de 5% del peso de la mezcla. Aserrín es el material que se obtiene como residuo de cortar la madera y está constituido por partículas de 1, 2 y hasta 5 mm de longitud, dependiendo de la sierra empleada para cortar la madera (Centurión y Barba, 1986).

### **2.2.2.3. Aspectos constructivos**

A continuación se brindan algunas recomendaciones básicas pero muy importantes a tener en cuenta al momento de fabricar las unidades de adobe y cuando van a ser asentadas:

- “Dormido” del barro: el efecto positivo de almacenar el barro durante uno o dos días antes de la fabricación de las unidades de adobe o del mortero es una práctica tradicional. Este procedimiento permite una mayor integración y distribución del agua entre las partículas de arcilla, logrando de esta manera activar sus propiedades cohesivas (EERI, 2003).
- Eliminar todos los elementos ajenos al barro; mezclar meticulosamente tan uniformemente como sea posible, secar los bloques de adobe a la sombra; limpiar los adobes antes de asentarlos, hacer juntas de mortero uniformes y totalmente llenas; y asegurar que el muro esté a plomo (EERI, 2003).
- Humedecer las unidades de adobe antes de ser asentadas. Todas las caras que estarán en contacto con el mortero deberían ser humedecidas superficialmente, esto se puede lograr salpicando agua (EERI, 2003).

### **2.2.2.4. Disposición de muros**

Uno de los principios esenciales de la construcción de adobe sismo resistente es el uso de distribuciones en planta compactas y tipo caja. Las recomendaciones principales se resumen a continuación (EERI, 2003):

- Construir casas de sólo un piso.
- Usar un techo compacto y procurar que sea lo más liviano posible.
- Disponer la distribución de muros para proveer soporte mutuo por medio de muros transversales, en intervalos regulares en ambas direcciones o usar contrafuertes.
- Mantener los vanos de los muros pequeños y bien distribuidos.
- Construir sobre una cimentación firme.

Los muros son los principales elementos portantes en una edificación de adobe. Algunas recomendaciones empíricas relacionadas a la construcción de muros resistentes a los terremotos son las siguientes (EERI, 2003):



- La altura del muro no debería exceder ocho veces el espesor del muro en su base y en ningún caso debería ser mayor que 3.5 m
- La longitud sin arriostres de un muro entre muros transversales no debería exceder de 10 veces el espesor del muro, con un máximo de 4.50 m.
- Los vanos no deberían exceder de un tercio de la longitud total del muro.
- Ningún vano debería tener un ancho superior a 1.2 m
- Proveer muros de 1.20 m de longitud mínima entre vanos.

El uso de contrafuertes y pilastras en las partes críticas de una estructura aumenta la estabilidad y el esfuerzo resistente. Los contrafuertes actúan como soportes que pueden prevenir el volteo del muro hacia adentro o hacia fuera. Los contrafuertes y las pilastras también mejoran la integración de los muros que convergen en las esquinas. Las secciones críticas incluyen (IAEE, 2003):

- Esquinas, donde las pilastras toman la forma de muros cruzados.
- Ubicaciones intermedias en muros largos, donde los contrafuertes toman la forma de muros perpendiculares de arriostre que son integrados a la estructura del muro.
- Las recomendaciones acerca de las dimensiones de los contrafuertes y las pilastras se resumen en las figura 12.

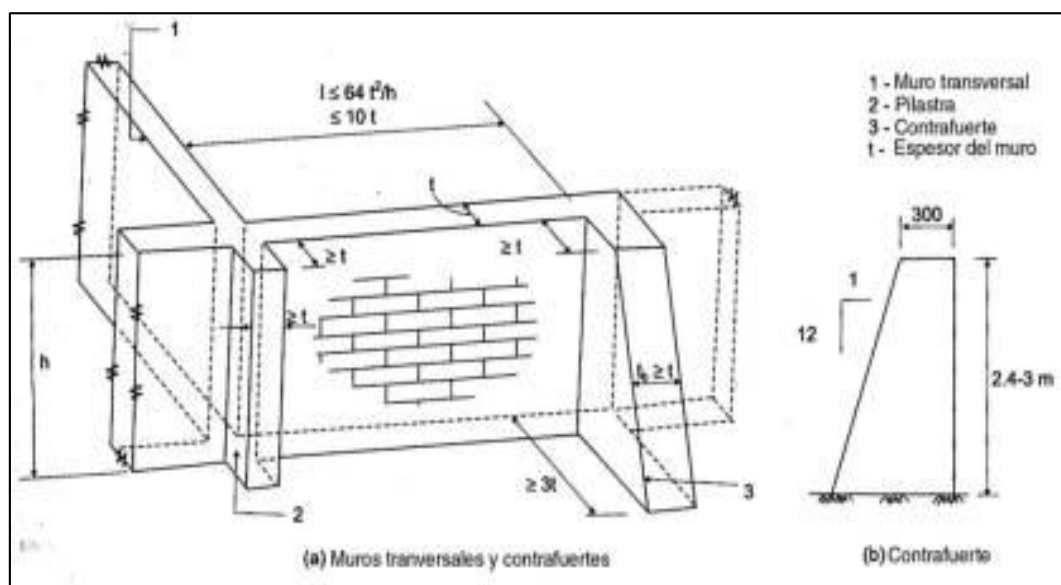


Figura 7. Dimensiones para contrafuertes (IAEE, 2003)

### **2.2.3. Estimación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe**

La estimación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe, está orientado a identificar las principales deficiencias constructivas de la estructura de la edificación y su entorno, que hacen que la vivienda presente un grado de debilidad o exposición frente a la ocurrencia de un sismo, para lo cual existen diferentes metodologías empleadas. En esta oportunidad utilizaremos la ficha de verificación de INDECI: “Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo” y a la vivienda con una tipología representativa de la muestra, se realizará el análisis estructural basado en el método propuesto por Zelaya en su tesis de grado: “Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres”, de la Universidad Nacional Federico Villarreal en el año 2007.

#### **2.2.3.1. Ficha de verificación de INDECI**

En los últimos años, en las poblaciones rurales, urbanas y en determinadas áreas geográficas se han intensificado las acciones de prevención, incrementándose éstas en forma progresiva mediante la ejecución de estimaciones del riesgo, reportes preliminares de estimación del riesgo y análisis de vulnerabilidades. Constituyéndose en valiosas herramientas que comprenden la identificación de peligros, el análisis de vulnerabilidad y el cálculo del riesgo (INDECI 2006).

Adicionalmente, cabe precisar que se ha observado que la población, que habita las zonas en las que existe un considerable nivel de riesgo, requiere tener un conocimiento más cercano y de manera individualizada del Nivel de Vulnerabilidad existente en su vivienda, ante la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud y las acciones recomendadas encaminadas a reducir el impacto asociado con el riesgo existente, es en ese sentido que la Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos de la Dirección Nacional de Prevención del Instituto Nacional de Defensa Civil ha elaborado una herramienta técnica que servirá para este propósito, la misma que se le ha denominado Ficha de Verificación “Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo”. Ver Anexo 01. (INDECI 2006).

### 2.2.3.1.1. Contenido

La Ficha de Verificación, “Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo”, consolida los aspectos más saltantes o relevantes que refieren la vulnerabilidad física de una vivienda ante la posibilidad de un sismo de gran magnitud.

La ficha de verificación está compuesta de siete secciones, de la A hasta la G. La parte medular para la identificación del nivel de vulnerabilidad se ubica en la sección D (Características de la construcción de la vivienda), donde se tiene 12 criterios a valorar con la realidad de la vivienda y se le asigna un valor del 1 al 4, donde a mayor valor mayor vulnerabilidad. Luego en la parte E (Determinación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda) de la ficha, se realiza la sumatoria ( Sección E.1. Sumatoria de los valores de la sección D) y se clasifica de acuerdo al valor obtenido en la sección E.1 (INDECI 2006).

### 2.2.3.1.2. Clasificación

Para fines de Estimación del Riesgo, la vulnerabilidad puede clasificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan en la tabla 2. (INDECI 2006).

<b>NIVEL</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
<b>VB (Vulnerabilidad baja)</b>	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total – y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	<b>1</b> < de 25%
<b>VM (Vulnerabilidad media)</b>	Viviendas asentadas en suelos de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia.	<b>2</b> De 26% a 50%

<p style="text-align: center;">VA <b>(Vulnerabilidad alta)</b></p>	<p>Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de la construcción, con procesos de hacinamiento en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de los servicios básicos.</p>	<p style="text-align: center;"><b>3</b> De 51% a 75%</p>
<p style="text-align: center;">VMA <b>(Vulnerabilidad muy alta)</b></p>	<p>Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención.</p>	<p style="text-align: center;"><b>4</b> De 76% a 100%</p>

Tabla 2. Nivel, descripción y valor de la vulnerabilidad (INDECI 2006).

#### 2.2.4. Análisis estructural de viviendas de adobe

De los tipos de falla analizados, la que se presenta primero y por lo tanto a menores niveles de intensidad sísmica es la falla por volteo fuera del plano (Torrealva, citado por Velarde 2014). Cuando el esfuerzo de volteo se controla los esfuerzos cortantes paralelos al plano pueden agrietar los muros, los cuales, dependiendo de la esbeltez y de la duración del sismo pueden causar el colapso total o parcial de los mismos. Con este concepto definiremos el análisis sísmico a nuestras construcciones (Velarde 2014).

Para analizar la competencia estructural de los muros de adobe utilizaremos los siguientes pasos (Velarde 2014):

1. Determinaremos las cargas actuantes sobre los muros en cuestión.
2. Analizaremos los muros considerando solo las cargas verticales, tomando en cuenta el efecto de la esbeltez de éstos. Tal análisis permitirá verificar si las dimensiones del muro resisten las solicitaciones de gravedad.
3. Analizaremos los muros considerando el efecto de las cargas horizontales que actuarían perpendicularmente al plano del muro, particularmente las debidas a sismos. Este análisis permite verificar el ancho del muro y determinar si requiere de

arriostres adicionales. Es importante tomar en cuenta las condiciones de borde de los muros.

4. Analizaremos los muros para fuerzas horizontales que actuarían paralelamente al plano de los mismos, particularmente si estos están trabajando como arriostres verticales. Aquí se verifica la competencia del muro frente a esfuerzos cortantes y ante momentos de volteo.

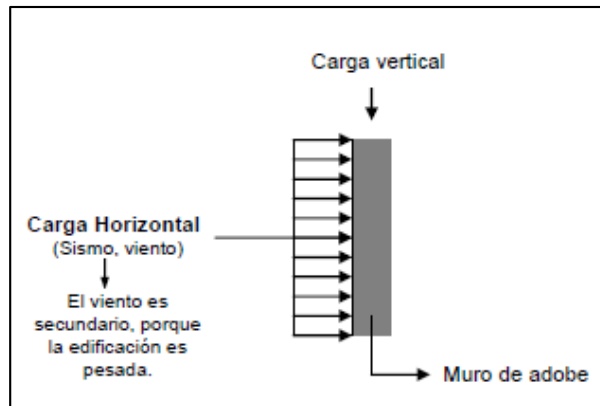


Figura 8. Cargas en un muro de adobe (Zelaya, 2007)

Las cargas que actúan sobre los muros se determinan siguiendo métodos usuales (metrado de carga muerta, peso propio). Para la determinación de las cargas horizontales puede utilizarse los criterios planteados más adelante. Determinadas las cargas, se verificarán que los esfuerzos producidos sean menores o iguales a los esfuerzos admisibles según el RNE. Para esta verificación se presenta una metodología que se detalla a continuación.

#### 2.2.4.1. Carga vertical

Para este análisis se consideraran los muros portantes, esto quiere decir que además de su peso propio soportan cargas verticales, transmitiéndolas a la cimentación. La resistencia de los muros bajo carga vertical depende básicamente de la resistencia de los adobes, el tipo de mortero que se ha utilizado, la esbeltez del muro y la excentricidad de la resultante de las cargas actuantes. Los valores de resistencia admisible de la albañilería  $f_m=2\text{kg/cm}^2$  según la norma E.080 Adobe. (Velarde 2014)

### 2.2.4.2. Carga perpendicular a su plano

Cuando un muro debe soportar cargas perpendiculares a su plano se producen flexiones que generan en los muros esfuerzos de compresión y de tracción. Los esfuerzos de tracción en un muro de adobe son los que suelen ocasionar las fallas tanto en sentido vertical, perpendicular a las hiladas, como también en sentido horizontal paralelo a las hiladas (Zelaya 2007).

El espesor de un muro sujeto a cargas perpendiculares a su plano está dado por la expresión:

$$t = \frac{6\beta C_m \gamma_m a^2}{f_a}$$

Donde:

t = Espesor del muro

$\beta$  = Coeficiente – Gráfico N° 2

$C_m$  = Coeficiente Sísmico de Diseño (para adobe simple 0.32)

$\gamma_m$  = Peso Específico del Muro (para adobe común 1700kg/m<sup>3</sup>)

a = Dimensión Crítica

$f_a$  = Esfuerzo Admisible en flexión (para adobe común 0.30kg/cm<sup>2</sup>)

$$H = C_m P = \frac{ZUSC}{R_d} P$$

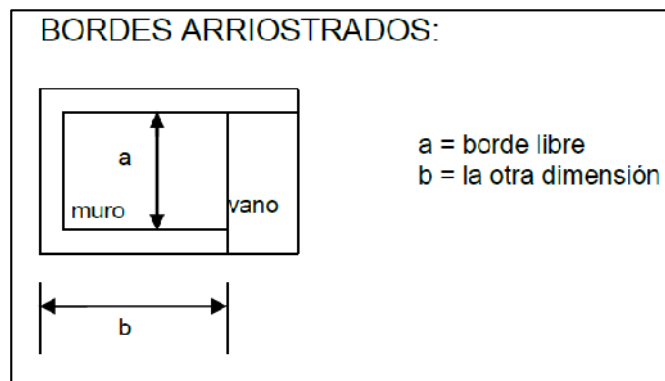


Figura 9. Borde Arriostrados de un muro de adobe (Zelaya, 2007)

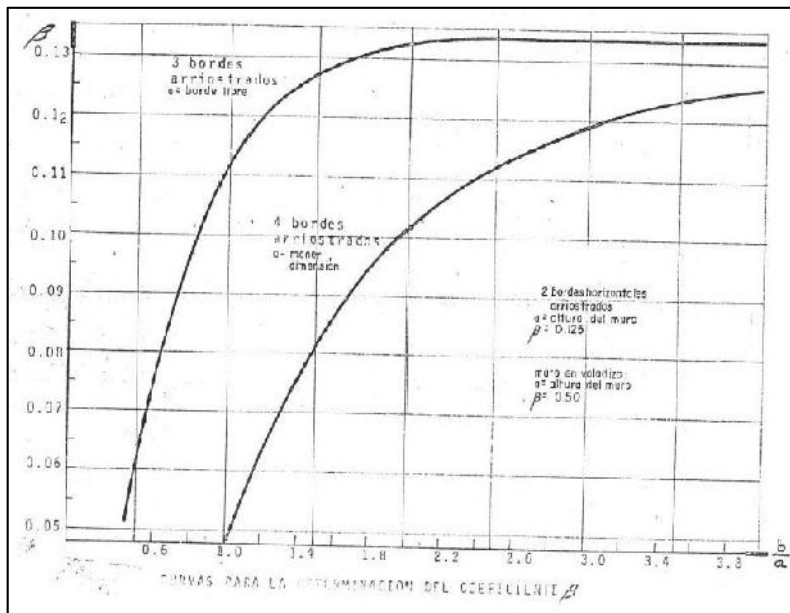


Figura 10. Curvas para la determinación del coeficiente  $\beta$  (Zelaya, 2007)

### 2.2.4.3. Carga de corte

Las cargas horizontales que actúan en el plano del muro, generalmente originadas por sismos producen dos tipos de esfuerzos principales, la aparición de esfuerzos cortantes paralelos a las hiladas del muro y la generación de momentos de volteo, en especial cuando un muro trabaja como arrioste de otro (Velarde, 2014).

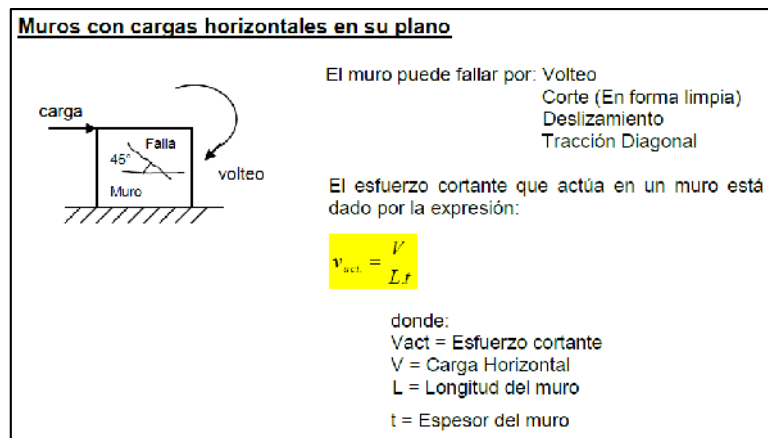


Figura 11. Tipos de falla por carga de corte (Zelaya, 2007)

La expresión de coulomb:  $v = \mu + f\sigma$

Dónde:

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

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia (kg/ cm<sup>2</sup>)

$f$  = Coeficiente de fricción aparente

$\sigma$  =Esfuerzo de confinamiento, compresión unitaria (kg/ cm<sup>2</sup>.)

### **2.2.5. Reforzamiento para viviendas de adobe existentes**

En el sector de San Isidro existen edificaciones de adobe que son de alto riesgo para sus ocupantes porque han sufrido deterioro físico por el paso del tiempo y por deficiencias constructivas descritas anteriormente. En la mayoría de casos sus ocupantes son muy pobres, por lo que resulta muy difícil que los propietarios se hagan responsables del reforzamiento y mejora. Por consiguiente, la mejora de la resistencia sísmica debe lograrse a costos muy bajos para que sea factible de hacerse por los propietarios o mediante programas de ayuda. Existen varios métodos para reducir la vulnerabilidad de construcciones de adobe existentes, en esta investigación se proponen dos alternativas por la simplicidad de su ejecución, la disponibilidad de materiales de construcción a ser utilizados, y sobre todo por su bajo costo.

#### **2.2.5.1. Tarrajeo con malla electrosoldada**

En la PUCP se ensayaron técnicas simples para reforzar viviendas de adobe existentes. El refuerzo externo propuesto fue desarrollado con el propósito de retardar el colapso de la estructura durante un sismo severo. Se ensayaron diferentes materiales de refuerzo, como tablas de madera, sogas de ½ pulgada, malla de gallinero y malla electrosoldada.

Los ensayos dinámicos demostraron que la mejor solución para viviendas de adobe existentes es un reforzamiento consistente en malla electrosoldada (alambre de 1 mm espaciado cada ¾ pulgada) clavado, mediante tapas metálicas de botella, contra el adobe. La malla es colocada



en franjas horizontales y verticales simulando vigas y columnas, y es cubierta con mortero de cemento y arena. Esta solución demostró ser altamente efectiva en retardar el colapso de la estructura (Zegarra et al, citado por EERI 2003). Por otro lado, como la malla es galvanizada, puede clavarse directamente contra la pared de adobe (no se requiere pañetearla previamente), sin que exista peligro de corrosión. El alambre se utiliza como un elemento que conecta las mallas verticales colocadas en las dos caras del muro a fin de que ambas trabajen en conjunto; las franjas horizontales no necesitan conectarse. Las grapas de 3/4 de pulgada permiten fijar los conectores (alambre #8), mostrados en las Fig. 13. Finalmente el Mortero 1:4 recubre la malla y es el elemento que incrementa la rigidez de la pared de adobe, ante acciones sísmicas coplanares y ortogonales al plano de muro.

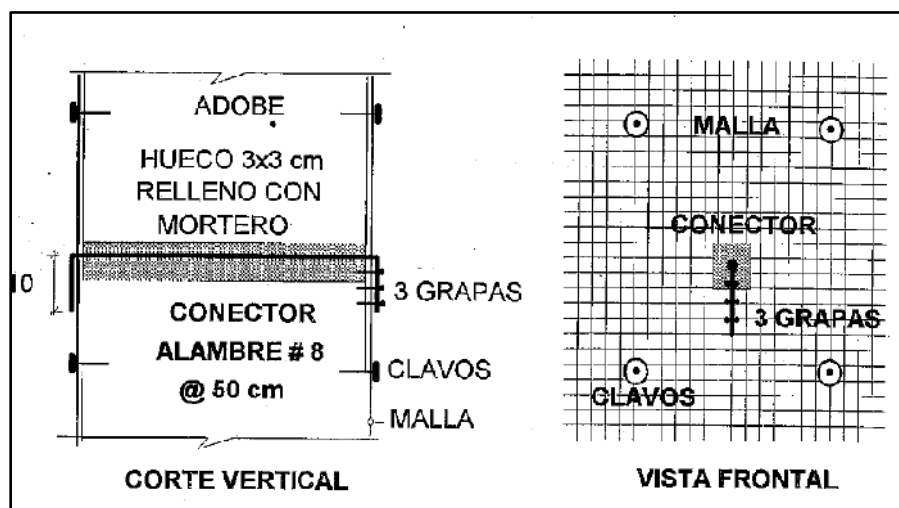


Figura 12. Detalle de reforzamiento: Tarrajeo con malla electrosoldada (Zegarra et al, 1997)

Durante el terremoto de Arequipa en Perú (2001), las viviendas de adobe existentes que habían sido reforzadas externamente con malla electrosoldada recubierta, con mortero cemento-arena, como parte de un programa de reforzamiento piloto, soportaron el evento sísmico sin daño alguno. Sin embargo las viviendas sin refuerzo colapsaron o fueron severamente dañadas, como se puede apreciar en la figura 14 (EERI, 2003).



Figura 13. Casa con refuerzo exterior de malla electrosoldada, afectada por el terremoto de Arequipa en 2001, sin daño; al fondo casa destruida (Zegarra et al, citado por EERI 2003)

### 2.2.5.2. Viga collar CSK

Es adecuada para construcciones de adobe aisladas, que existen en áreas rurales o en zonas sobre terrenos amplios. La viga collar de madera se coloca como refuerzo en la parte exterior e interior de los muros, rodeándolos completamente. Figura 15 (Kuroiwa 2002).

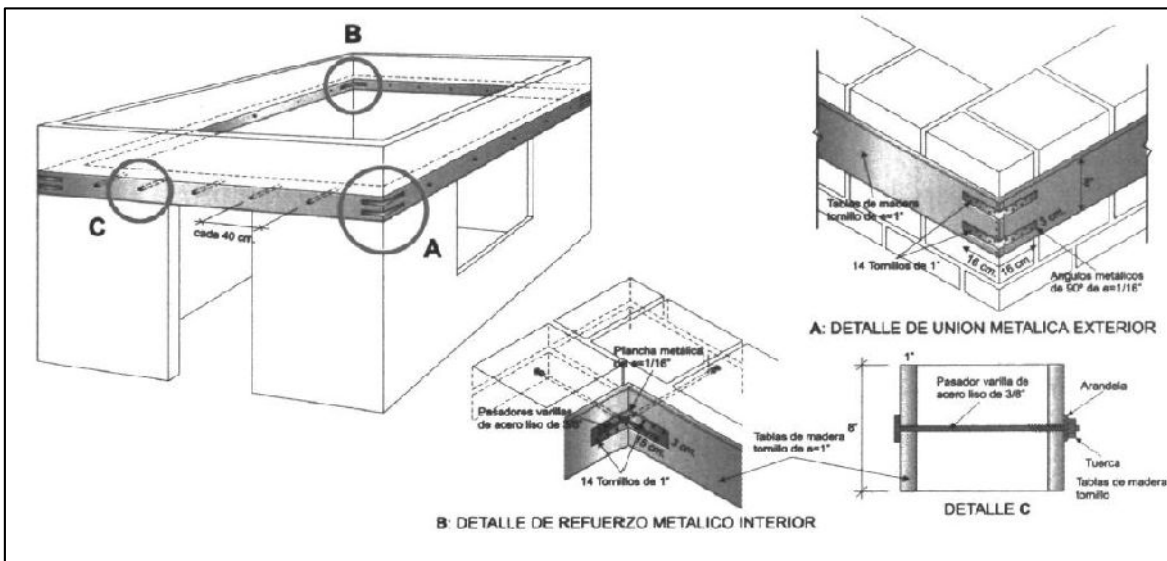


Figura 14. Viga collar CSK de madera y uniones metálicas (Kuroiwa 2002).

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Sismo**

Es la liberación súbita de energía mecánica generada por el movimiento de grandes columnas de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior y, se propaga en forma de vibraciones, a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externos o internos de la Tierra. Por su intensidad se clasifican en: Baja intensidad (temblores que no causan daño: con intensidad entre los grados III, IV y V grados de la escala Mercalli Modificada); de Moderada y Alta intensidad (terremotos: con intensidad entre los grados VI y VII de la escala Mercalli Modificada). Este fenómeno puede ser originado por procesos volcánicos (INDECI 2006).

### **2.3.2. Peligro**

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente (INDECI 2006).

### **2.3.3. Prevención**

El conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye entre otras, medidas de ingeniería (construcciones sismo resistentes, protección ribereña y otras) y de legislación (uso adecuado de tierras, del agua, de ordenamiento urbano y otras)

### **2.3.4. Vivienda**

Se considera una vivienda a cualquier recinto, separado e independiente, construido o adaptado para el albergue de personas. Las viviendas se clasifican en particulares o colectivas, teniendo en cuenta el tipo de hogar que las ocupa.

### **2.3.5. Vulnerabilidad**

Se entiende por vulnerabilidad la susceptibilidad al daño que tienen los elementos expuestos a un determinado peligro (INDECI 2006).

### **2.3.6. Riesgo**

Se entiende por Riesgo la probabilidad de daños sociales, ambientales y económicos por un peligro o evento natural, en un lugar y durante un tiempo de exposición determinado (INDECI 2006).

### **2.3.7. Adobe común**

Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. (RNE, 2006)

### **2.3.8. Adobe estabilizado**

Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad. (RNE, 2006)

### **2.3.9. Mortero**

Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, etc. (RNE, 2006)

### **2.3.10. Arriostre**

Elemento que impide el libre desplazamiento del borde de muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal. (RNE, 2006)

### **2.3.11. Altura libre de muro**

Es la distancia vertical libre entre elementos de arriostre horizontales. (RNE, 2006)

### **2.3.12. Largo efectivo**

Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre. (RNE, 2006)

### **2.3.13. Esbeltez**

Relación de altura libre del muro y su espesor. (RNE, 2006)

### **2.3.14. Muro arriostrado**

Es un muro cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales. (RNE, 2006)

### **2.3.15. Extremo libre de muro**

Es el borde vertical u horizontal no arriostrado de un muro. (RNE, 2006)

### **2.3.16. Contrafuerte**

Es un arriostre vertical construido con este único fin. (RNE, 2006)

## CAPÍTULO III MATERIALES Y METODO

### 3.1. Ubicación geográfica

El presente estudio tuvo lugar en el sector de San Isidro, distrito y provincia de Jaén, Región Cajamarca. El sector de San Isidro está ubicado al Este de Jaén, en las coordenadas UTM WGS84 17M: 0745299E y 9369027N, posee una altitud de 725 m.s.n.m., datos tomados con GPS Garmin Modelo Oregon; la figura 17 y 18 fueron obtenidas de Google Earth.

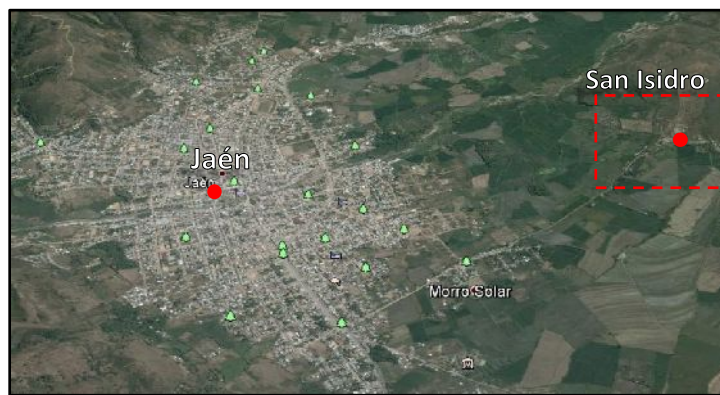


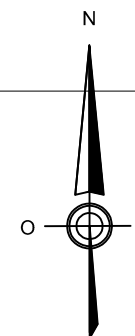
Figura 15. Localización del sector San Isidro, zona este de Jaén (Google Earth, 2016)



Figura 16. Ubicación del sector San Isidro (Google Earth, 2016)

9369250

# SECTOR SAN ISIDRO

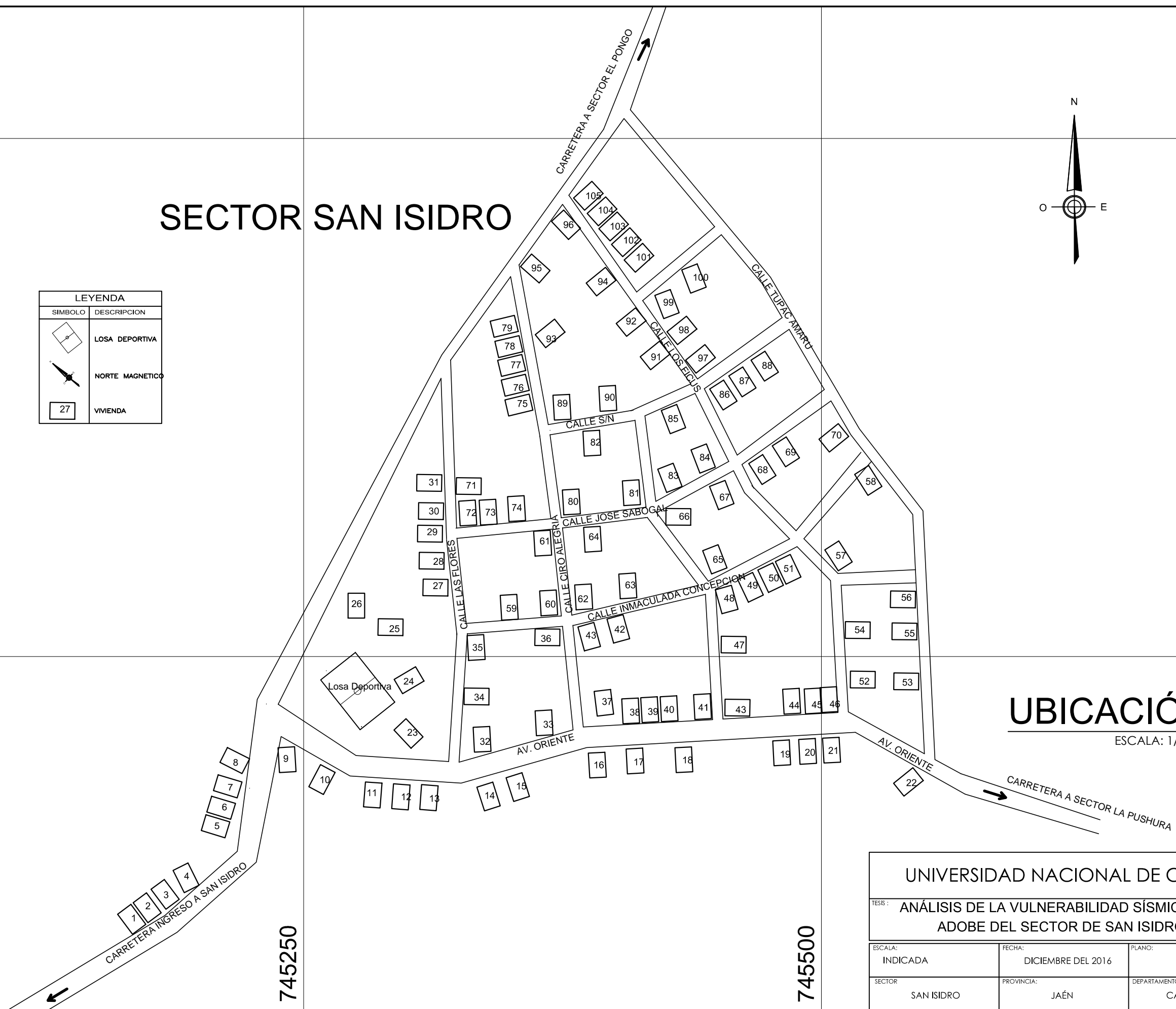


LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	LOSA DEPORTIVA
	NORTE MAGNETICO
	VIVIENDA

9369000

## UBICACIÓN

ESCALA: 1/1750



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS : ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO - JAÉN - 2016

ESCALA: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE DEL 2016	PLANO: PLANO DE UBICACION	LAMINA: U-01
SECTOR: SAN ISIDRO	PROVINCIA: JAÉN	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	

745250

745500

### 3.2. Tipo de investigación

La investigación corresponde al diseño Descriptivo Comparativo no Experimental y se empleó la metodología basada en el procedimiento Deductivo.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población estuvo constituida por 105 viviendas de adobe en el sector San Isidro provincia y distrito de Jaén.

#### 3.3.2. Muestra

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

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

Donde:

n = Muestra óptima

N = Tamaño de la población (105 viviendas)

P y q = parámetros estadísticos de la población (p = 50 y q = 50)

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

Z = Nivel de confianza de 95%

Reemplazando valores:

$$n = \frac{(1.96)^2 105 \times 0.50 \times 0.50}{(0.05)^2 (105 - 1) + (1.96)^2 \times 0.50 \times 0.50}$$

$$n = 49.33 \cong 50.00$$

De los datos obtenidos se concluye que, para un nivel de confianza al 95% se obtuvo una muestra de n = 50 viviendas.



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

#### **3.4.1. Técnicas de investigación**

##### **3.4.1.1. Información indirecta**

Selección de la información existente en fuentes bibliográficas (para analizar temas generales sobre la investigación a realizar) y estadísticas; recurriendo a las fuentes originales en lo posible: éstas fueron libros, reglamentos, artículos de investigación, tesis de investigación y páginas web de internet como el INEI, INDECI, MVCS e ICG.

##### **3.4.1.2. Encuesta**

Aplicación de la ficha de verificación de INDECI (anexo 01) en la muestra representativa de la población.

##### **3.4.1.3. Observación**

La observación directa se realizó con el fin de hacer una evaluación cualitativa de las viviendas existentes.

#### **3.4.2. Instrumentos para la investigación**

##### **3.4.2.1. Investigación documental**

Estuvo referida principalmente al conocimiento, que se obtuvo de los archivos y registros con la intención de constatar la veracidad de datos obtenidos por otras fuentes respecto a acciones ejecutadas en el pasado.

##### **3.4.2.2. Encuesta: Ficha de verificación de INDECI**

La encuesta nos permitió clasificar y determinar el índice de vulnerabilidad para cada vivienda de la muestra.

### **3.4.2.3. Guía de observación**

Esta técnica nos sirvió para conocer la situación actual de las viviendas y sus principales elementos estructurales y determinar la tipología representativa de la distribución de las viviendas existentes.

## **3.5. Metodología**

### **3.5.1. Procedimiento para el desarrollo de la investigación**

#### **3.5.1.1. Recopilación de información: Determinación de situación actual y encuesta**

El trabajo de campo se realizó en 3 visitas al sector de San Isidro, la primera consistió en el reconocimiento y selección de las viviendas con el fin de hallar una tipología representativa. En la segunda visita, se realizó la encuesta al jefe de hogar de cada vivienda y también el registro de las mediciones de las viviendas. En la tercera y última visita se contactó con un maestro de obra que construye actualmente con adobe en estos poblados y conoce a exactitud cuál es el proceso constructivo que ellos utilizan.

La recopilación de información fue a través de la encuesta y la observación directa. La encuesta aplicada está orientada a la determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para casos de sismo, la cual es proporcionada por INDECI y se encuentra en el Anexo 01: Ficha de Verificación. La observación directa nos permite realizar la evaluación cualitativa de las viviendas existentes, determinar las características de la construcción y asignar un valor según corresponda de acuerdo a la sección “D” de la ficha de verificación. En la sección “E” de la ficha se realiza la clasificación del nivel de vulnerabilidad de acuerdo a los valores obtenidos en la sección “D”, el cual viene a ser el objetivo de la encuesta.

#### **3.5.1.2. Formulación de la tipología representativa**

Una vez tomados los datos de cada vivienda se procedió a definir la tipología de construcción considerando características similares que adoptan las construcciones de adobe en el sector de San Isidro. La tipología representativa fue identificada en la sección “D” de la ficha de

verificación, exactamente en los puntos 7 y 8 donde se indica la configuración geométrica en planta y en elevación. Estas distribuciones son plasmadas en un plano de planta y de elevación de acuerdo a las medidas obtenidas en campo. Básicamente se tomó en cuenta el espesor del muro de adobe, longitud de arriostre de muro en esquinas, dimensiones de puertas y ventanas, altura del muro y techos.

### **3.5.1.3. Descripción y evaluación estructural**

Se realiza la descripción de los elementos estructurales de la vivienda como muros portantes, cimentación y elementos de arriostre según la tipología representativa encontrada. La evaluación estructural se realiza en función a las cargas de trabajo: Muros bajo carga vertical donde se determina el esfuerzo actuante y el esfuerzo admisible del muro. Verificación por cortante, donde se verá la influencia del tipo de mortero, utilizado para el asentado de adobe, en el cálculo del esfuerzo cortante admisible. Verificación por flexión, para comprobar el espesor del muro sujeto a cargas perpendiculares a su plano, finalmente se tiene la evaluación de la longitud del muro de arriostre en esquinas el cual se verifica por volteo y por cortante.

### **3.5.1.4. Análisis y diagnóstico**

Luego de la evaluación estructural bajo esfuerzos estáticos y dinámicos para determinar su resistencia, este análisis fue comparado con el estado actual de la vivienda y se concluyó en un diagnóstico general de las viviendas. Así mismo de acuerdo a la bibliografía relacionada a la caracterización de daños en construcciones de adobe se identificaron los daños en las viviendas en el sector de San Isidro. También se buscó identificar daños particulares debido a procesos constructivos típicos de la zona estudiada.

### **3.5.1.5. Lineamientos de intervención**

Se dan alcances para la estabilización estructural con el objetivo de cubrir los requerimientos de sollicitación sísmica de las viviendas, estos alcances son simples de emplear, económicos y efectivos.

## **3.5.2. Evaluación cualitativa de las viviendas existentes**

### **3.5.2.1. Material predominante de la edificación**

#### **3.5.2.1.1. Adobe**

El adobe utilizado para la construcción de viviendas en el sector de San Isidro, en su mayoría, es producido en la misma localidad por un proveedor que se dedica a hacer adobes. También es elaborado por el mismo propietario, con la tierra de su solar, la cual es obtenida en el momento de nivelar el terreno donde se va a construir. Como es de esperarse, la elección del suelo se da sin ningún ensayo de laboratorio, ya que se tiene que usar el material disponible en ese momento. El principal criterio es eliminar las piedras mayores a 2cm. Las dimensiones son variables en promedio se tiene adobes de 0.32x0.23x0.10, cuyo principal aditivo es pajilla de arroz, en una proporción de 0.5% en volumen aproximadamente.

El proceso de fabricación del adobe, según nos indica un constructor de la zona, es el que sigue: primero se acopia la tierra y se elimina el material orgánico como raíces, maleza y también las piedras mayores a 2cm. Luego de esta selección se amontona la tierra en forma de volcán y se agrega agua al criterio del constructor. Se espera un momento hasta que el agua sea absorbida por la tierra, se agrega la pajilla de arroz o cáscara de arroz, la cual es obtenida en los molinos donde se separa la cascara del cereal, y se empieza a mezclar el barro pisándolo y también con ayuda de palas y zapapicos. Luego de homogenizar el barro se espera un promedio de 30 minutos para que se filtre el agua superficial y se inicia con el moldeado de las unidades de adobe en gaveras de madera. El secado de los adobe es indiferente, a sol o a sombra, depende del clima del día. A los siete días se acopia para que termine su etapa de secado y pueda ser distribuida a partir de los 15 días.

Según el R.N.E. indica que para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos mínimos:

ENSAYOS	ESFUERZOS ADMISIBLES ( E.080: Art. 8, R.N.E.)	PARA ADOBE COMÚN Y MORTERO DE BARRO USAR
Resistencia a la compresion de la unidad	$f_o = 12kg/cm^2$	$\sigma = \frac{P\ total}{Area}$
Resistencia a la compresion de la albañileria	$f_m = 0.25f'_m$	$f_m = 2kg/cm^2$
Resistencia a la compresion por aplastamiento	$1.25 * f_m$	-
Resistencia al corte de la albañileria	$V_m = 0.25kg/cm^2$	$V_{adm} = 0.45(\mu + fx\sigma)$

Tabla 3. Esfuerzos admisibles según el R.N.E.

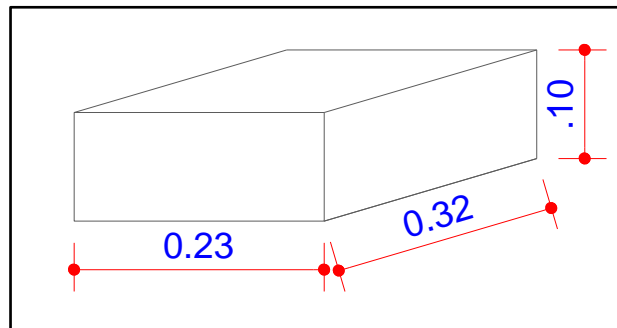


Figura 17. Dimensiones promedio de adobe utilizado en el sector de San Isidro.



Figura 18. Adobe utilizado para la construcción de viviendas, obsérvese la paja empleada



Figura 19. Fabricación de adobes en el sector de San Isidro

#### 3.5.2.1.2. Mortero

El mortero es el material que se emplea para unir los adobes, cuya influencia en el comportamiento de un muro de adobe es muy importante. En San Isidro, el mortero de asiento se hace con el mismo tipo de tierra con la que se construyó los adobes y se le adiciona paja. El espesor es variable se tiene juntas horizontales de 1 a 2cm. En la mayoría de casos se observó que la junta vertical no se rellenaba con mortero.



Figura 20. Mortero en juntas de adobes

### 3.5.2.1.3. Cimentación

Constituida por piedras de 4" a 10", unidas mediante barro. La piedra utilizada puede ser redondeada o angulosa, conformando la base de los muros principales de la vivienda. La profundidad de la cimentación, según las consultas que se hizo, varía de 0.50m a 1.00m. Donde el principal criterio es la dureza del suelo al excavarlo y el ancho es de 0.35m a 0.50m en promedio.

ITEM	R.N.E.	VIVIENDAS CONSTRUIDAS SECTOR SAN ISIDRO
1.00	Profundidad mínima 60cm medida a partir de terreno natural	Profundidad variable de 0.50m - 1.00m
2.00	Ancho mínimo de 40cm	Ancho variable de 0.35m - 0.50m
3.00	Deberán ser de concreto ciclópeo o albañilería de piedra con mortero tipo II ( mortero de barro, el mismo empleado para el adobe)	Constituida por piedra de 4" a 10" unidas mediante barro

Tabla 4. Comparación de cimentación de viviendas existentes vs R.N.E.

### 3.5.2.1.4. Sobrecimiento

Generalmente el sobrecimiento asciende sobre el nivel del terreno natural hasta los 0.40m y están conformados, al igual que la cimentación, por piedras de 4" a 10". Las piedras utilizadas poseen un lado plano para empalmar mejor con la siguiente y unidas con mortero de barro. El ancho es el mismo que el muro y en algunos casos se ha tarrajado el sobrecimiento con mortero de cemento o yeso para proteger de la humedad.



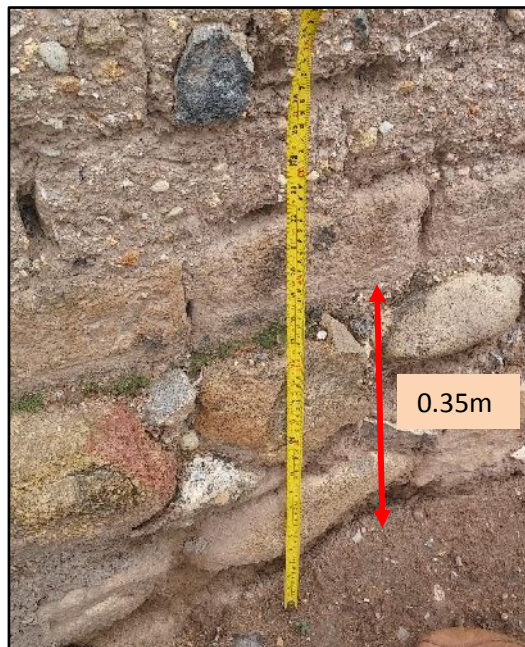


Figura 21. Sobrecimiento de vivienda existente.

### 3.5.2.2. Diseño y proceso constructivo

El diseño y proceso constructivo de toda vivienda es muy importante. Generalmente las dimensiones y los materiales que se utilizan en la construcción es definida por el mismo propietario y el maestro constructor en función al dinero disponible y según las dimensiones del terreno. El área disponible por lo general es 6.00m x 20.00m y el área construida abarca todo el ancho con una longitud de 6.00m a 10.00m, sin ninguna división en el centro. Es decir un solo ambiente. El proceso constructivo es aprendido de forma empírica y entre las principales deficiencias constructivas encontramos las siguientes:

#### 3.5.2.2.1. Muro lateral no portante

En una vivienda de adobe todos los muros deben ser portantes y principales. Esto se logra cuando el techo y el entrepiso, en el caso de una vivienda de uno o dos pisos, descansan sobre los muros longitudinales y transversales. Es decir se tienen vigas de madera o tallos de huayaquil en ambos sentidos. Lo que ocurre en las viviendas del sector de San Isidro es que las vigas descansan tan solo en los muros de la fachada y de la parte posterior por lo que el muro lateral no es un muro portante ni arriostrado.





Figura 22. Muro lateral no portante

#### 3.5.2.2.2. Vanos de puertas y ventanas

La principal recomendación para los vanos de puertas y ventanas es que deben ser pequeños y centrados. Contrariamente a eso, se encontró que las puertas tienen un ancho mayor a 1.20m (ver fig. 15: Puerta verde a dos hojas, ancho=1.60m) en la mayoría de viviendas y se ubican cerca de las esquinas. Los dinteles están conformados por umbrales de madera cuyo espesor es de 4", los cuales se empotran al menos 0.35m a cada lado del vano.



Figura 23. Vanos de puertas muy grandes y mal ubicados

### **3.5.2.2.3. Ausencia de viga solera, refuerzo y contrafuerte**

La ausencia de viga solera es una constante en casi todas las viviendas. La principal función de la viga solera, que según lo estudiado puede ser de madera o concreto, consiste en unir todos los muros de la vivienda para trabajar en conjunto y limitar la presencia de grietas. El contrafuerte es un apoyo que se emplea en los muros cuando estos tienen una longitud mayor a 4.00m, como es el caso de la viviendas en San Isidro. Según la bibliografía consultada (EERI, 2003) debe tener una longitud de 3 veces el ancho del muro y puede estar ubicado hacia adentro o hacia afuera; este elemento tampoco fue detectado en ninguna vivienda existente.

### **3.5.2.3. Antigüedad de las edificaciones**

Actualmente se vienen construyendo viviendas de adobe, sin embargo se tienen viviendas con una antigüedad de hasta 25 años.

### **3.5.2.4. Tipo de suelo**

Durante la visita a campo se encontró una excavación que estaría destinada a ser un silo, de acuerdo a lo observado por el color y su plasticidad podemos deducir que se trata de un suelo arcilloso con presencia de grava y piedra de hasta 10”.



Figura 24. Suelo del sector de San Isidro, profundidad de calicata 1.70m

## ANÁLISIS GRANULOMETRICO

Tiene como finalidad determinar el tamaño de las partículas y fijar en porcentajes de su peso total la cantidad de granos de distinto tamaño que contiene. Se empleó el método de tamizado por lavado.

TAMIZ		P.RET	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE
Nº	ABERTURA(m m)	PARCIAL	ACUMULADO	RET. ACUMULADO	QUE PASA
<b>3"</b>	75.00	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
<b>2"</b>	50.80	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
<b>1"</b>	25.40	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
½"	12.50	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
⅜"	9.50	<b>3.43</b>	3.43	0.26	99.74
¼"	6.35	<b>13.72</b>	17.15	1.28	98.72
<b>Nº4</b>	4.75	<b>10.14</b>	27.29	2.04	<b>97.96</b>
Nº 10	2.00	<b>49.86</b>	157.69	11.81	88.19
Nº 20	0.85	<b>22.05</b>	215.36	16.13	83.87
Nº 40	0.43	<b>30.55</b>	295.27	22.12	77.88
Nº 60	0.25	<b>19.26</b>	345.64	25.89	74.11
Nº 140	0.11	<b>32.30</b>	430.12	32.22	67.78
<b>Nº 200</b>	0.08	<b>12.16</b>	461.92	34.60	<b>65.40</b>
CAZOLETA	-.-	873.08	1335.0		
TOTAL			1335.0		

Tabla 5. Ensayo de análisis granulométrico de suelo por tamizado.

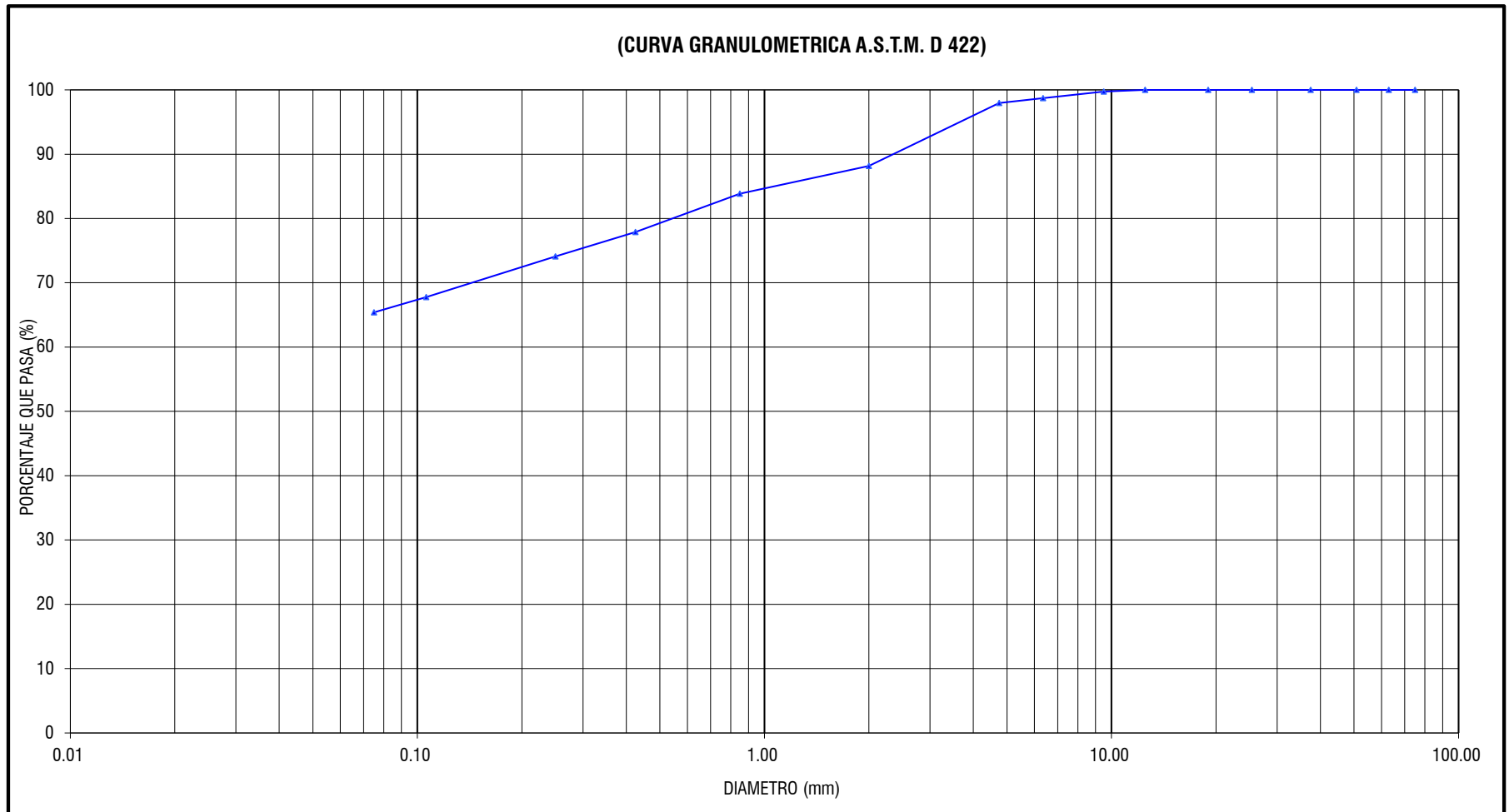


Figura 25. Curva granulométrica de suelo de San Isidro.

## LÍMITE LÍQUIDO

Es el límite entre los estados líquido y plástico de un suelo. Para llevar a cabo este ensayo, se hizo uso de la copa de Casagrande.

LIMITE LIQUIDO			
TARA N°	126	378	377
Wt+ M.Húmeda (gr)	<b>19.10</b>	<b>20.18</b>	<b>22.87</b>
Wt+ M. Seca (gr)	<b>17.48</b>	<b>18.47</b>	<b>20.77</b>
W agua (gr)	1.62	1.71	2.10
W tara (gr)	<b>13.13</b>	<b>13.45</b>	<b>14.43</b>
W M.Seca (gr)	4.35	5.02	6.34
W(%)	37.24%	34.06%	33.12%
N.GOLPES	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>31</b>

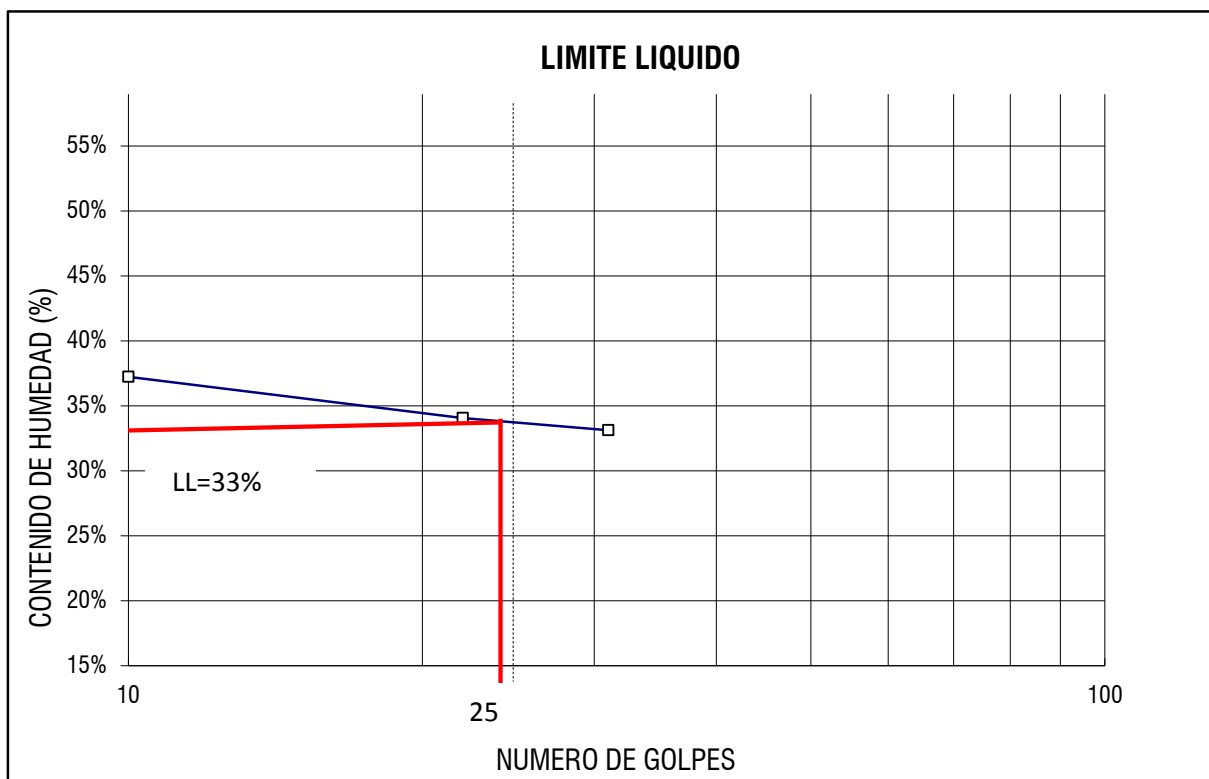


Figura 26. Cálculo de límite líquido de suelo de San Isidro

### LÍMITE PLÁSTICO

Es el contenido de agua del material en el límite inferior de su estado plástico.

<b>LIMITE PLASTICO</b>			
TARA N°	415	412	Promedio
W <sub>t+</sub> M.Húmeda (gr)	<b>15.03</b>	<b>15.07</b>	
W <sub>t+</sub> M. Seca (gr)	<b>14.93</b>	<b>14.90</b>	
W agua (gr)	0.10	0.17	
W tara (gr)	<b>14.11</b>	<b>13.95</b>	
W M.Seca (gr)	0.82	0.95	
W(%)	12.20%	17.89%	15.04%

### INDICE PLÁSTICO

Es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP = 33.00 - 15.04 = 17.96$$

### CLASIFICACION DE SUELO

De los resultados obtenidos tanto en el ensayo de granulometría, como en los de plasticidad, y de acuerdo a la tabla del sistema unificado de clasificación de suelos SUCS (ver anexo 05), se puede determinar que el suelo en estudio se encuentra en el grupo CL, el cual indica que se trata de una arcilla inorgánica de baja o media plasticidad. Para efectos de estimación de vulnerabilidad y según la ficha de verificación de INDECI utilizada en la presente tesis, a este tipo de suelo se clasificara con las características granular fino y arcilloso, al cual corresponde un valor de vulnerabilidad de 2.



### 3.5.2.5. Topografía del terreno

La topografía de la localidad es accidentada, con pendientes pronunciadas entre 25% a 45%. El principal inconveniente es que la vivienda tiene una cimentación a desnivel y las paredes están sometidas a presiones laterales por lo que en movimientos sísmicos pueden generar asentamientos diferenciales o derrumbes.



Figura 28. Pendientes de la zona estudiada

### 3.5.2.6. Grietas y fisuras

La presencia de grietas es un indicador de vulnerabilidad sísmica, las cuales son generadas por fuerzas perpendiculares o cortantes al plano del muro. A continuación se describen las fallas comunes en las viviendas de adobe existentes.

#### 3.5.2.6.1. Fuerzas perpendiculares al plano del muro

En un movimiento sísmico, las primeras grietas que se originan son las causadas por fuerzas fuera del plano del muro, estas grietas se producen a baja intensidad sísmica; sin embargo esto no quiere decir que hay pérdida de estabilidad en los muros. Según la caracterización de daños en construcciones de adobe los principales factores que afectan la estabilidad de los muros de adobe son (Torrealva, citado por Velarde 2014):

- Espesor del muro y su esbeltez.

- La conexión entre el muro y el techo o el sistema de piso.
- Si el muro es portante o no.
- La longitud libre del muro o distancia entre la intersección de los muros transversales.
- La condición de la base del muro.

Cuando ocurre un movimiento sísmico, en viviendas de techo liviano, los muros en los cuales este techo se apoya no consiguen el amarre suficiente para lograr formar una buena conexión que mantenga a los muros unidos, por consecuencia se separan y se generan vibraciones independientes de estos muros. La vibración fuera del plano de muros ortogonales entre sí genera entonces una concentración de esfuerzos de tracción en la parte superior de las esquinas, formando una grieta vertical que se propaga hacia abajo. Esta grieta hace que el muro quede suelto, vibrando libremente en sentido perpendicular a su plano, lo que a la postre causa su colapso fuera del plano. (Torrealva, citado por Velarde 2014)



Figura 29. Grieta vertical en muro de adobe



### **3.5.2.6.2. Fuerzas cortantes en el plano del muro**

Según la caracterización de daños en construcciones de adobe, las grietas que se originan por fuerzas cortantes en el plano del muro ocurren cuando se ha controlado la falla por volteo y a niveles mayores de intensidad sísmica. Esta falla está directamente relacionada con la resistencia del muro de adobe a la fuerza cortante. Los principales factores que influyen en los muros de adobe que son sometidos a fuerzas fuera de su plano son (Torrealva, 2003):

- El espesor del muro.
- La calidad de la mano de obra en la construcción del muro.
- La calidad del mortero.
- El peso del techo, que es directamente proporcional a la fuerza de inercia.
- El estado de conservación del muro.

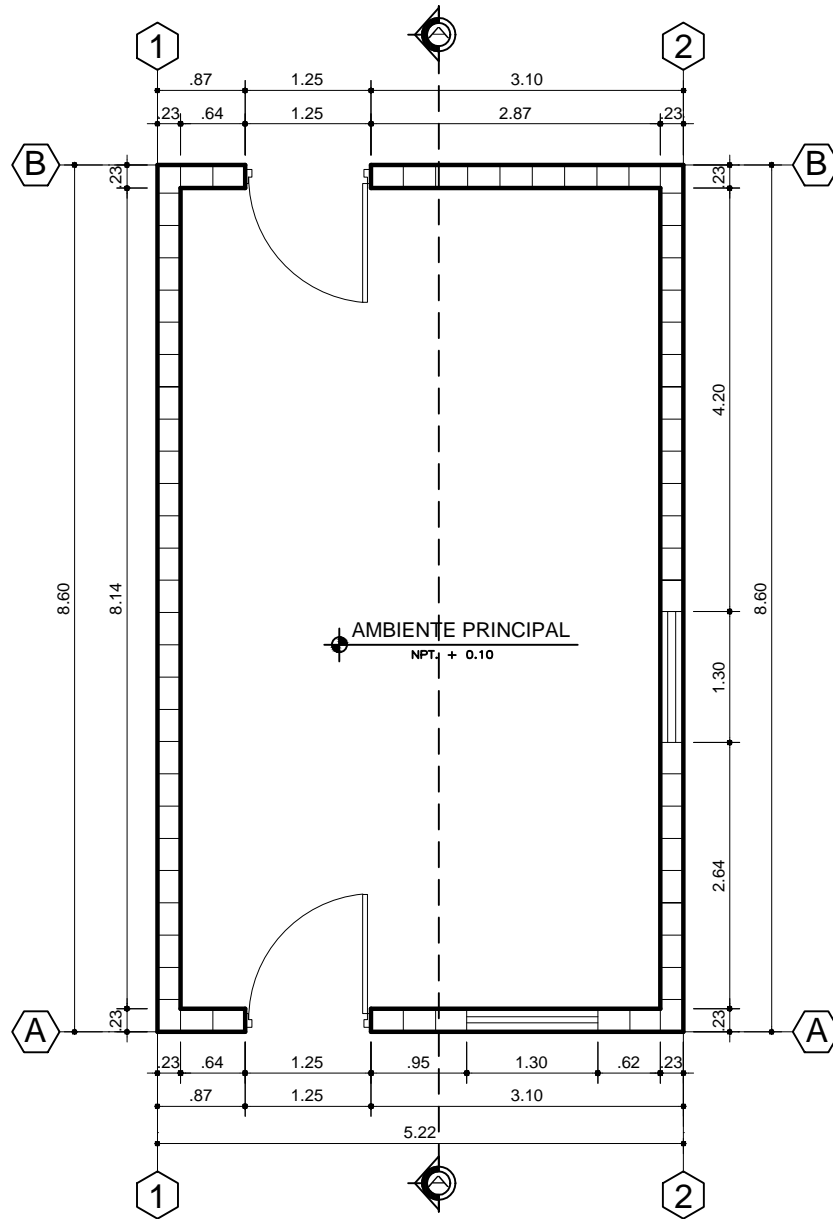
### **Grietas cerca a los vanos de puertas y ventanas**

Estas grietas son también causadas por la acción de fuerzas cortantes en el plano del muro y se presentan usualmente en las esquinas superiores o inferiores de las aberturas de puertas y ventanas extendiéndose en forma diagonal hacia la parte superior o inferior del muro respectivamente. Son debidas a la concentración de esfuerzos en las esquinas de las aberturas y a la incompatibilidad de las propiedades mecánicas del adobe y el material de los dinteles. (Velarde, 2014)

### **3.5.2.7. Configuración geométrica: Planos de viviendas típicas**

La configuración geométrica es la distribución arquitectónica de las viviendas. Se seleccionó una vivienda de un nivel y un ambiente, una vivienda de dos niveles y dos ambientes. Se tuvo que medir las dimensiones de los ambientes y muros para elaborar el plano de distribución en planta y plano de elevaciones con el fin de plasmar las características geométricas y estructurales de las viviendas típicas existentes en el sector de San Isidro.

## **PLANOS DE VIVIENDA DE ADOBE DE UN NIVEL**



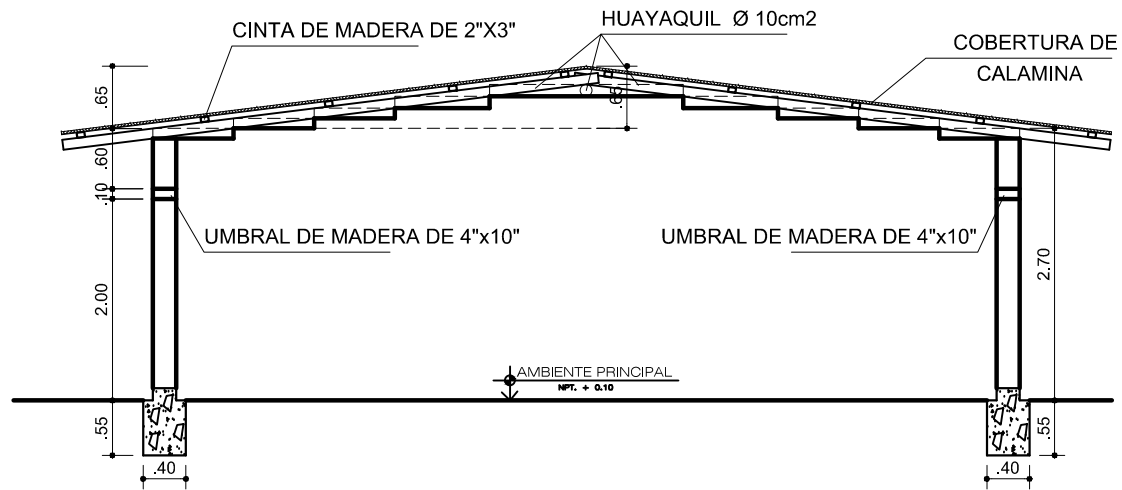
**PLANTA 1ER NIVEL**

Esc. 1/75

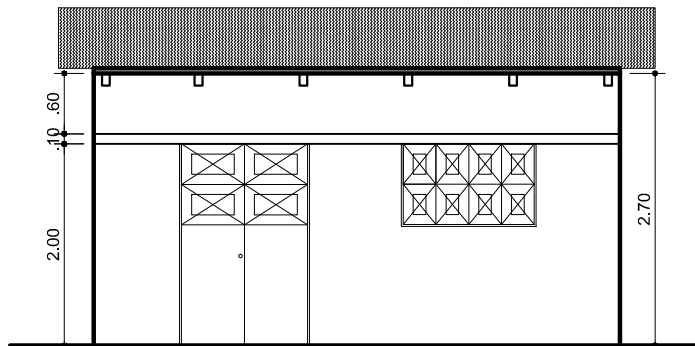
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

TESIS : **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO - JAÉN - 2016**

ESCALA: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE DEL 2016	PLANO: ARQUITECTURA DISTRIBUCION	LAMINA: <b>A-01</b>
SECTOR SAN ISIDRO	PROVINCIA: JAÉN	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	

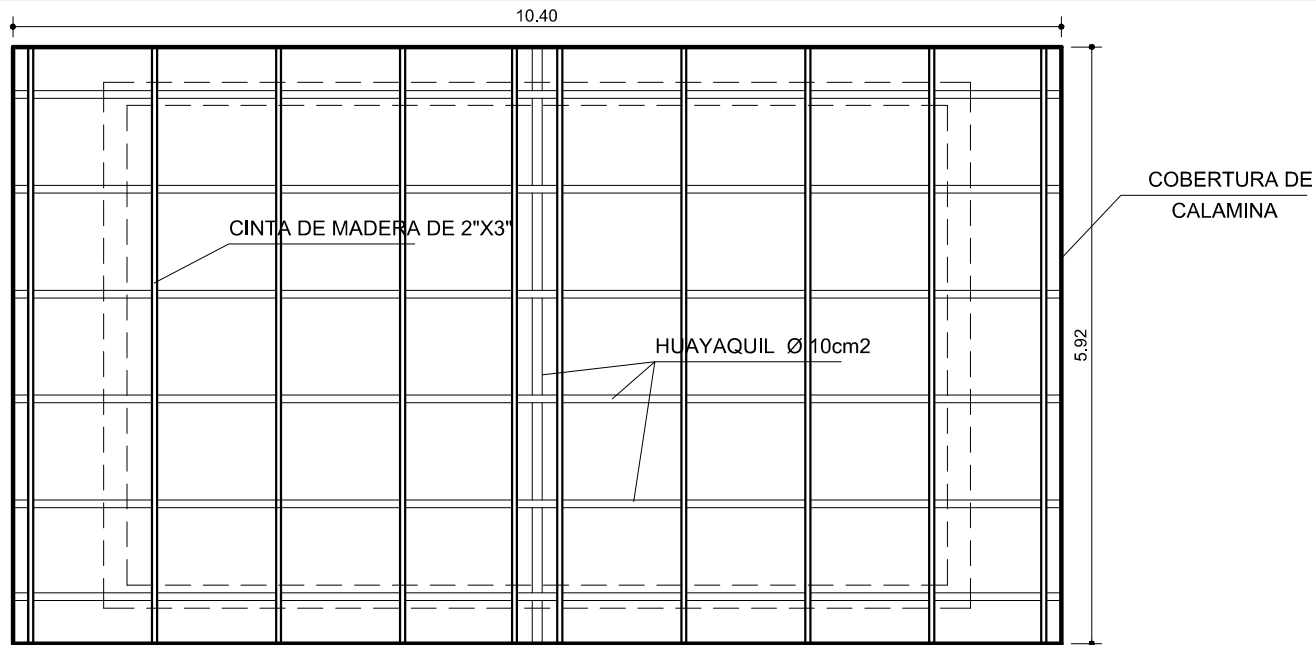


**CORTE A - A**  
Esc. 1/75



**ELEVACION PRINCIPAL**  
Esc. 1/75

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
TESIS: <b>ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO - JAÉN - 2016</b>			
ESCALA: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE DEL 2016	PLANO: ELEVACIONES	LAMINA:
SECTOR SAN ISIDRO	PROVINCIA: JAÉN	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	<b>A-02</b>



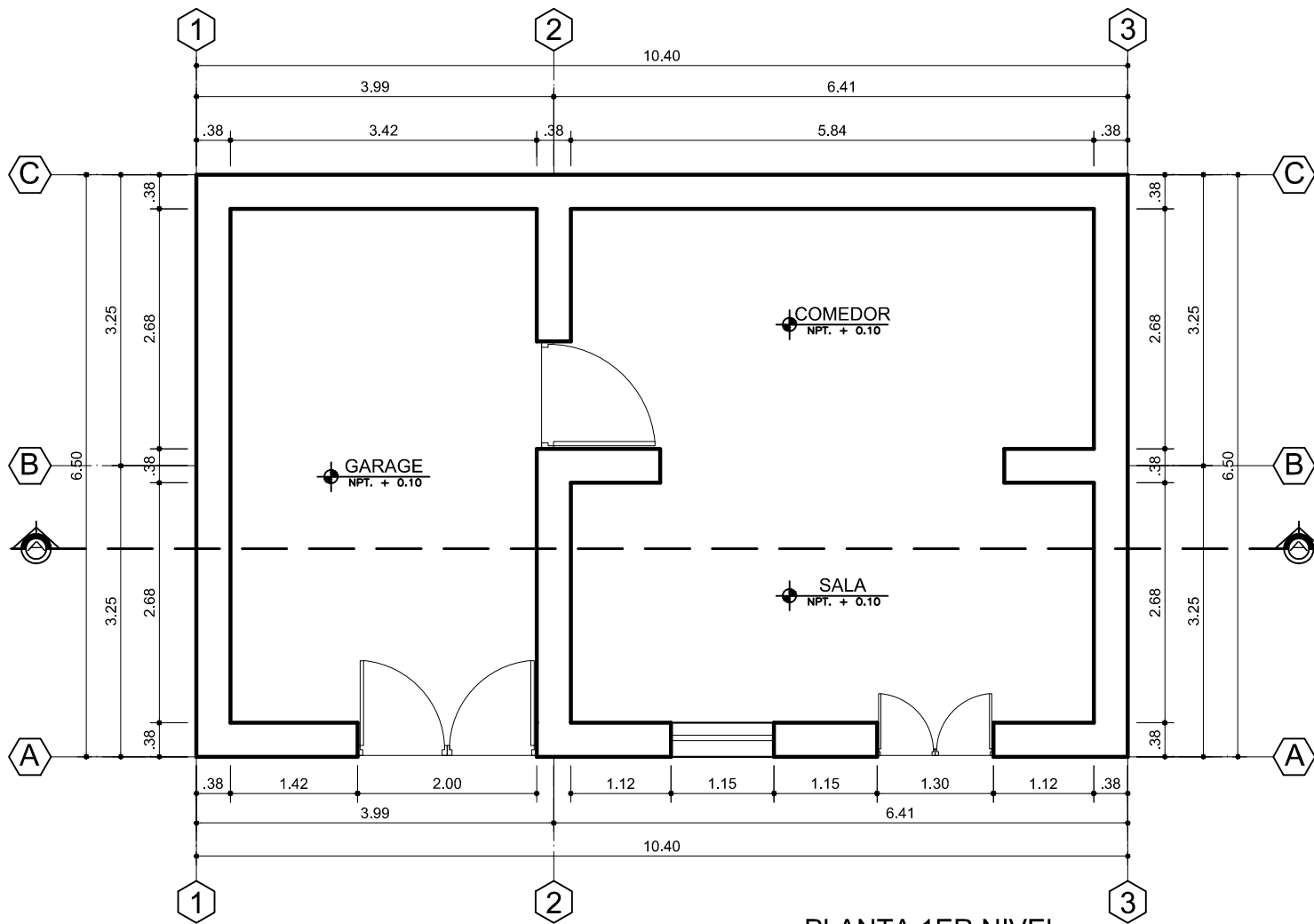
TECHO DE VIVIENDA  
Esc. 1/75

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS : ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO - JAÉN - 2016

ESCALA: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE DEL 2016	PLANO: ARMADURA TECHOS	LAMINA: <b>A-03</b>
SECTOR SAN ISIDRO	PROVINCIA: JAÉN	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	

**PLANOS DE VIVIENDA DE ADOBE DE DOS  
NIVELES**



PLANTA 1ER NIVEL  
Esc. 1/75

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
CAJAMARCA**

TESIS :  
**ANÁLISIS DE LA  
VULNERABILIDAD  
SÍSMICA EN VIVIENDAS  
DE ADOBE DEL SECTOR  
DE SAN ISIDRO - JAÉN -  
2016**

PLANO:  
**AQUITECTURA  
DISTRIBUCION**

ESCALA:  
**INDICADA**

FECHA  
**DICIEMBRE DEL 2016**

UBICACIÓN:  
**SAN ISIDRO, JAÉN**

LAMINA:  
**A-04**

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
CAJAMARCA**

TESIS :  
**ANÁLISIS DE LA  
VULNERABILIDAD  
SÍSMICA EN VIVIENDAS  
DE ADOBE DEL SECTOR  
DE SAN ISIDRO - JAÉN -  
2016**

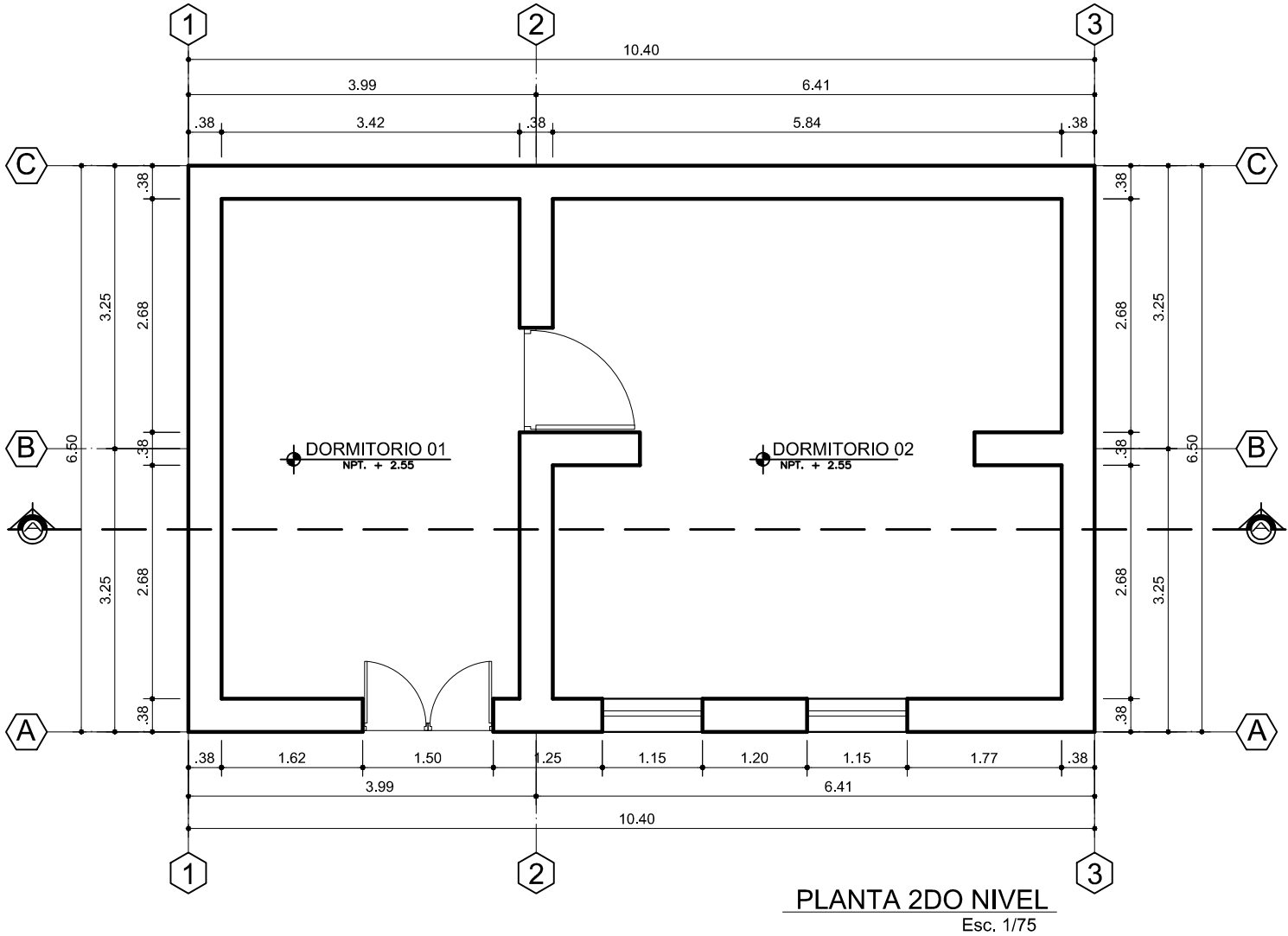
PLANO:  
**AQUITECTURA  
DISTRIBUCION**

ESCALA:  
**INDICADA**

FECHA  
**DICIEMBRE DEL 2016**

UBICACIÓN:  
**SAN ISIDRO, JAÉN**

LAMINA:  
**A-05**







ELEVACIÓN PRINCIPAL  
Esc. 1/75

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
CAJAMARCA**

TESIS :

**ANÁLISIS DE LA  
VULNERABILIDAD  
SÍSMICA EN VIVIENDAS  
DE ADOBE DEL SECTOR  
DE SAN ISIDRO - JAÉN -  
2016**

PLANO:

**ELEVACIÓN PRINCIPAL**

ESCALA:

**INDICADA**

FECHA

**DICIEMBRE DEL 2016**

UBICACIÓN:

**SAN ISIDRO, JAÉN**

LAMINA:

**A-06**

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
CAJAMARCA**

TESIS :

**ANÁLISIS DE LA  
VULNERABILIDAD  
SÍSMICA EN VIVIENDAS  
DE ADOBE DEL SECTOR  
DE SAN ISIDRO - JAÉN -  
2016**

PLANO:

**CORTES Y  
ELEVACIONES**

ESCALA:

**INDICADA**

FECHA

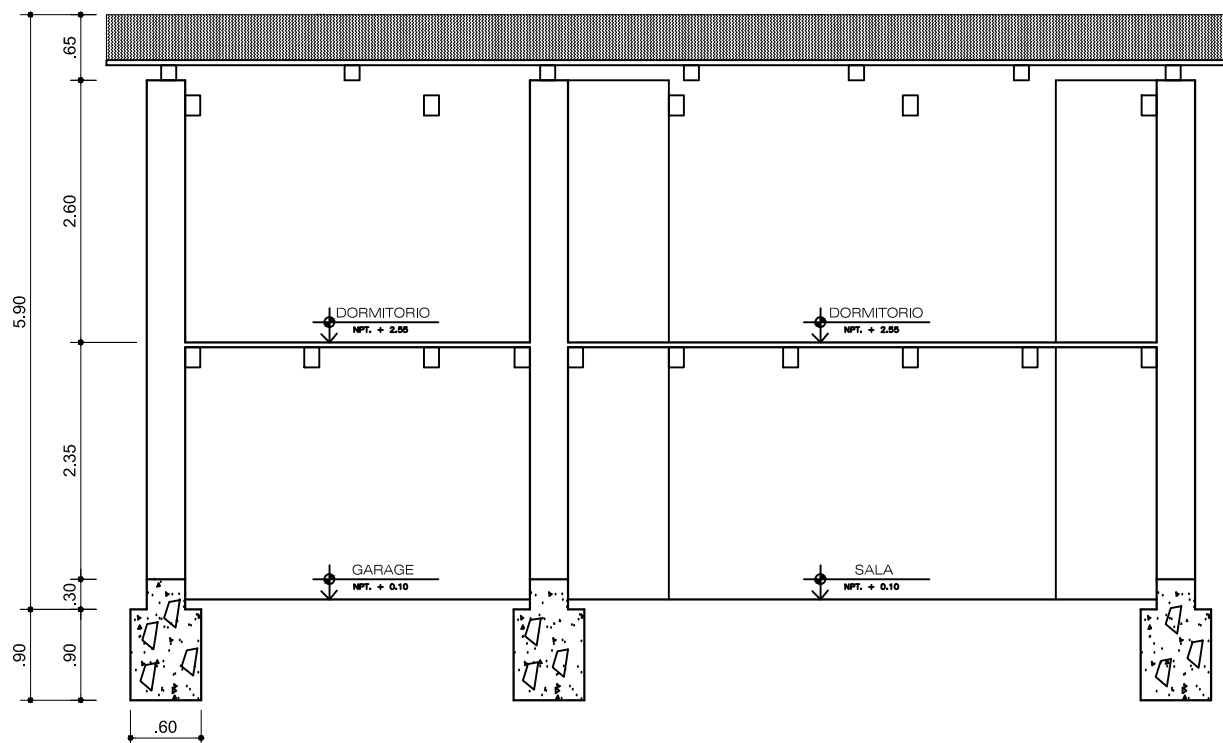
**DICIEMBRE DEL 2016**

UBICACIÓN:

**SAN ISIDRO, JAÉN**

LAMINA:

**A-07**



**CORTE A - A**  
Esc. 1/75

### 3.5.2.8. Principales elementos estructurales

#### 3.5.2.8.1. Muros portantes

Son los muros perimetrales de la vivienda sobre los cuales se apoya el techo. En el sector de San Isidro la principal características de estos muros portantes es la exagerada longitud en el caso del muro lateral, lo cual genera muros libres y sin arriostre intermedio, las dimensiones típicas se describen a continuación:

- Longitud de muro frontal o de fachada: 5.00m – 12.00m
- Longitud de muro lateral o de costado: 6:00m – 10.00m
- Altura del muro : 2.40m – 3.20m
- Espesor del muro : 0.21m – 0.38m

En el caso presentado de las viviendas típicas evaluadas se tiene:

<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Vivienda 1 nivel</b>	<b>Vivienda 2 niveles</b>
Longitud de muro frontal o de fachada	ml	5.22	10.40
Longitud de muro lateral o de costado	ml	8.60	6.50
Altura del muro	ml	2.70	2.50
Espesor del muro	ml	0.23	0.38
Esbeltez		11.74	6.58

Tabla 7. Dimensiones de muros portantes principales

#### 3.5.2.8.2. Cimentación

La inspección de la cimentación se realizó de manera superficial y consultando a un maestro constructor de la zona. La cimentación es la encargada de transmitir el peso de toda la estructura al suelo. En las viviendas del sector de San Isidro este elemento estructural forma parte principal de la estructura de toda la vivienda y está presente en todas las viviendas inspeccionadas.

### 3.5.2.8.3. Elementos de arriostre

Los elementos de arriostre se pueden definir como elementos de amarre entre los muros, los cuales pueden ser:

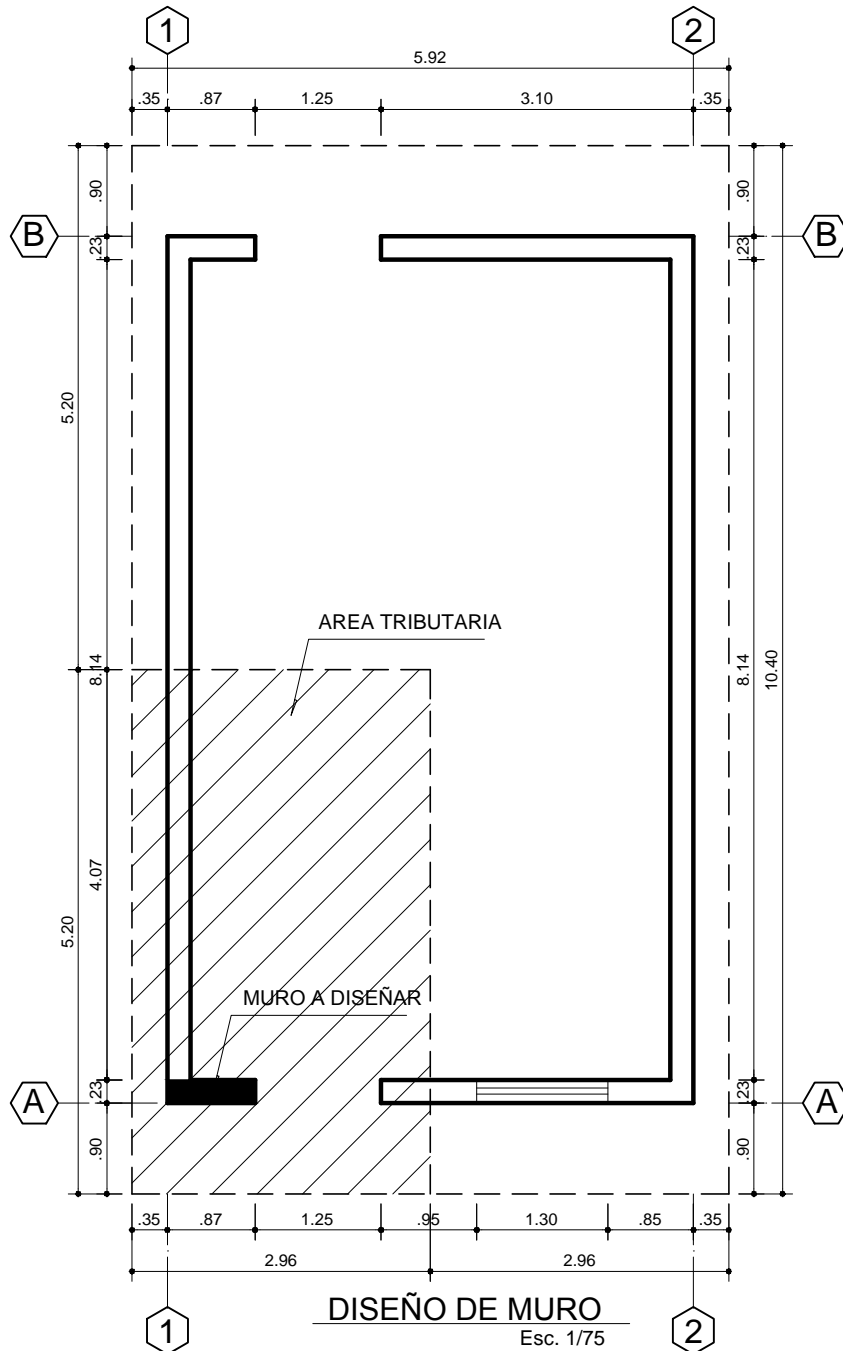
- **La cobertura o techo:** mediante las vigas o huayaquiles apoyados en los muros longitudinales y transversales. Estas vigas actúan como tensores en caso de una sollicitación sísmica. Para el caso de las viviendas típicas evaluadas, si existe.
- **Viga solera:** es un elemento de arriostre ubicada a la altura del dintel en los vanos. Debe estar presente en todo el perímetro de las viviendas sobre los muros portantes. Para el caso de las viviendas típicas presentadas, no existe.
- **Mochetas:** Son muros transversales y está admitido estructuralmente como que una pared es arriostre de otra. Para su diseño hay que considerar que el muro es apoyado o como losa apoyada sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él. (Zelaya, 2007). Para el caso de las viviendas típicas presentadas, si existe.

### 3.5.3. Evaluación Estructural

Se realizará la evaluación estructural de los muros de adobe para dos viviendas con una tipología representativa de la zona, ésta distribución típica ha sido determinada anteriormente y las dimensiones se presentan en el acápite: *3.5.2.7. Configuración geométrica.*

Para el cálculo de las dimensiones de un muro portante se evalúa primero bajo carga vertical donde se tiene en cuenta solo las cargas propias del elemento, el techo y la sobrecarga lo cual nos da el peso total del muro. Este peso es dividido entre el área del muro y se obtiene el esfuerzo actuante que debe ser menor al esfuerzo admisible del muro. Luego se realiza la verificación por cortante, donde se toma en cuenta el esfuerzo de adherencia y el coeficiente de fricción, los cuales dependen del tipo de mortero que se utilice. La verificación por flexión nos brinda el espesor adecuado del muro para sollicitaciones perpendiculares a su plano y finalmente se verifica la longitud del muro cuando trabaje como un elemento de arriostre vertical. A continuación se presenta el desarrollo de la evaluación estructural, donde se podrá comparar si las dimensiones del muro existente cumplen con lo señalado líneas arriba.

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE  
MURO DE ADOBE DE UNA VIVIENDA  
DE UN NIVEL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

TESIS : **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO - JAÉN - 2016**

ESCALA: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE DEL 2016	PLANO: DISEÑO DE MURO	LAMINA: <b>D-01</b>
SECTOR SAN ISIDRO	PROVINCIA: JAÉN	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	

### 3.5.3.1. Capacidad portante: Muro bajo carga vertical

$$f_m = \phi_r \phi_c \phi_e \phi_l f'_m$$

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

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

$\phi_c$  = Coeficiente de reducción por variabilidad de las cargas.

$\phi_e$  = Coeficiente de reducción por excentricidad.

$\phi_l$  = Factor de Esbeltez

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

Valores para el adobe en general

$$\phi_r = 0.81$$

$$\phi_c = 0.69$$

$$\phi_e = 0.77$$

$$f_m = 0.43\phi_l f'_m$$

De la Fig 30 y la tabla 8 obtenemos :  $\phi_l$

ADOBE	MORTERO	$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Común	Barro	1,200	8
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	4,760	19
	Suelo - Asfalto	3,000	15

Tabla 8. Valores de módulo de elasticidad y resistencia a la compresión para muros de adobe. ( Vargas, citado por Centurion y Barba, 1986)

**Para adobe común y mortero de barro se tiene:**

$$\alpha = \frac{E}{f'_m} = \frac{1200}{8} = 150$$

**Relación de Esbeltez :**  $Kh/t = 8.70$

Coef. K : Columna biarticulada equivalente  $K= 1.00$

Altura de muro a diseñar ( hasta viga solera)  $h= 2.00$

Espesor de muro a diseñar  $t= 0.23$

**De la figura 30 se tiene :**  $\phi_l = 0.84$

**Esfuerzo admisible del muro:**  $f_m = 0.43\phi_l f'_m = 2.89 \text{ kg/cm}^2$

## METRADO DE CARGAS

### Carga de Techo

pp=	20 kg/m <sup>2</sup>	Techo de Calamina con cintas y tallos de huayaquil
s/c=	10 kg/m <sup>2</sup>	Cobertura Liviana
Wt=	30 kg/m <sup>2</sup>	

**Pt = Peso del techo =** 461.76 kg

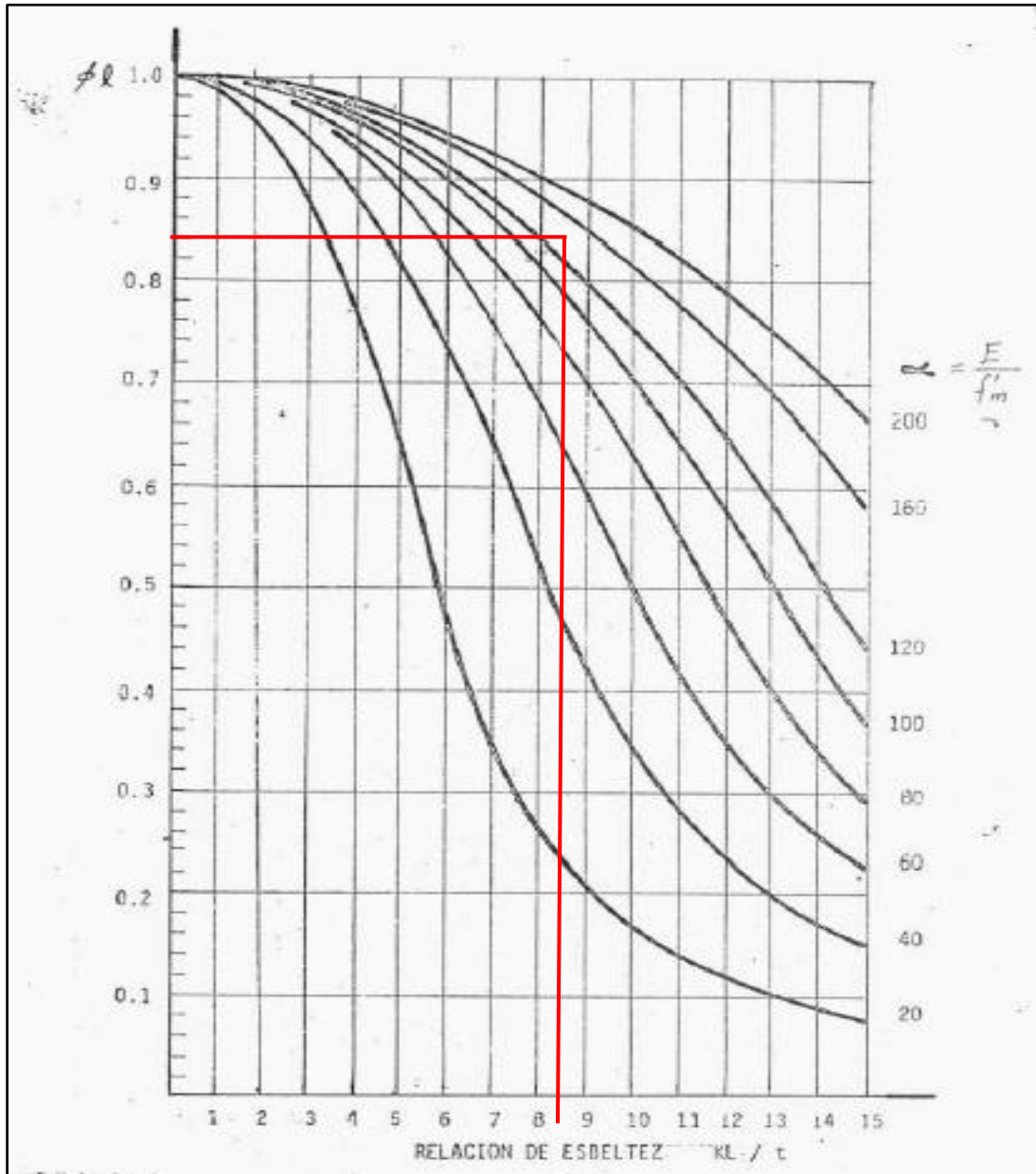


Figura 30. Curvas para la determinación de esfuerzos admisibles en muros portantes (Zelaya, 2007)



$$P_m = \text{Peso total del muro} = \gamma_m \cdot l \cdot h \cdot e = 918.46 \text{ kg}$$

$$\gamma_m = 1,700.00 \text{ kg/m}^3 \text{ para adobe simple}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{techo}} + P_{\text{muro}}$$

$$P_{\text{total}} = 1,380.22 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Unitaria } \sigma = \frac{P_{\text{total}}}{\text{Area}} = 0.69 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo actuante      Esfuerzo admisible del muro

$$\sigma = 0.69 \text{ kg/cm}^2 < f_m = 2.89 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.5.3.2. Verificación por cortante

Cargas horizontales coplanares. Los muros paralelos al sismo trabajan al corte. El esfuerzo cortante actuante en un muro está dado por la expresión:

$$V_{act} = \frac{V}{L.t.} = \frac{H}{b.d}$$

Donde:

$V_{act}$  = Esfuerzo cortante actuante

$V$  ó  $H$  = Carga Horizontal

$L$  ó  $b$  = Longitud del muro

$t$  ó  $d$  = Espesor del muro

$$H = C_m \times P$$

$C_m$  = Coeficiente sismico

$$C_m = \frac{Z \times U \times S \times C}{R_d} \rightarrow C_m = 0.28$$

$Z = 1.00$       Factor de Zona : Zona 1

$U = 1.00$       Factor de Uso : Categoria C

$S = 1.40$       Factor del Suelo : Suelo III

$0.16 \leq C \leq 0.40$        $C = 0.30$

$R_d = 1.50$       Factor de Ductibilidad : Tipo E6

$p_p = 20 \text{ kg/m}^2$       Techo de Calamina con cintas y tallos de huayaquil

$s/c = 2.5 \text{ kg/m}^2$       Para sismo se toma el 25% de la sobrecarga

$W_{unit} = 22.5 \text{ kg/m}^2$

P techo total = 346.32 kg

Peso del muro = Peso del muro eje x + peso del muro eje y

Peso del muro eje X = 918.46 kg

Peso del muro eje y = 4,296.70 kg

Peso del muro = 5,215.16 kg

P = P techo total + Peso del muro = 5,561.48 kg

H = Cm x P = 1,557.21 kg

$$V_{act} = \frac{H}{b \cdot d} = 0.78 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo cortante admisible está dada por:

$$V_{adm} = 0.45(\mu + f\sigma)$$

Vadm= Esfuerzo admisible

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia

$f$  = Coeficiente de fricción

$\sigma$  = Compresión unitaria normal al plano de corte.

Según Centurion y Barba, 1986, para Adobe simple asentado con mortero de barro con paja tenemos:

$$\mu = 0.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = 0.83$$

$$\sigma = 0.69 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Calculado anteriormente como esfuerzo actuante})$$

$$V_{adm} = 0.44 \text{ kg/cm}^2$$

Esf. Cortante Actuante    Esf. Cortante admisible

$$V_{act} = 0.78 \text{ kg/cm}^2 \leq V_{adm} = 0.44 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.5.3.3. Verificación por flexión

El espesor del muro sujeto a cargas perpendiculares a su plano está dado por la expresión:

$$t = \frac{6 \beta C_m \gamma_m x a^2}{f a}$$

t= Espesor del muro

$\beta$ = Coeficiente (Figura 31)

$C_m$  = Coeficiente sísmico de diseño = 0.28

$\gamma_m$  = Peso específico del muro = 1700 Kg/m<sup>3</sup>

a = Dimensión crítica

f a = Esfuerzo admisible en flexión = 0.30 kg/cm<sup>2</sup> Tabla N° 9

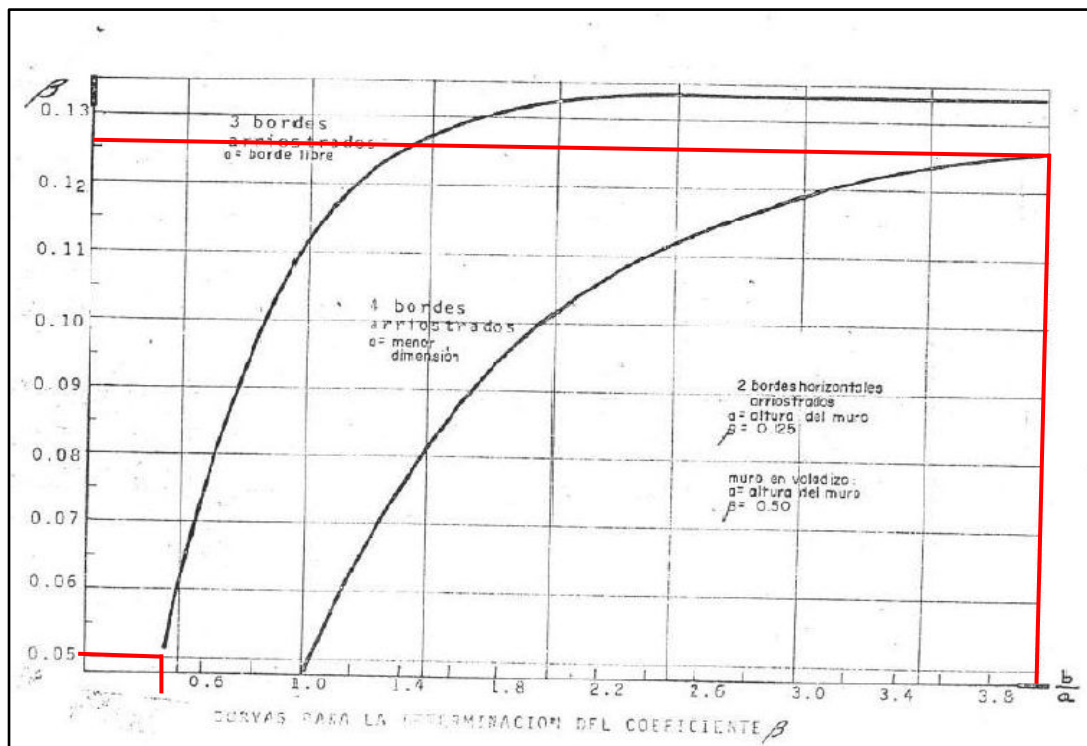
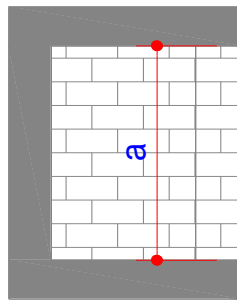


Figura 31. Curvas para la determinación del coeficiente  $\beta$  (Zelaya, 2007)

ADOBE	MORTERO	f a (kg/cm <sup>2</sup> )
Común	Barro	0.30
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	0.60
	Suelo - Asfalto	0.40

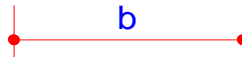
Tabla 9. Valores de esfuerzo admisible en flexión ( Zelaya, 2007)

1°.- Muro con 3 bordes arriostrados



a= borde libre = 2.00 m

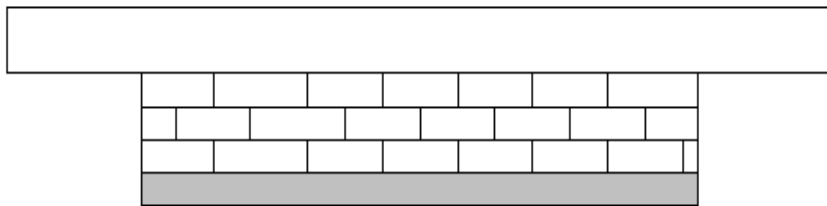
b= la otra dimension = 0.87 m



$$b/a = 0.44 \longrightarrow \beta = 0.05$$

$$t_{necesario} = 19.04 \text{ cm} \leq e = 23 \text{ cm}$$

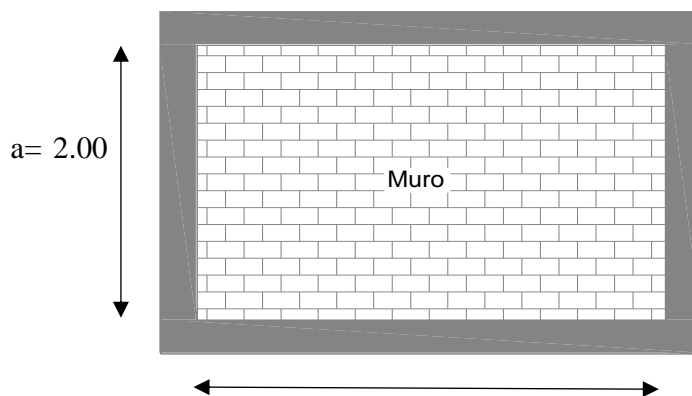
2°.- Muro con 2 bordes arriostrados



$$\begin{aligned} a &= 0.90 \\ \beta &= 0.13 \end{aligned}$$

$$t_{necesario} = 19 \text{ cm} \leq e = 23 \text{ cm}$$

3°.- Muro con 4 bordes arriostrados



a= 2.00

b= 8.14

a= menor longitud

b= otra dimension

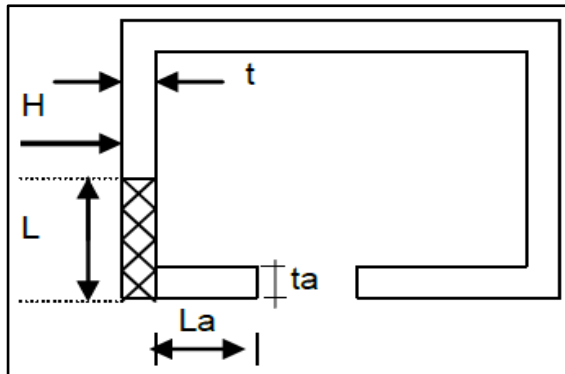
$$b/a = 4.07 \longrightarrow \beta = 0.13$$

$$t_{necesario} = 48 \text{ cm} \leq e = 23 \text{ cm}$$

### 3.5.3.4. Elementos de arriostre

Para el diseño de los muros de arriostre se debe considerar lo siguiente:

#### 3.5.3.4.1. Verificación por volteo



$L_a$  = Longitud muro de arriostre = 0.64

$L$  = Longitud muro arriostrado = 4.3

$t$  = 0.23

$t_a$  = 0.23

Figura 32. Longitud de Muro de Arriostre

Cálculo de coeficiente K

$$K = \frac{1.1 C_m h}{\alpha L}$$

En donde:

$C_m$  = Coeficiente sísmico de diseño

$h$  = Altura total del muro

$L$  = Longitud del muro arriostrado (ver fig 32)

$\alpha = 1$  Factor que depende del material (ver tabla 10)

ADOBE	MORTERO	$\alpha$
Común	Barro	1
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	2

Tabla 10. Valores de coeficiente  $\alpha$  según material ( Zelaya, 2007)

$$K = \frac{1.1 C_m h}{\alpha L} = 0.19$$

$$K_2 = \frac{t_a}{t} = 1.00$$

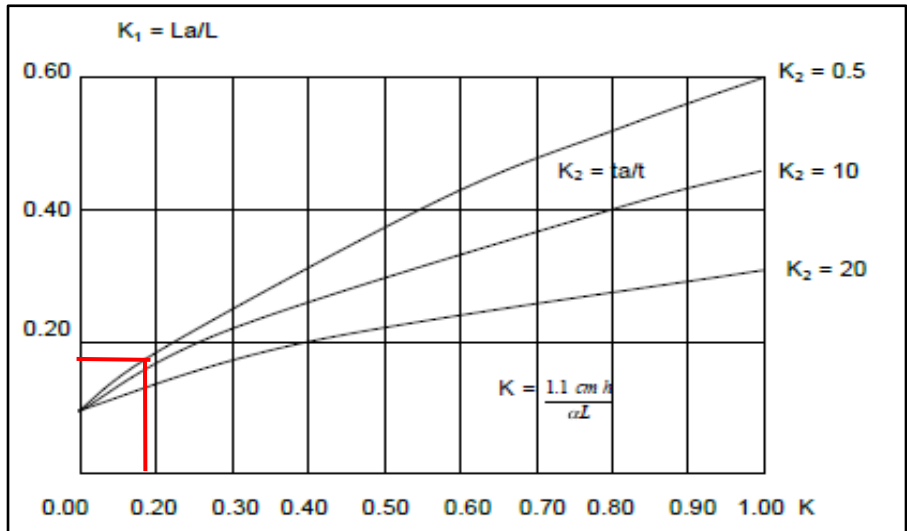


Figura N°33. Verificación por volteo de Muro de Arriostre ( Zelaya, 2007)

De la figura 33 obetnemos K1 y despejamos La:

$$K_1 = \frac{La}{L} = 0.18 \quad \longrightarrow \quad La = 0.77 \text{ m}$$

"La" es la longitud minima del muro de arriostre que se necesita de acuerdo al cálculo

### 3.5.3.4.2. Verificación por esfuerzo cortante

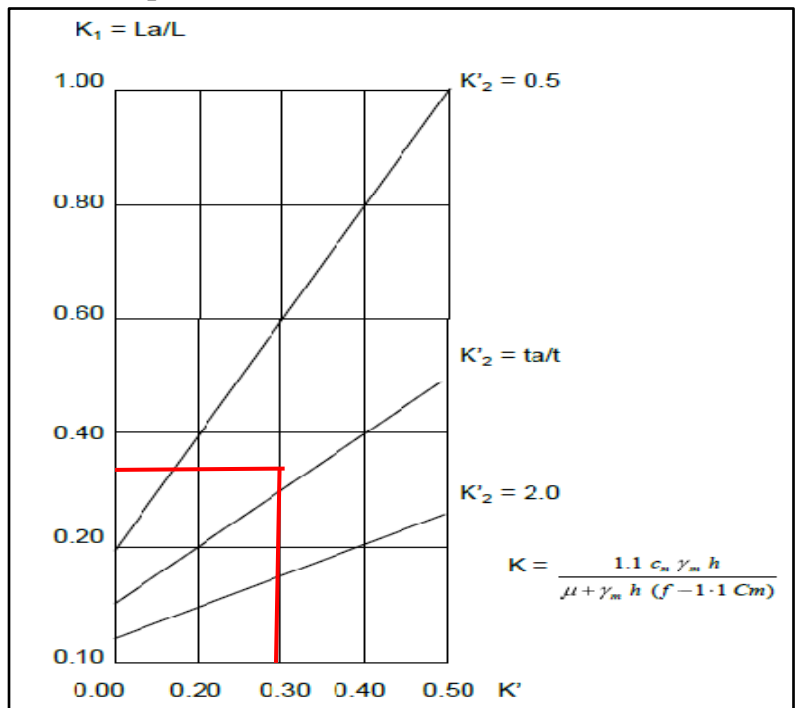


Figura 34. Verificación por corte de Muro de arriostre ( Zelaya, 2007)

Cálculo del coeficiente K'

$$K' = \frac{1.1 C_m \gamma_m h}{\mu + \gamma_m h (f - 1.1 C_m)}$$

$C_m$  = Coeficiente de diseño sísmico = 0.28

$\gamma_m$  = Peso específico del muro = 1700 kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia = 0.40 kg/cm<sup>2</sup>

f = Coeficiente de fricción = 0.829

h = (hb + hs)/2 = 1.3 m

hb = altura bajo la viga collar

hs = altura sobre la viga collar o altura equivalente a sobrecarga.

$$K' = \frac{1.1 C_m \gamma_m h}{\mu + \gamma_m h (f - 1.1 C_m)} = 0.30$$

$$K'_2 = \frac{ta}{t} = 1.00$$

De la figura 34 obetnemos K1 y despejamos La:

$$K_1 = \frac{La}{L} = 0.35 \quad \longrightarrow \quad La = 1.51 \text{ m}$$

"La" es la longitud minima del muro de arrisotre que se necesita de acuerdo al cálculo

### En Resumen :

Verificación por volteo 0.77m

Verificación por esfuerzo cortante 1.51m

Elegimos el mayor "La" calculado = 1.51 m

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE  
MURO 01 DE VIVIENDA DE DOS  
NIVELES**





### 3.5.3.1. Capacidad portante: Muro bajo carga vertical

$$f_m = \phi_r \phi_c \phi_e \phi_l f'_m$$

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

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

$\phi_c$  = Coeficiente de reducción por variabilidad de las cargas.

$\phi_e$  = Coeficiente de reducción por excentricidad.

$\phi_l$  = Factor de Esbeltez

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

Valores para el adobe en general

$$\phi_r = 0.81$$

$$\phi_c = 0.69$$

$$\phi_e = 0.77$$

$$f_m = 0.43\phi_l f'_m$$

De la Fig 32 y la tabla 8 obtenemos :  $\phi_l$

ADOBE	MORTERO	$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Común	Barro	1,200	8
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	4,760	19
	Suelo - Asfalto	3,000	15

Tabla 8. Valores de módulo de elasticidad y resistencia a la compresión para muros de adobe. ( Vargas, citado por Centurion y Barba, 1986)

**Para adobe común y mortero de barro se tiene:**

$$\alpha = \frac{E}{f'_m} = \frac{1200}{8} = 150$$

**Relación de Esbeltez :**  $Kh/t = 5.66$

Coef. K : Columna biarticulada equivalente  $K= 1.00$

Altura de muro a diseñar ( hasta viga solera)  $h= 2.15$

Espesor de muro a diseñar  $t= 0.38$

**De la figura 30 se tiene :**  $\phi_l = 0.87$

**Esfuerzo admisible del muro:**  $f_m = 0.43\phi_l f'_m = 2.98 \text{ kg/cm}^2$

## METRADO DE CARGAS

### Carga de techo 1er nivel

pp=	85	kg/m <sup>2</sup>
Wv=	200	kg/m <sup>2</sup>
Wt1=	285	kg/m <sup>2</sup>

Techo de tablas con cintas y vigas de madera  
 Vivienda      Tabla 1. Cargas vivas: E.020 - RNE

### Carga de techo 2do nivel

pp=	57	kg/m <sup>2</sup>
s/c=	10	kg/m <sup>2</sup>
Wt2=	66.79	kg/m <sup>2</sup>

Techo de Calamina con cintas y vigas de madera  
 Cobertura Liviana

$$Pt = (Wt1 + Wt2) * Area = 5,328.74 \text{ kg}$$

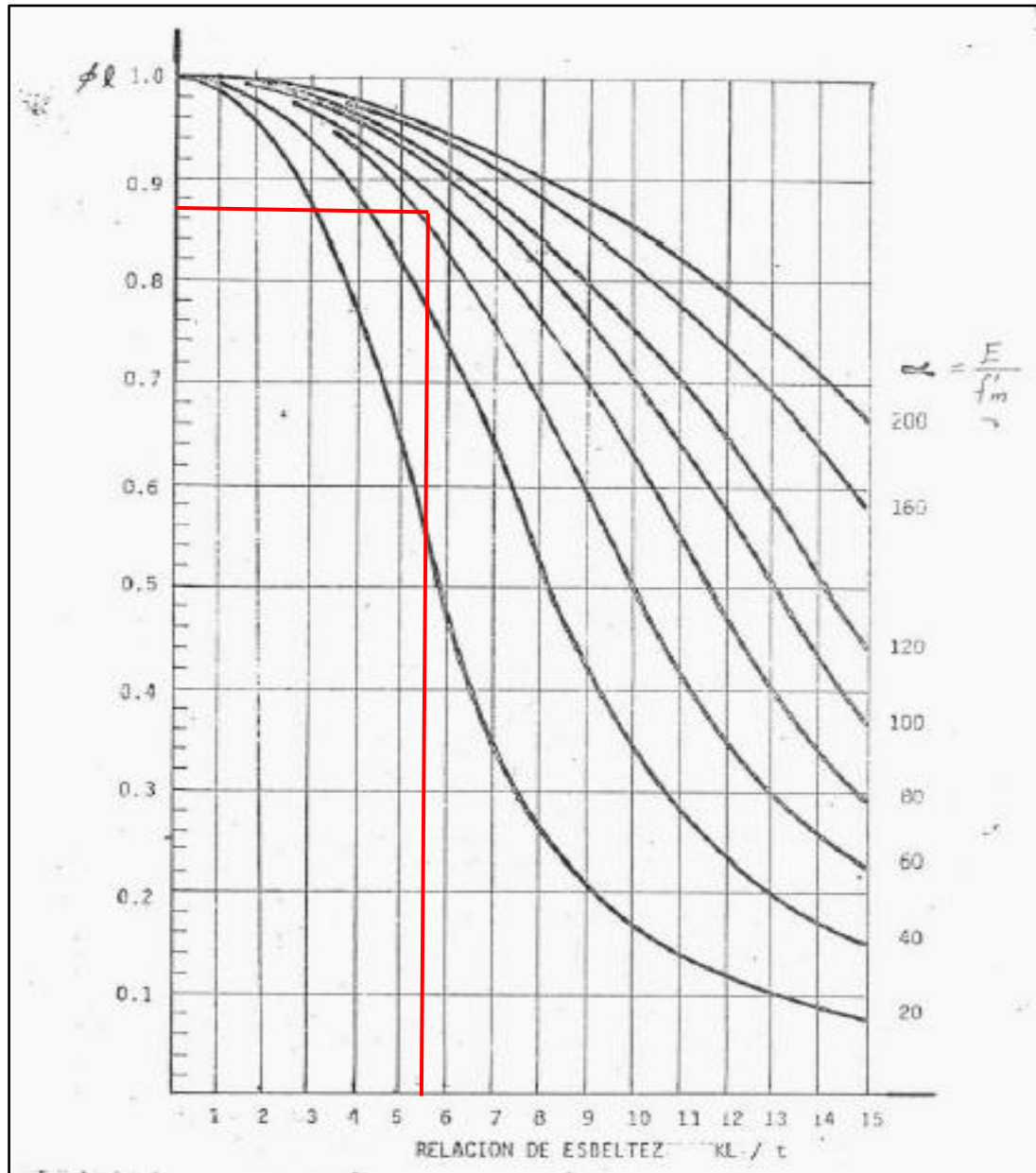


Figura 30. Curvas para la determinación de esfuerzos admisibles (Zelaya, 2007)

$$P_m = \text{Peso total del muro} = \gamma_m \cdot l \cdot h \cdot e = 4,457.40 \text{ kg}$$

$$\gamma_m = 1,700.00 \text{ kg/m}^3 \text{ para adobe simple}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{techo}} + P_{\text{muro}}$$

$$P_{\text{total}} = 9,786.14 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Unitaria } \sigma = \frac{P_{\text{total}}}{\text{Area}} = 1.72 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo actuante < Esfuerzo admisible del muro

$$\sigma = 1.72 \text{ kg/cm}^2 < f_m = 2.98 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.5.3.2. Verificación por cortante

Cargas horizontales coplanares. Los muros paralelos al sismo trabajan al corte. El esfuerzo cortante actuante en un muro está dado por la expresión:

$$V_{act} = \frac{V}{L \cdot t} = \frac{H}{b \cdot d}$$

Donde:

$V_{act}$  = Esfuerzo cortante actuante

V ó H = Carga Horizontal

L ó b = Longitud del muro

t ó d = Espesor del muro

$$H = C_m \times P$$

$C_m$  = Coeficiente sismico

$$C_m = \frac{Z \times U \times S \times C}{R_d} \rightarrow C_m = 0.28$$

Z= 1.00 Factor de Zona : Zona 1

U= 1.00 Factor de Uso : Categoria C

S= 1.40 Factor del Suelo : Suelo III

0.16 <=C<= 0.40 C= 0.30

Rd= 1.50 Factor de Ductibilidad : Tipo E6

### Carga de techo 1er nivel

pp=	85	kg/m <sup>2</sup>	Techo de tablas con cintas y vigas de madera Vivienda
Wv=	200	kg/m <sup>2</sup>	
Wunit=	285	kg/m <sup>2</sup>	

### Carga de techo 2do nivel

pp=	57	kg/m <sup>2</sup>	Techo de tablas con cintas y vigas de madera
s/c=	2.5	kg/m <sup>2</sup>	Para sismo se toma el 25% de la sobrecarga
Wunit=	59.29	kg/m <sup>2</sup>	Pt = (Wt 1 + Wt2)*Area = 344.29 kg

P techo total = 5215.13 kg

Peso del muro = Peso del muro eje x + peso del muro eje y

Peso del muro eje X = 4,457.40 kg

Peso del muro eje y = 4,264.25 kg

Peso del muro = 8,721.65 kg

P = P techo total + Peso del muro = 13936.78 kg

H = Cm x P = 3902.30 kg

$$V_{act} = \frac{H}{b \cdot d} = 0.68 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo cortante admisible está dada por:

$$V_{adm} = 0.45(\mu + f x \sigma)$$

Vadm= Esfuerzo admisible

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia

$f$  = Coeficiente de fricción

$\sigma$  = Comprensión unitaria normal al plano de corte.

Según Centurion y Barba, 1986, para Adobe simple asentado con mortero de barro con paja tenemos:

$$\mu = 0.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = 0.83$$

$$\sigma = 1.72 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Calculado anteriormente como esfuerzo actuante})$$

$$V_{adm} = 1.00 \text{ kg/cm}^2$$

Esf. Cortante Actuante    Esf. Cortante admisible

$$V_{act} = 0.68 \text{ kg/cm}^2 \leq V_{adm} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.5.3.3. Verificación por flexión

El espesor del muro sujeto a cargas perpendiculares a su plano está dado por la expresión:

$$t = \frac{6 \beta C_m \gamma_m x a^2}{f a}$$

t= Espesor del muro

$\beta$ = Coeficiente (Figura 31)

$C_m$  = Coeficiente sísmico de diseño = 0.28

$\gamma_m$  = Peso específico del muro = 1700 Kg/m<sup>3</sup>

a = Dimensión crítica

f a = Esfuerzo admisible en flexión = 0.30 kg/cm<sup>2</sup> Tabla N° 9

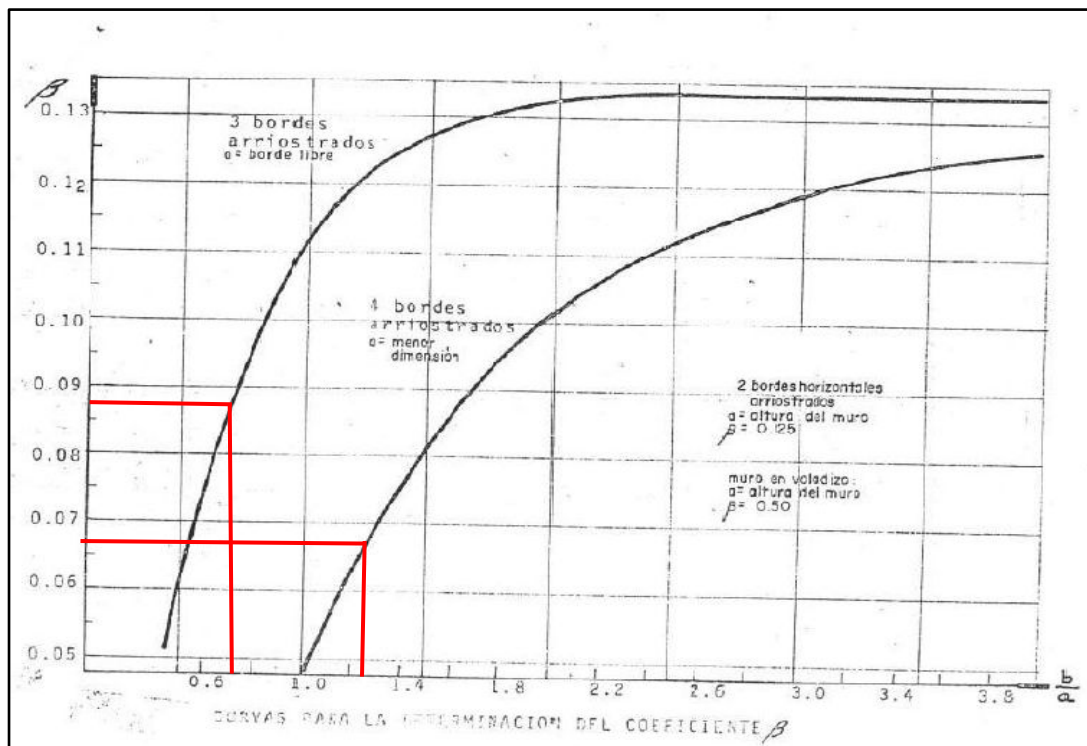
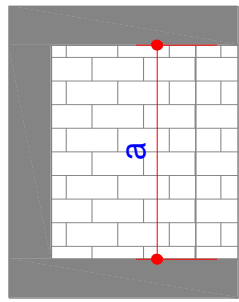


Figura 31. Curvas para la determinación del coeficiente  $\beta$  (Zelaya, 2007)

ADOBE	MORTERO	f a (kg/cm <sup>2</sup> )
Común	Barro	0.30
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	0.60
	Suelo - Asfalto	0.40

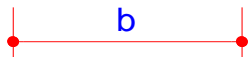
Tabla 9. Valores de esfuerzo admisible en flexión ( Zelaya, 2007)

1°.- Muro con 3 bordes arriostrados



a= borde libre = 2.00 m

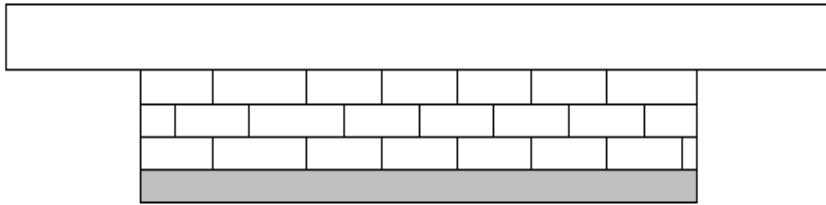
b= la otra dimension = 1.5 m



$$b/a = 0.75 \longrightarrow \beta = 0.088$$

$$t_{necesario} = 33.51 \text{ cm} \leq e = 38 \text{ cm}$$

2°.- Muro con 2 bordes arriostrados

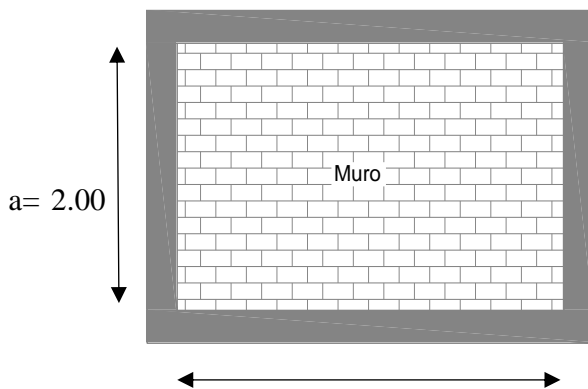


a = 1.10

$\beta = 0.13$

$$t_{necesario} = 29 \text{ cm} \leq e = 38 \text{ cm}$$

3°.- Muro con 4 bordes arriostrados



a = 2.00

b = 2.68

a = menor longitud

b = otra dimension

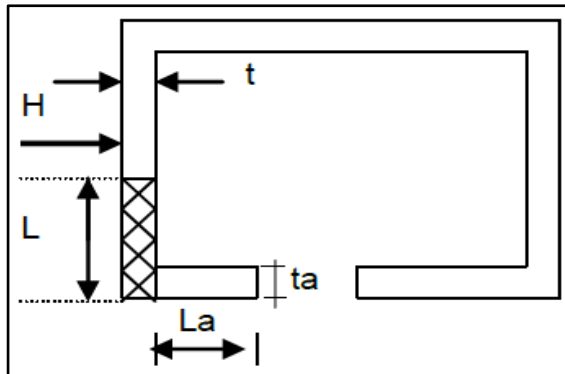
$$b/a = 1.34 \longrightarrow \beta = 0.07$$

$$t_{necesario} = 26 \text{ cm} \leq e = 38 \text{ cm}$$

### 3.5.3.4. Elementos de arriostre

Para el diseño de los muros de arriostre se debe considerar lo siguiente:

#### 3.5.3.4.1. Verificación por volteo



$L_a$  = Longitud muro de arriostre = 1.12  
 $L$  = Longitud muro arriostrado = 1.815  
 $t$  = 0.38  
 $t_a$  = 0.38

Figura 32. Longitud de Muro de Arriostre

Cálculo de coeficiente K

$$K = \frac{1.1 C_m h}{\alpha L}$$

En donde:

$C_m$  = Coeficiente sísmico de diseño

$h$  = Altura total del muro

$L$  = Longitud del muro arriostrado (ver fig 32)

$\alpha = 1$  Factor que depende del material (ver tabla 10)

ADOBE	MORTERO	$\alpha$
Común	Barro	1
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	2

Tabla 10. Valores de coeficiente  $\alpha$  según material ( Zelaya, 2007)

$$K = \frac{1.1 C_m h}{\alpha L} = 0.78$$

$$K_2 = \frac{t_a}{t} = 1.00$$



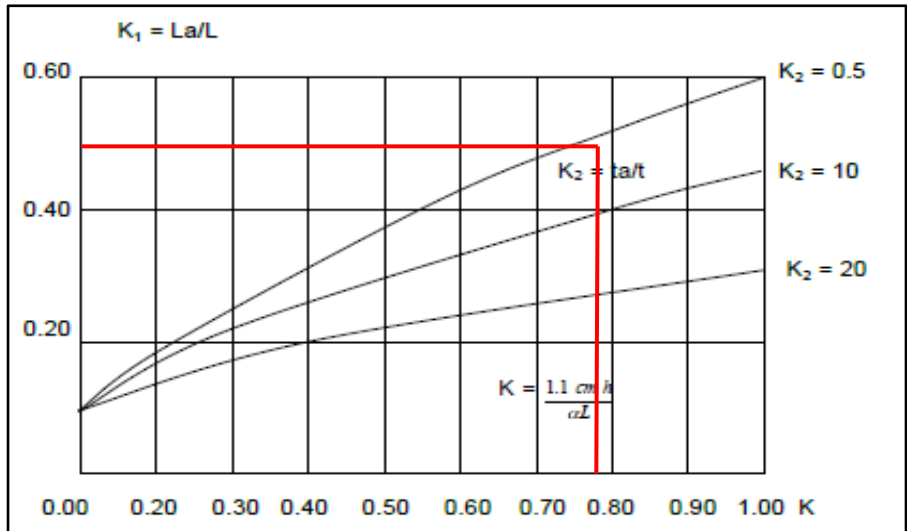


Figura N°33. Verificación por volteo de Muro de Arriostre ( Zelaya, 2007)

De la figura 33 obtenemos  $K_1$  y despejamos  $La$ :

$$K_1 = \frac{La}{L} = 0.5 \quad \longrightarrow \quad La = 0.91 \text{ m}$$

" $La$ " es la longitud mínima del muro de arriostre que se necesita de acuerdo al cálculo

### 3.5.3.4.2. Verificación por esfuerzo cortante

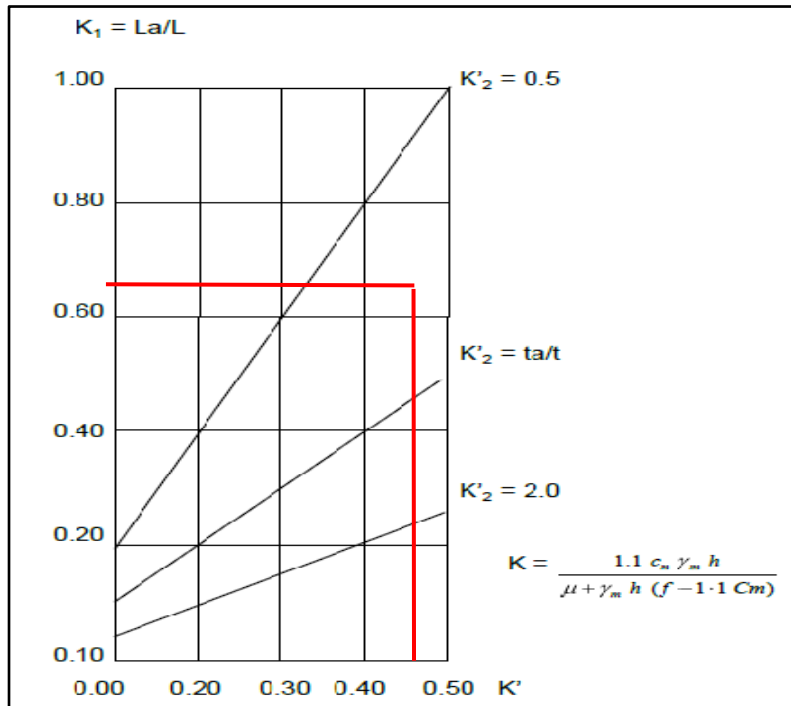


Figura 34. Verificación por corte de Muro de arriostre ( Zelaya, 2007)

Cálculo del coeficiente K'

$$K' = \frac{1.1 C_m \gamma_m h}{\mu + \gamma_m h (f - 1.1 C_m)}$$

$C_m$  = Coeficiente de diseño sísmico = 0.28

$\gamma_m$  = Peso específico del muro = 1700 kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia = 0.40 kg/cm<sup>2</sup>

f = Coeficiente de fricción = 0.829

h = (hb + hs)/2 = 2.225 m

hb = altura bajo la viga collar

hs = altura sobre la viga collar o altura equivalente a sobrecarga.

$$K' = \frac{1.1 C_m \gamma_m h}{\mu + \gamma_m h (f - 1.1 C_m)} = 0.47$$

$$K'_2 = \frac{ta}{t} = 1.00$$

De la figura 34 obetnemos K1 y despejamos La:

$$K_1 = \frac{La}{L} = 0.64 \quad \longrightarrow \quad La = 1.16 \text{ m}$$

"La" es la longitud minima del muro de arrisotre que se necesita de acuerdo al cálculo

### En Resumen :

Verificación por volteo 0.91m

Verificación por esfuerzo cortante 1.16m

Elegimos el mayor "La" calculado = 1.16 m

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE  
MURO 02 DE VIVIENDA DE DOS  
NIVELES**

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
CAJAMARCA**

TESIS :  
**ANÁLISIS DE LA  
VULNERABILIDAD  
SÍSMICA EN VIVIENDAS  
DE ADOBE DEL SECTOR  
DE SAN ISIDRO - JAÉN -  
2016**

PLANO:  
**DISEÑO DE MURO 2**

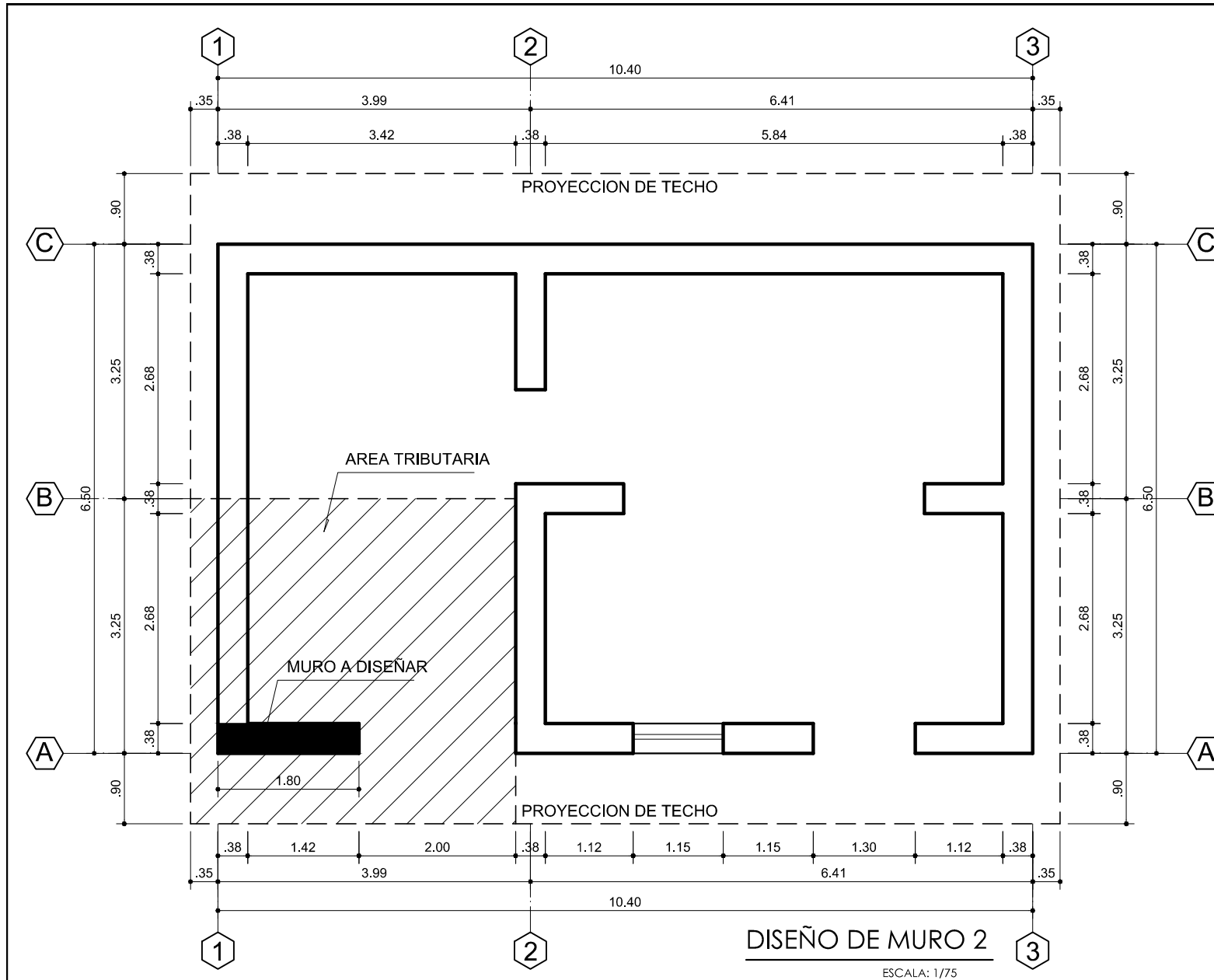
ESCALA:  
**INDICADA**

FECHA  
**DICIEMBRE DEL 2016**

UBICACIÓN:  
**SAN ISIDRO, JAÉN**

LAMINA:

**D-03**



**DISEÑO DE MURO 2**

ESCALA: 1/75

### 3.5.3.1. Capacidad portante: Muro bajo carga vertical

$$f_m = \phi_r \phi_c \phi_e \phi_l f'_m$$

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

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

$\phi_c$  = Coeficiente de reducción por variabilidad de las cargas.

$\phi_e$  = Coeficiente de reducción por excentricidad.

$\phi_l$  = Factor de Esbeltez

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

Valores para el adobe en general

$$\phi_r = 0.81$$

$$\phi_c = 0.69$$

$$\phi_e = 0.77$$

$$f_m = 0.43\phi_l f'_m$$

De la Fig 30 y la tabla 8 obtenemos :  $\phi_l$

ADOBE	MORTERO	$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Común	Barro	1,200	8
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	4,760	19
	Suelo - Asfalto	3,000	15

Tabla 8. Valores de módulo de elasticidad y resistencia a la compresión para muros de adobe. ( Vargas, citado por Centurion y Barba, 1986)

**Para adobe común y mortero de barro se tiene:**

$$\alpha = \frac{E}{f'_m} = \frac{1200}{8} = 150$$

**Relación de Esbeltez :**  $Kh/t = 5.66$

Coef. K : Columna biarticulada equivalente  $K= 1.00$

Altura de muro a diseñar ( hasta viga solera)  $h= 2.15$

Espesor de muro a diseñar  $t= 0.38$

**De la figura 30 se tiene :**  $\phi_l = 0.87$

**Esfuerzo admisible del muro:**  $f_m = 0.43\phi_l f'_m = 2.98 \text{ kg/cm}^2$

## METRADO DE CARGAS

### Carga de techo 1er nivel

pp=	85	kg/m <sup>2</sup>	Techo de tablas con cintas y vigas de madera Vivienda      Tabla 1. Cargas vivas: E.020 - RNE
Wv=	200	kg/m <sup>2</sup>	
Wt=	285	kg/m <sup>2</sup>	

### Carga de techo 2do nivel

pp=	57	kg/m <sup>2</sup>	Techo de Calamina con cintas y vigas de madera Cobertura Liviana
s/c=	10	kg/m <sup>2</sup>	
Wt=	66.79	kg/m <sup>2</sup>	

**Pt = Peso del techo = 6,058.70 kg**

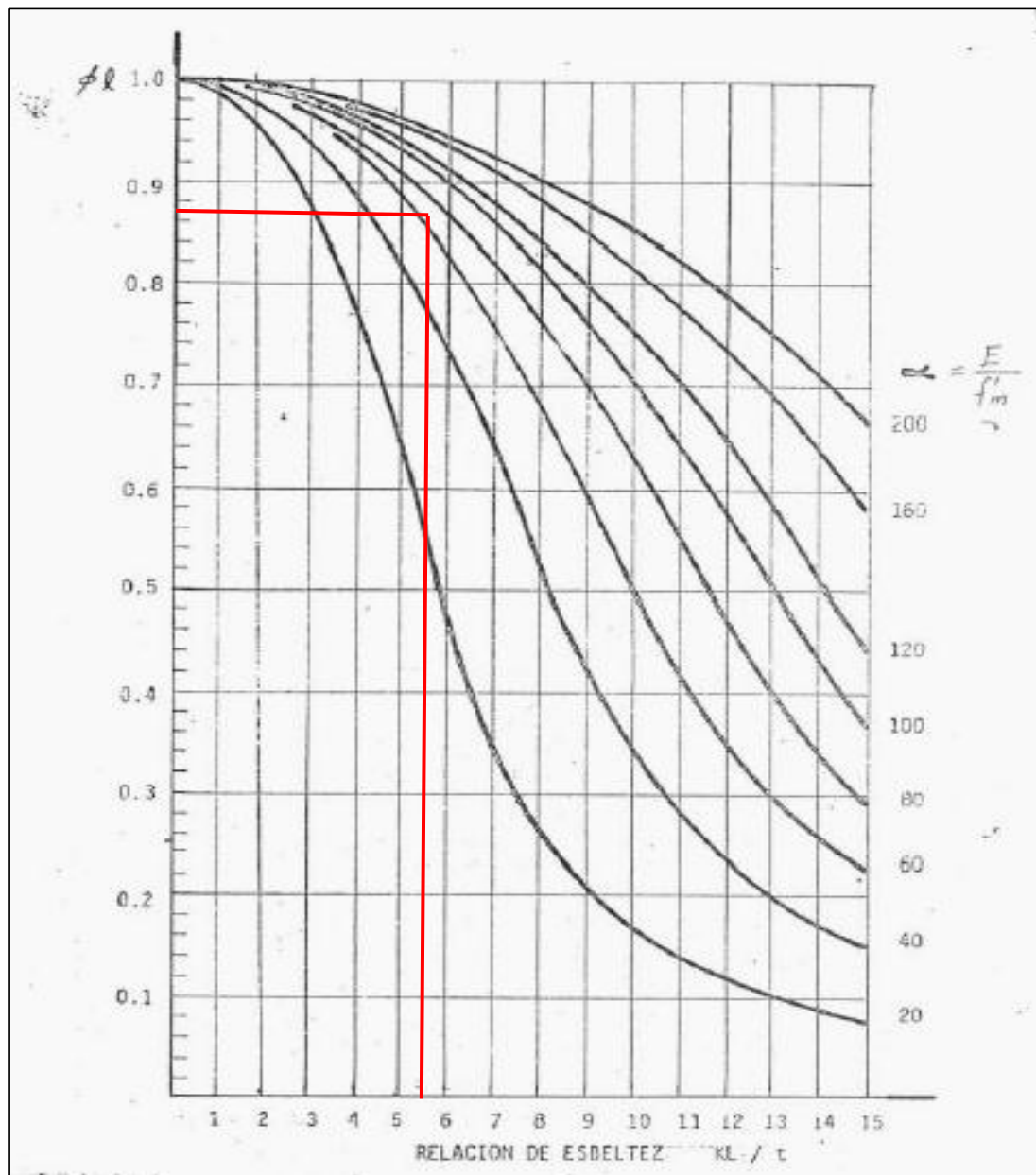


Figura 30. Curvas para la determinación de esfuerzos admisibles (Zelaya, 2007)

$$P_m = \text{Peso total del muro} = \gamma_m \cdot l \cdot h \cdot e = 5348.88 \text{ kg}$$

$$\gamma_m = 1700 \text{ kg/m}^3 \text{ para adobe simple}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{techo}} + P_{\text{muro}}$$

$$P_{\text{total}} = 11407.58 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Unitaria } \sigma = \frac{P_{\text{total}}}{\text{Area}} = 1.67 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo actuante < Esfuerzo admisible del muro

$$\sigma = 1.67 \text{ kg/cm}^2 < f_m = 2.98 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.5.3.2. Verificación por cortante

Cargas horizontales coplanares. Los muros paralelos al sismo trabajan al corte. El esfuerzo cortante actuante en un muro está dado por la expresión:

$$V_{act} = \frac{V}{L.t.} = \frac{H}{b.d}$$

Donde:

V<sub>act</sub> = Esfuerzo cortante actuante

V ó H = Carga Horizontal

L ó b = Longitud del muro

t ó d = Espesor del muro

$$H = C_m \times P$$

C<sub>m</sub> = Coeficiente sismico

$$C_m = \frac{Z \times U \times S \times C}{R_d} \rightarrow C_m = 0.28$$

Z = 1.00 Factor de Zona : Zona 1

U = 1.00 Factor de Uso : Categoria C

S = 1.40 Factor del Suelo : Suelo III

0.16 <= C <= 0.40 C = 0.30

R<sub>d</sub> = 1.50 Factor de Ductibilidad : Tipo E6

### Carga de techo 1er nivel

pp=	85	kg/m <sup>2</sup>	Techo de tablas con cintas y vigas de madera
W <sub>v</sub> =	200	kg/m <sup>2</sup>	Vivienda
W <sub>unit</sub> =	285	kg/m <sup>2</sup>	

### Carga de techo 2do nivel

pp=	57	kg/m <sup>2</sup>	Techo de tablas con cintas y vigas de madera Para sismo se toma el 25% de la sobrecarga
s/c=	2.5	kg/m <sup>2</sup>	
Wunit=	59.29	kg/m <sup>2</sup>	

**Pt = Peso del techo = 344.29 kg**  
**P techo total = 5,929.53 kg**

Peso del muro = Peso del muro eje x + peso del muro eje y

Peso del muro eje X = 5,348.88 kg

Peso del muro eje y = 8,528.49 kg

Peso del muro = 13,877.37 kg

P = P techo total + Peso del muro = 19,806.90 kg

H = Cm x P = 5545.93 kg

$$V_{act} = \frac{H}{b \cdot d} = 0.81 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo cortante admisible está dada por:

$$V_{adm} = 0.45(\mu + f \cdot \sigma)$$

Vadm= Esfuerzo admisible

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia

$f$  = Coeficiente de fricción

$\sigma$  = Comprensión unitaria normal al plano de corte.

Según Centurion y Barba, 1986, para Adobe simple asentado con mortero de barro con paja tenemos:

$$\mu = 0.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = 0.83$$

$$\sigma = 1.67 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Calculado anteriormente como esfuerzo actuante})$$

$$V_{adm} = 0.98 \text{ kg/cm}^2$$

Esf. Cortante Actuante    Esf. Cortante admisible

$$V_{act} = 0.81 \text{ kg/cm}^2 \leq V_{adm} = 0.98 \text{ kg/cm}^2$$



### 3.5.3.3. Verificación por flexión

El espesor del muro sujeto a cargas perpendiculares a su plano está dado por la expresión:

$$t = \frac{6 \beta C_m \gamma_m x a^2}{f a}$$

t= Espesor del muro

$\beta$ = Coeficiente (Figura 31)

$C_m$  = Coeficiente sísmico de diseño = 0.28

$\gamma_m$  = Peso específico del muro = 1700 Kg/m<sup>3</sup>

a = Dimensión crítica

f a = Esfuerzo admisible en flexión = 0.30 kg/cm<sup>2</sup> Tabla N° 9

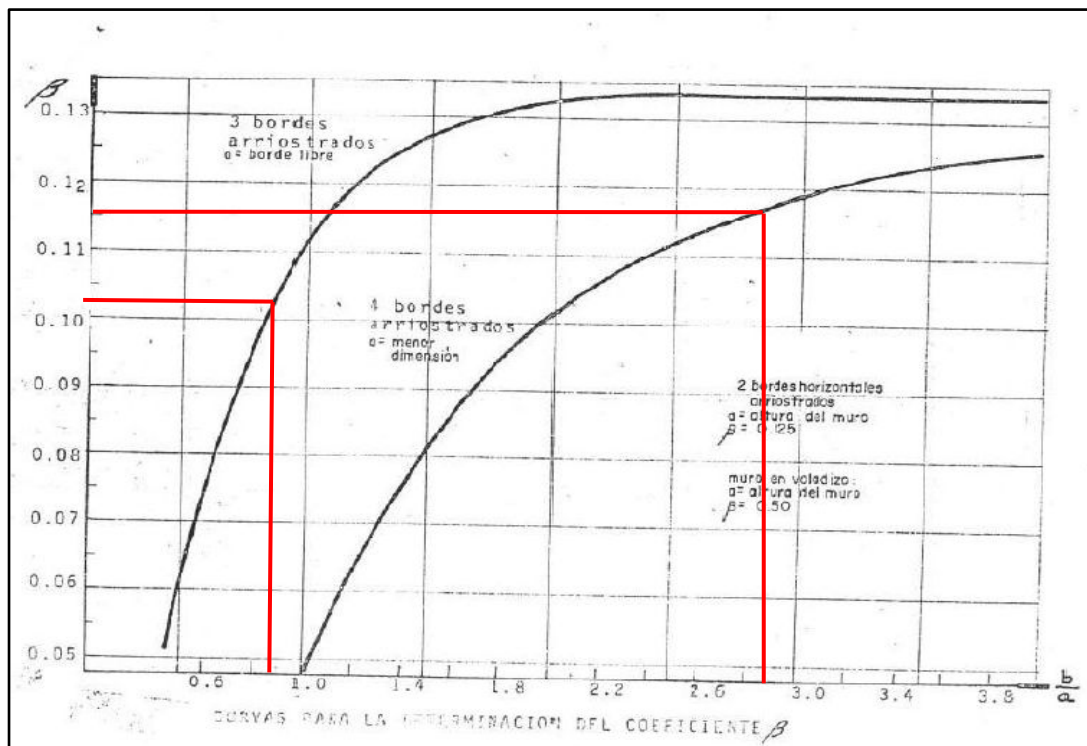
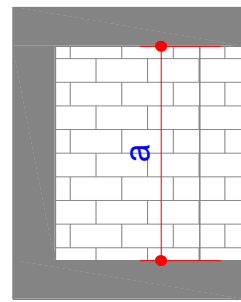


Figura 31. Curvas para la determinación del coeficiente  $\beta$  (Zelaya, 2007)

ADOBE	MORTERO	$f a$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Común	Barro	0.30
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	0.60
	Suelo - Asfalto	0.40

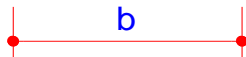
Tabla 9. Valores de esfuerzo admisible en flexión ( Zelaya, 2007)

1°.- Muro con 3 bordes arriostrados



a= borde libre = 2.00 m

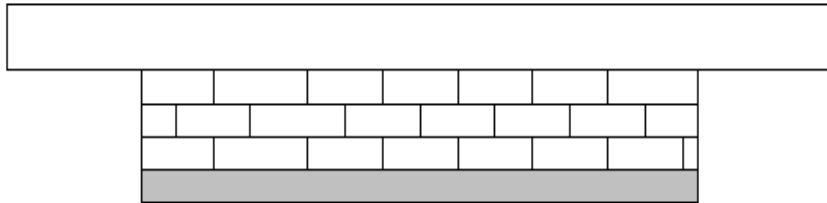
b= la otra dimension = 1.8 m



$$b/a = 0.90 \longrightarrow \beta = 0.102$$

$$t_{necesario} = 38.84 \text{ cm} \leq e = 38 \text{ cm}$$

2°.- Muro con 2 bordes arriostrados

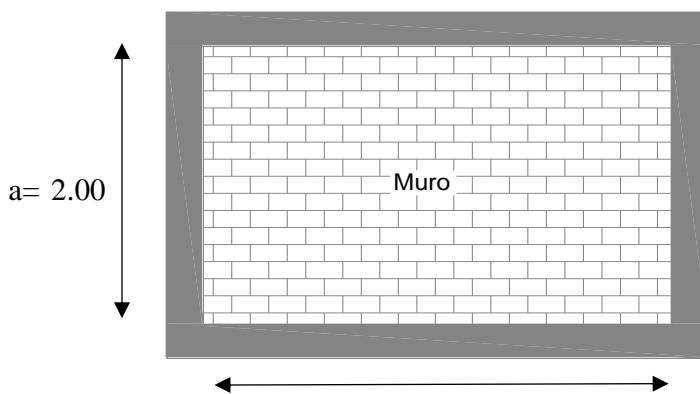


a = 1.10

$\beta = 0.13$

$$t_{necesario} = 29 \text{ cm} \leq e = 38 \text{ cm}$$

3°.- Muro con 4 bordes arriostrados



a= 2.00

b= 5.74

$$b/a = 2.87 \longrightarrow \beta = 0.11$$

$$t_{necesario} = 42 \text{ cm} \leq e = 38 \text{ cm}$$

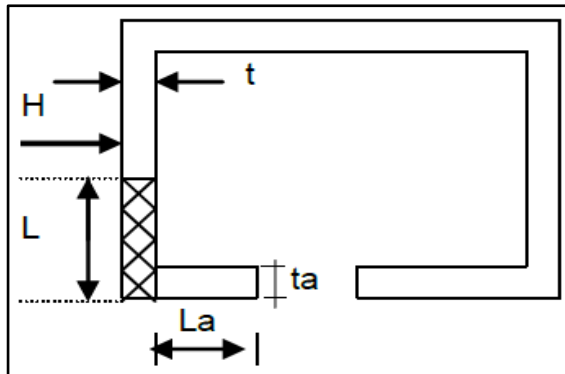
a= menor longitud

b= otra dimension

### 3.5.3.4. Elementos de arriostre

Para el diseño de los muros de arriostre se debe considerar lo siguiente:

#### 3.5.3.4.1. Verificación por volteo



La = Longitud muro de arriostre = 1.42

L = Longitud muro arriostrado = 3.25

t = 0.38

ta = 0.38

Figura 32. Longitud de Muro de Arriostre

Cálculo de coeficiente K

$$K = \frac{1.1 C_m h}{\alpha L}$$

En donde:

Cm = Coeficiente sísmico de diseño

h = Altura total del muro

L = Longitud del muro arriostrado (ver fig 32)

$\alpha = 1$  Factor que depende del material (ver tabla 10)

ADOBE	MORTERO	$\alpha$
Común	Barro	1
Estabilizado	Cemento - Arena 1:8	2

Tabla 10. Valores de coeficiente  $\alpha$  según material ( Zelaya, 2007)

$$K = \frac{1.1 C_m h}{\alpha L} = 0.44$$

$$K_2 = \frac{ta}{t} = 1.00$$

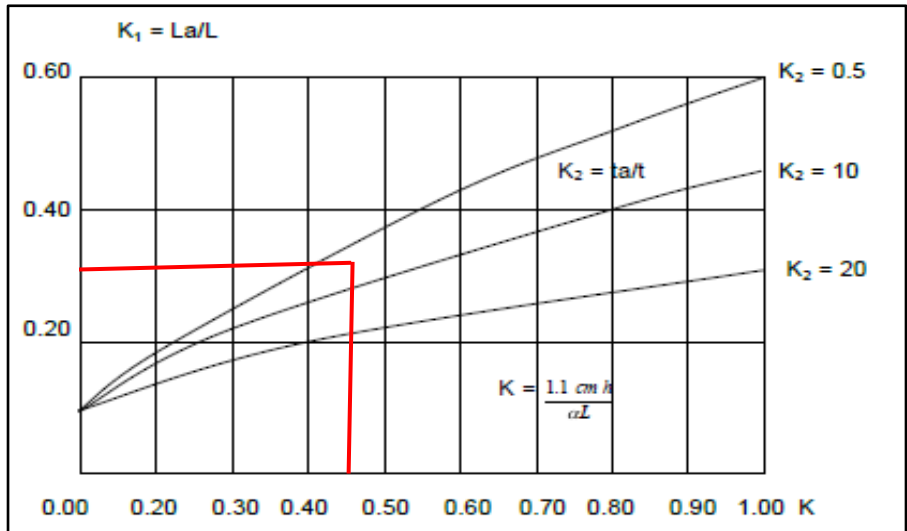


Figura N°33. Verificación por volteo de Muro de Arriostre ( Zelaya, 2007)

De la figura 33 obtenemos K1 y despejamos La:

$$K_1 = \frac{La}{L} = 0.32 \quad \longrightarrow \quad La = 1.04 \text{ m}$$

"La" es la longitud mínima del muro de arriostre que se necesita de acuerdo al cálculo

### 3.5.3.4.2. Verificación por esfuerzo cortante

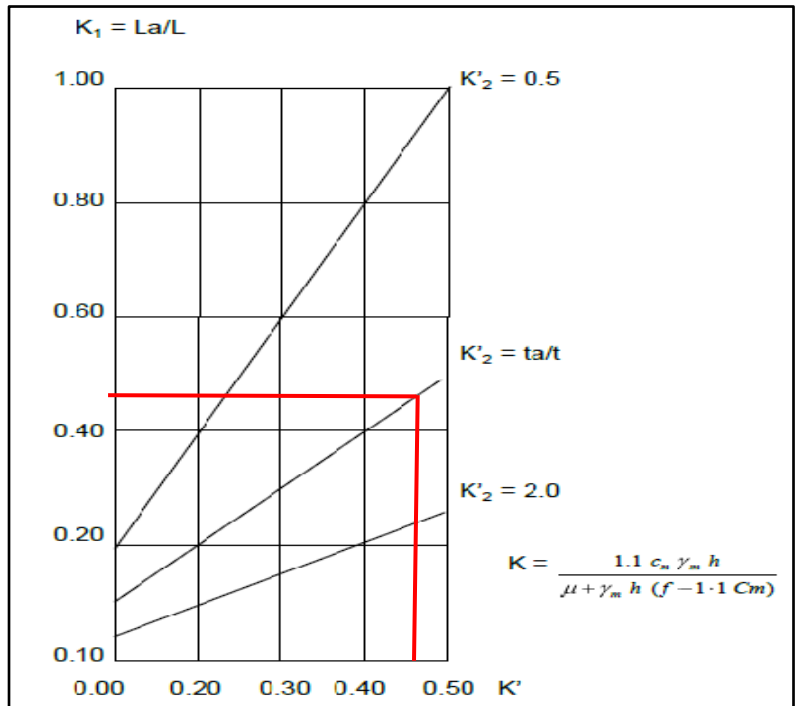


Figura 34. Verificación por corte de Muro de arriostre ( Zelaya, 2007)

Cálculo del coeficiente K'

$$K' = \frac{1.1 C_m \gamma_m h}{\mu + \gamma_m h (f - 1.1 C_m)}$$

$C_m$  = Coeficiente de diseño sísmico = 0.28

$\gamma_m$  = Peso específico del muro = 1700 kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia = 0.40 kg/cm<sup>2</sup>

f = Coeficiente de fricción = 0.829

h = (hb + hs)/2 = 2.225 m

hb = altura bajo la viga collar

hs = altura sobre la viga collar o altura equivalente a sobrecarga.

$$K' = \frac{1.1 C_m \gamma_m h}{\mu + \gamma_m h (f - 1.1 C_m)} = 0.47$$

$$K'_2 = \frac{ta}{t} = 1.00$$

De la figura 34 obetnemos K1 y despejamos La:

$$K_1 = \frac{La}{L} = 0.48 \quad \longrightarrow \quad La = 1.56 \text{ m}$$

"La" es la longitud minima del muro de arrisotre que se necesita de acuerdo al cálculo

### En Resumen :

Verificación por volteo 1.04m

Verificación por esfuerzo cortante 1.56m

Elegimos el mayor "La" calculado = 1.56 m

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Aplicación de ficha de verificación y diagnóstico de la situación actual

A continuación se presenta el proceso de la encuesta aplicada a la muestra de la población (n=50 viviendas) en el sector de San Isidro, la interpretación y calificación de cada respuesta.

##### 4.1.1. Material predominante de la edificación

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Adobe	50	100	4
Adobe reforzado	0	0	3
Albañilería confinada	0	0	2
Concreto armado	0	0	1
TOTAL	50	100	

Tabla 11. Nivel de vulnerabilidad según tipo de material predominante

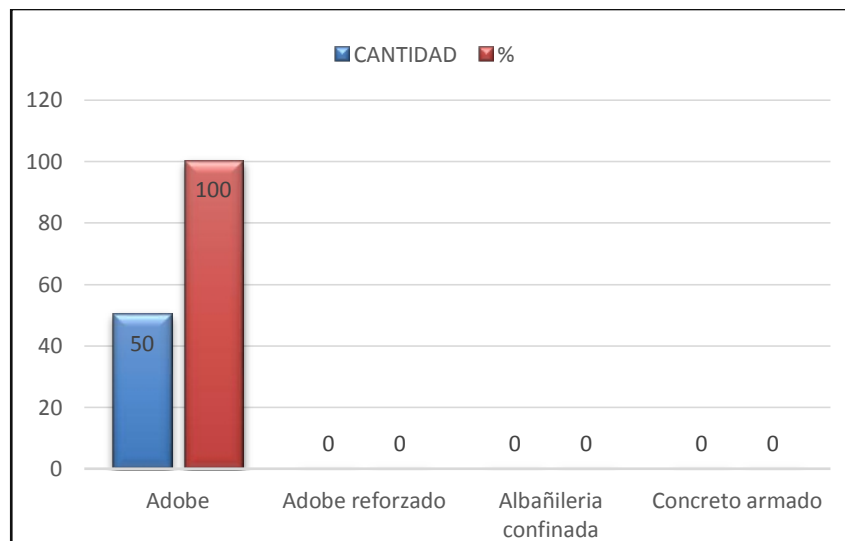


Figura 35. Material predominante en las viviendas de San Isidro

##### 4.1.2. ¿La edificación contó con la participación de Ingeniero Civil en el diseño y/o construcción?

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
No	50	100	4
Solo construccion	0	0	3
Solo diseño	0	0	2
Si, totalmente	0	0	1
TOTAL	50	100	

Tabla 12. Nivel de vulnerabilidad según participación de profesional en el proyecto

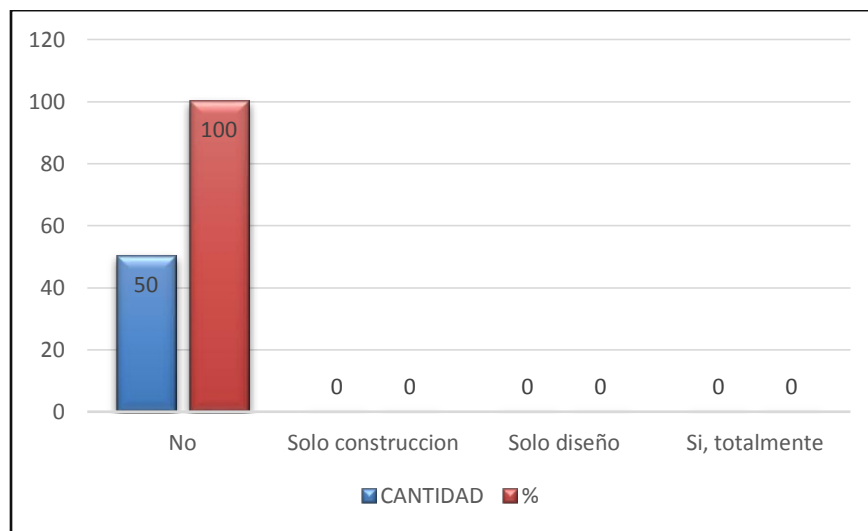


Figura 36. Nivel de participación de profesional en el proyecto

**Interpretación y comentario:** El 100% de viviendas construidas en el sector de San Isidro no cuenta con la participación de un Ingeniero Civil ni en el plan del proyecto ni tampoco en la ejecución misma. Esto se refleja en la ausencia de viga solera, ubicación inadecuada de vanos de puertas y ventanas y dimensiones incongruentes de espesor, longitud y altura de muros portantes. El principal motivo se puede atribuir a la precaria economía de los pobladores para asumir los costos de asesoría de un profesional y por otro lado la falta de capacitación técnica de los constructores de la zona.

#### 4.1.3. Antigüedad de las viviendas

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
De 50 años a mas	3	6	4
De 20 a 49 años	3	6	3
De 3 a 19 años	22	44	2
De 0 a 2 años	22	44	1
TOTAL	50	100	

Tabla 13. Nivel de vulnerabilidad según antigüedad de vivienda

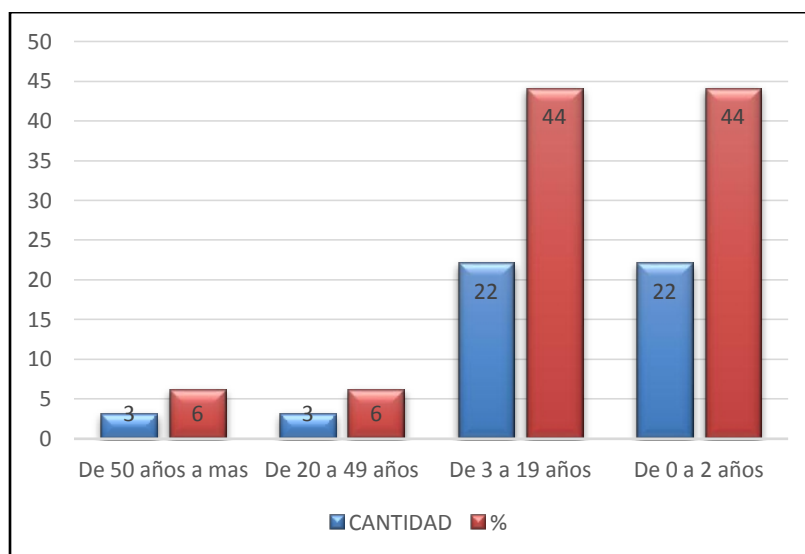


Figura 37. Antigüedad de viviendas en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** La mayoría de las viviendas poseen una antigüedad de 3 a 19 años y de 0 a 2 años. Existen pocas viviendas de más de 50 años de antigüedad, esto debido a que el sector de San Isidro ha ido poblándose a partir del año 2000 en adelante según la consulta que se hizo a los moradores de la zona en la visita a campo. Además se pudo observar que actualmente se viene construyendo viviendas. En las viviendas de 20 a 49 años y las de 50 años a más, se detectó debilitamiento en las vigas de los techos y deterioro de los muros de adobe, esto muy probablemente debido a la antigüedad de estas construcciones.



#### 4.1.4. Tipo de suelo

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Rellenos, Depositos marinos	0	0	4
Depositos de suelos finos, arenas	0	0	3
Granular fino y arcilloso	50	100	2
Suelos rocosos	0	0	1
TOTAL	50	100	

Tabla 14. Nivel de vulnerabilidad según tipo de suelo

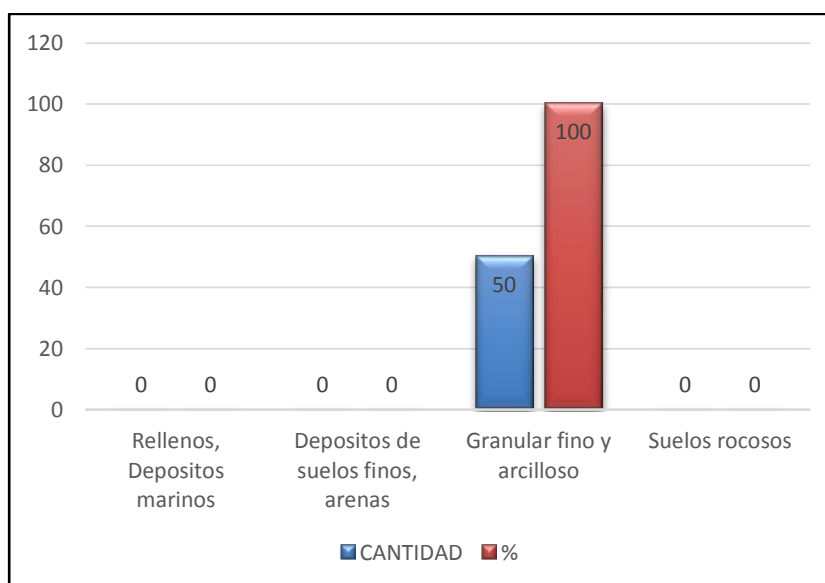


Figura 38. Tipo de suelo en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** Las principales características observadas en el suelo de la localidad de San Isidro es su baja plasticidad y presencia de material fino, según estudio de suelos realizado a una muestra obtenido de una calicata, se determinó que se trata de un suelo granular fino y arcilloso. Esta característica estuvo presente en todos los terrenos donde se hallan las viviendas encuestadas, por lo que el 100% de la muestra pertenece a este tipo de suelo.

#### 4.1.5. Topografía del terreno

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Pendiente mayor a 45%	0	0	4
Pendiente entre 45% a 20%	18	36	3
Pendiente entre 20% a 10%	17	34	2
Pendiente hasta 10%	15	30	1
TOTAL	50	100	

Tabla 15. Nivel de vulnerabilidad según topografía del terreno

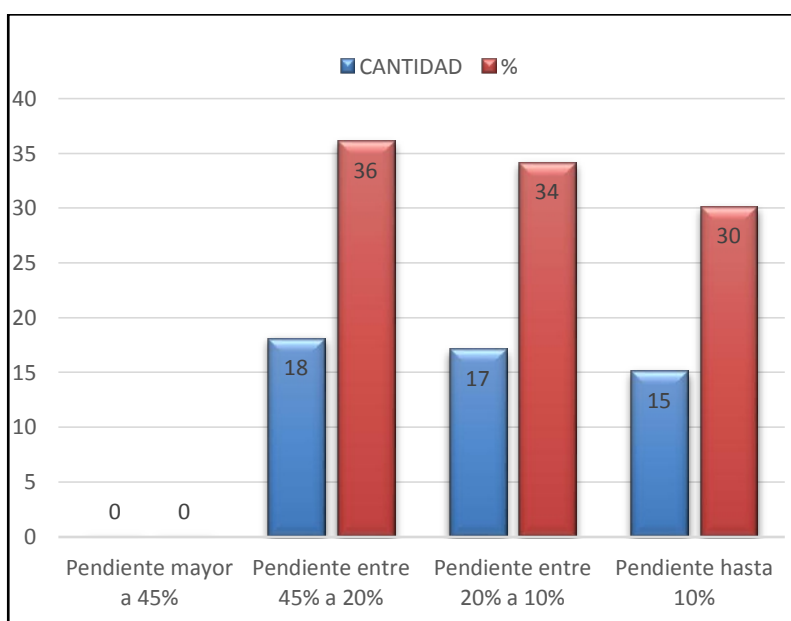


Figura 39. Topografía en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** La pendiente fue calculada con ayuda de un eclímetro y jalones, donde se pudo constatar que la mayoría de viviendas (36%) está construida sobre un terreno con una pendiente entre 20% a 45%, lo cual representa una topografía accidentada. El 30% de la muestra pertenece a una topografía llana con una pendiente hasta el 10%, estas viviendas se encuentran ubicadas en la carretera de ingreso a la localidad, por lo que el terreno no es muy desigual.

#### 4.1.6. Grietas o fisuras en las viviendas

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
espesor>1cm y Longitud>1m	1	2	4
espesor>0.5cm y Longitud>0.5m	6	12	3
espesor>0.1cm y Longitud>0.1m	24	48	2
espesor=0cm y Longitud=0m	19	38	1
TOTAL	50	100	

Tabla 16. Nivel de vulnerabilidad según existencia de grietas y fisuras

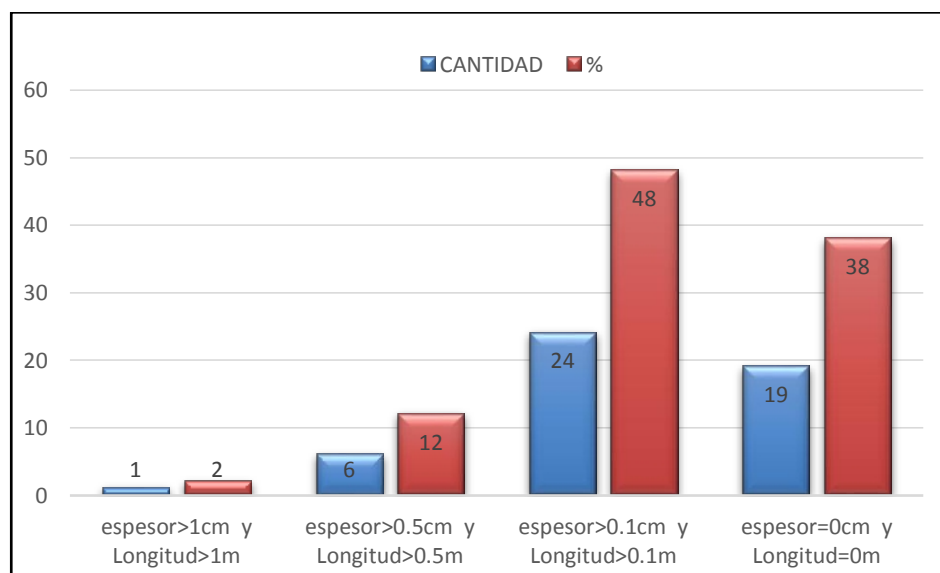


Figura 40. Grietas y fisuras en viviendas existentes en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** El 48% de viviendas presenta fisuras muy delgadas (3mm en su mayoría) y cortas (de 20cm a 40cm) principalmente en la unión mortero – adobe. Estas fisuras se facilitan porque la arcilla presente en el suelo con el que hace el mortero, se contrae y debido a que no se emplea ningún aditivo en su elaboración. El 38% de viviendas no presenta grietas ni fisuras medibles en los muros de adobe. Sin embargo, de acuerdo a la evaluación estructural realizada a una vivienda típica, estos muros no poseen la dimensiones adecuadas ni en espesor ni altura ni longitud, lo que hace suponer que ante sollicitaciones

sísmicas estos elementos fallen a pesar que actualmente se encuentre libre de grietas y fisuras, ya que a la fecha estas no han sido afectadas por ningún sismo importante.

#### 4.1.7. Configuración geométrica en planta

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Irregular / Vanos mal ubicados	2	4	4
Irregular / Vanos bien ubicados	1	2	3
Regular / Vanos mal ubicados	41	82	2
Regular / Vanos bien ubicados	6	12	1
TOTAL	50	100	

Tabla 17. Nivel de vulnerabilidad según configuración geométrica en planta

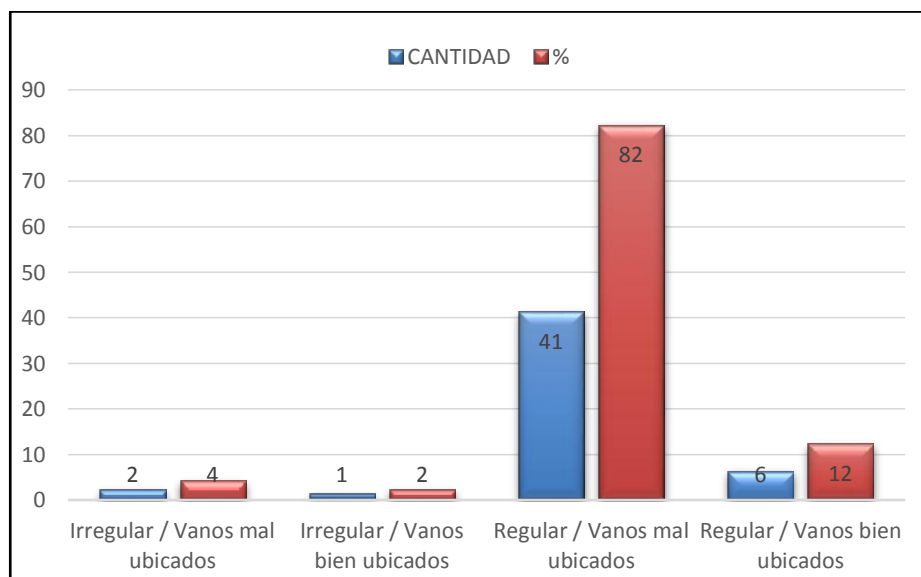


Figura 41. Configuración geométrica en planta de las viviendas en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** El 82% de las viviendas tiene una distribución en planta de forma rectangular (configuración regular) y las puertas cerca a la esquinas (vanos mal ubicados)

#### 4.1.8. Configuración geométrica en elevación

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Irregular / Con voladizo	0	0	4
Irregular / Sin voladizo	5	10	3
Regular / Con voladizo	0	0	2
Regular / Sin voladizo	45	90	1
TOTAL	50	100	

Tabla 18. Nivel de vulnerabilidad según configuración geométrica en planta

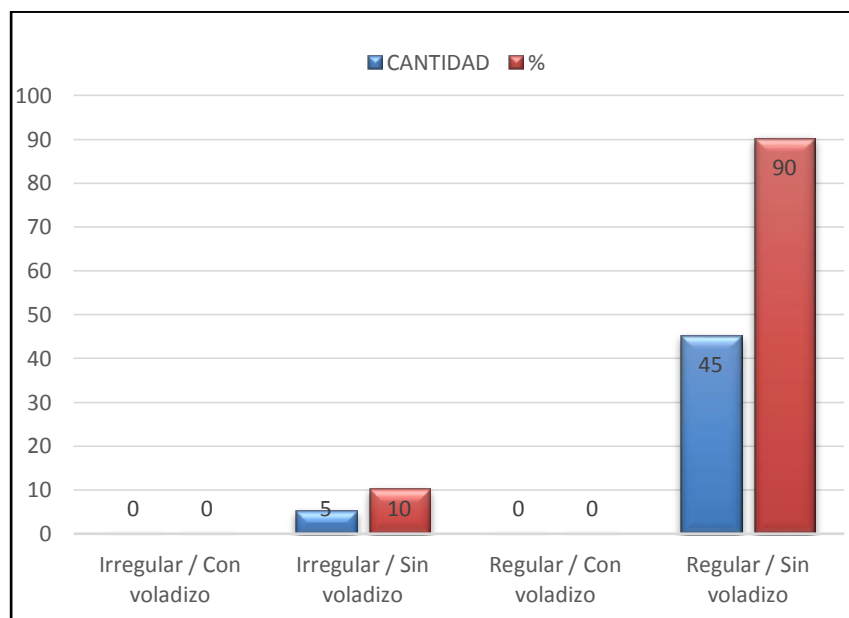


Figura 42. Configuración geométrica en planta de las viviendas en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** La mayoría de viviendas de la muestra es de un solo nivel por lo que su configuración geométrica en elevación es regular y sin voladizo; para el caso de las viviendas de dos niveles, se encontró 5 viviendas en las que no se tiene continuidad de los vanos de puertas del segundo nivel respecto al primero, por lo que se denomina irregular y tampoco tiene voladizo ni balcón.

#### 4.1.9. Juntas de dilatación

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
No / No existen	13	26	4
Si / No requiere	37	74	1
TOTAL	50	100	

Tabla 19. Nivel de vulnerabilidad según existencia de junta sísmica

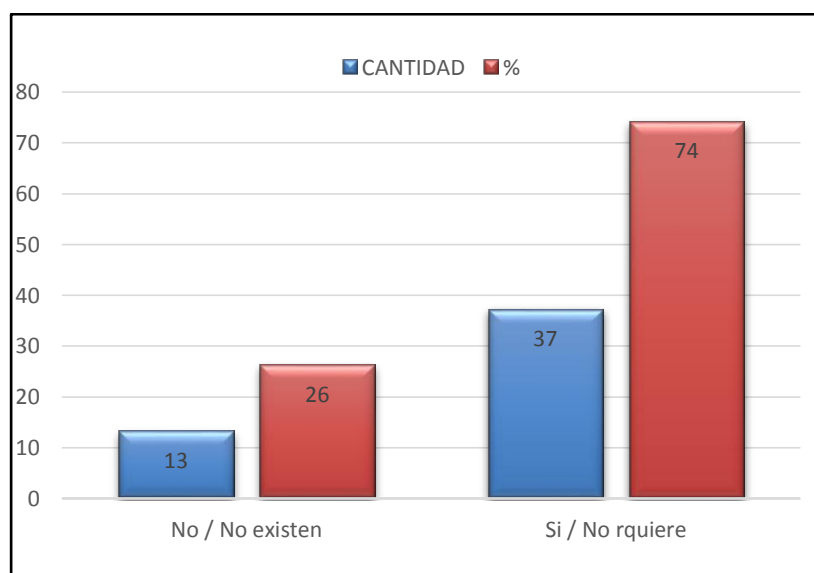


Figura 43. Presencia de junta sísmica en las viviendas en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** Para el caso en que las viviendas no requieren juntas sísmicas es porque están construidas en terrenos amplios o se encuentran alejadas de la vivienda más próxima, por lo que se asume que no requiere. Sin embargo la junta de dilatación sísmica no es un criterio que se tome en cuenta, por parte del maestro, al momento de construir como lo demuestra ese 26% de viviendas en la que no existe juntas de dilatación sísmica.

#### 4.1.10. Concentración de masas

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Superior	2	4	4
Inferior / No existe	48	96	1
TOTAL	50	100	

Tabla 20. Nivel de vulnerabilidad según concentración de masas

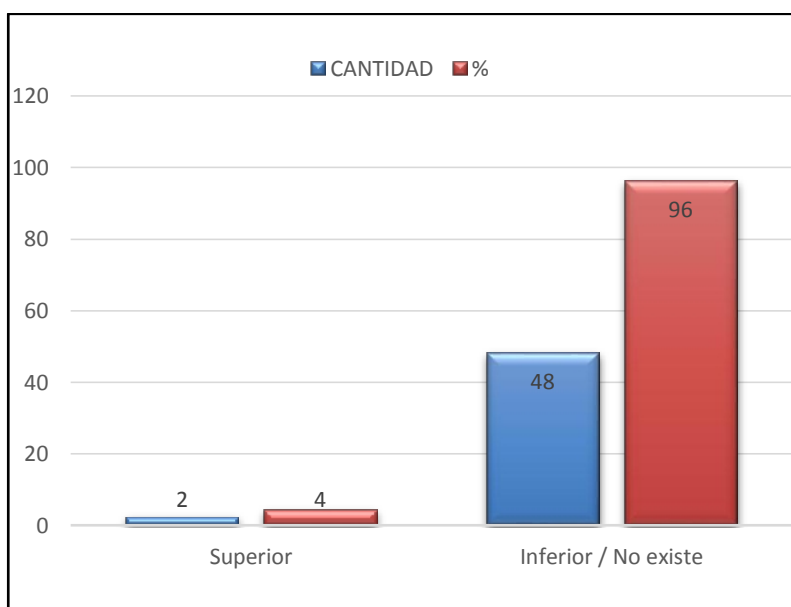


Figura 44. Nivel de concentración de masas en las viviendas en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** La concentración de masas se pudo observar en 2 viviendas de dos niveles. El problema es mayor en la medida en que dicho nivel pesado se ubica a mayor altura, debido a que las aceleraciones sísmicas de respuesta aumentan también hacia arriba, con lo cual se tiene una mayor fuerza sísmica de respuesta allí y por ende una mayor posibilidad de volcamiento.

**4.1.11. Estado de principales elementos estructurales: Cimentación, Muros portantes, Vigas y Techos.**

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
No existen / son precarios	0	0	4
Deterioro y/o Humedad	6	12	3
Regular estado	23	46	2
Buen estado	21	42	1
TOTAL	50	100	

Tabla 21. Nivel de vulnerabilidad según estado de principales elementos estructurales

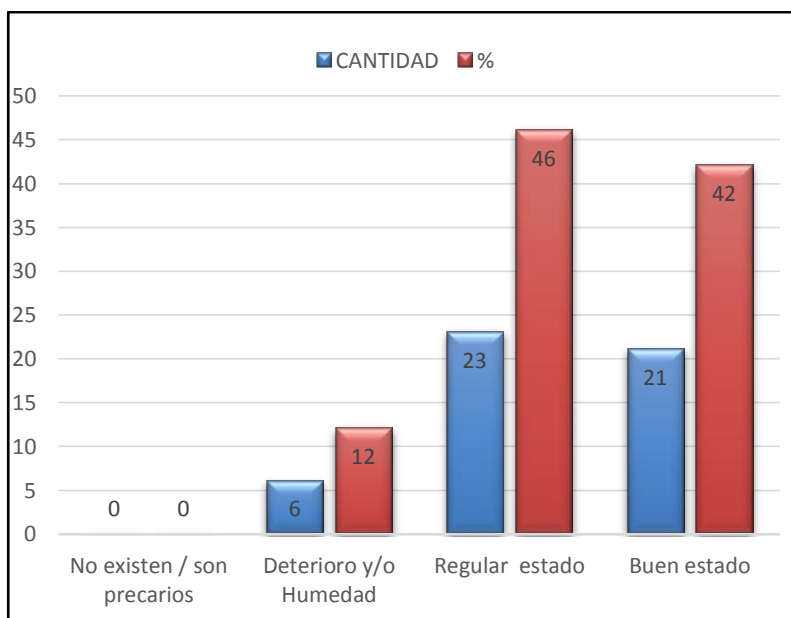


Figura 45. Estado elementos estructurales de viviendas en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** El deterioro y humedad de los muros de adobe y la cimentación es más resaltante en las viviendas con una antigüedad mayor a 20 años. Las viviendas que se encuentran en regular estado muestran fisuras y ligeros agrietamientos en



sus elementos estructurales. Buen estado es fuera de daño visible en los elementos estructurales, con posibles fisuras en los revoques de paredes y techos.

**4.1.12. Factores estructurales que inciden en la vulnerabilidad :**

RESPUESTA	CANTIDAD	%	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Humedad / cargas laterales	22	44	4
Debilitamiento por modificaciones o sobrecarga	5	10	4
Densidad de muros inadecuada	23	46	4
No aplica	0	0	0
TOTAL	50	100	

Tabla 22. Nivel de vulnerabilidad por causas estructurales

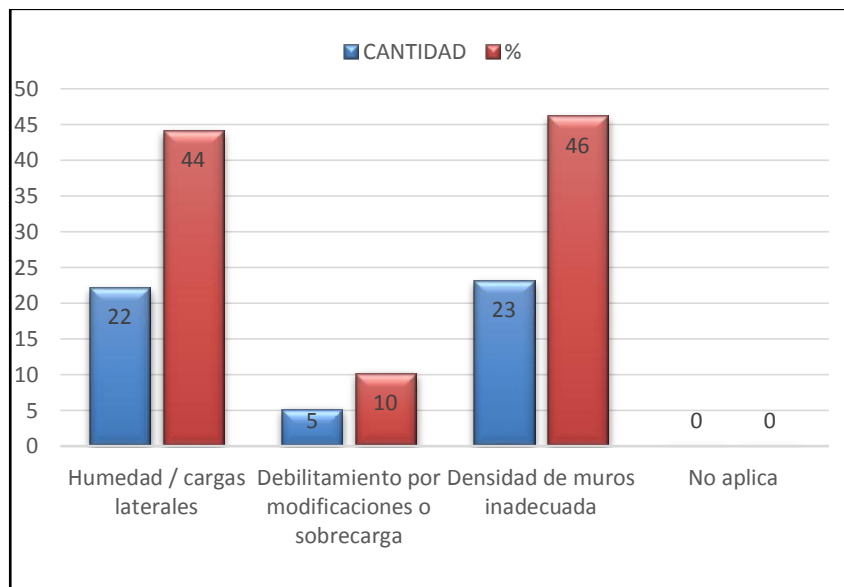


Figura 46. Deficiencias estructurales de viviendas en el sector de San Isidro

**Interpretación y comentario:** Las cargas laterales provienen principalmente de la presión del terreno, cuando se construye viviendas en terrenos con pendiente pronunciada. La densidad inadecuada de muros es una consecuencia de la falta de muros en sentido transversal

ya que, como se ha visto, la distribución arquitectónica más común en la localidad, es la de forma rectangular, formando un solo ambiente. La sobrecarga es muy notoria en viviendas de adobe de dos niveles, lo cual implica un debilitamiento de sus muros.

#### 4.2. Determinación del nivel de vulnerabilidad

El valor de la vulnerabilidad se asigna según la respuesta obtenida para cada pregunta en la encuesta denominada: Ficha de verificación de INDECI (ver anexo 01), la sumatoria de los valores de las doce preguntas es clasificado en función a la tabla 23.

NIVEL DE VULNERABILIDAD	RANGO DEL VALOR	CARACTERISTICAS DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD
MUY ALTO	Mayor a 24	En las condiciones actuales NO ES POSIBLE ACCEDER A UNA ZONA DE SEGURIDAD dentro de la edificación, requiere cambios drásticos en la estructura.
ALTO	Entre 18 a 24	REQUIERE REFORZAMIENTO en potencial zona de seguridad interna
MODERADO	Entre 15 a 17	En las condiciones actuales SI ES POSIBLE ACCEDER A UNA ZONA DE SEGURIDAD dentro de la edificación
BAJO	Hasta 14	En las condiciones actuales SI ES POSIBLE ACCEDER A UNA ZONA DE SEGURIDAD dentro de la edificación

Tabla 23. Calificación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda (INDECI, 2006)

Se ha visto conveniente resumir las doce preguntas en la tabla 24, donde se presenta los valores asignados a cada una de las 50 viviendas encuestadas y la sumatoria respectiva.

N° DE VIVIENDA	PREGUNTA N°												NIVEL DE VULNERABILIDAD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
VIVIENDA 1	4	4	2	2	3	2	2	1	4	1	2	4	31
VIVIENDA 2	4	4	1	2	1	2	2	1	1	1	1	4	24
VIVIENDA 3	4	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	4	24
VIVIENDA 4	4	4	2	2	1	1	2	1	1	1	2	4	25
VIVIENDA 5	4	4	1	2	2	1	2	1	1	1	1	4	24
VIVIENDA 6	4	4	1	2	2	2	2	1	1	1	1	4	25
VIVIENDA 7	4	4	2	2	2	2	2	1	4	1	2	4	30
VIVIENDA 8	4	4	2	2	3	3	3	1	1	1	2	4	30
VIVIENDA 9	4	4	1	2	1	2	2	1	1	1	1	4	25
VIVIENDA 10	4	4	1	2	3	2	4	3	1	4	2	4	34
VIVIENDA 11	4	4	3	2	2	4	2	1	1	1	3	4	31
VIVIENDA 12	4	4	1	2	3	2	2	1	1	1	2	4	27
VIVIENDA 13	4	4	4	2	3	2	2	1	4	1	2	4	33
VIVIENDA 14	4	4	1	2	2	1	2	1	1	1	1	4	24
VIVIENDA 15	4	4	1	2	3	1	2	3	1	4	2	4	31
VIVIENDA 16	4	4	2	2	3	1	2	1	1	1	1	4	26
VIVIENDA 17	4	4	1	2	1	1	2	1	1	1	1	4	23
VIVIENDA 18	4	4	4	2	2	2	2	3	4	1	3	4	35
VIVIENDA 19	4	4	2	2	3	2	2	1	1	1	1	4	27
VIVIENDA 20	4	4	1	2	2	2	2	1	1	1	2	4	26
VIVIENDA 21	4	4	2	2	3	2	1	1	4	1	2	4	30
VIVIENDA 22	4	4	1	2	3	2	2	1	1	1	1	4	26
VIVIENDA 23	4	4	1	2	3	3	2	1	1	1	3	4	29
VIVIENDA 24	4	4	1	2	2	1	2	1	1	1	1	4	24
VIVIENDA 25	4	4	2	2	3	2	2	3	1	1	2	4	30
VIVIENDA 26	4	4	2	2	3	2	2	1	4	1	1	4	30
VIVIENDA 27	4	4	3	2	2	2	2	1	1	1	3	4	29
VIVIENDA 28	4	4	1	2	1	1	2	1	1	1	2	4	24
VIVIENDA 29	4	4	2	2	2	1	2	1	4	1	2	4	29
VIVIENDA 30	4	4	2	2	1	1	2	3	4	1	2	4	30
VIVIENDA 31	4	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1	4	23
VIVIENDA 32	4	4	1	2	3	2	4	1	1	1	1	4	28
VIVIENDA 33	4	4	2	2	3	2	1	1	1	1	2	4	27
VIVIENDA 34	4	4	2	2	3	2	2	1	1	1	1	4	27
VIVIENDA 35	4	4	1	2	1	3	2	1	4	1	2	4	29

VIVIENDA 36	4	4	4	2	2	2	2	1	4	1	3	4	33
VIVIENDA 37	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	4	26
VIVIENDA 38	4	4	1	2	1	1	1	1	1	1	2	4	23
VIVIENDA 39	4	4	2	2	2	1	2	1	4	1	2	4	29
VIVIENDA 40	4	4	2	2	3	1	2	1	4	1	1	4	29
VIVIENDA 41	4	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	4	23
VIVIENDA 42	4	4	3	2	1	2	2	1	4	1	3	4	31
VIVIENDA 43	4	4	1	2	2	2	2	1	1	1	2	4	26
VIVIENDA 44	4	4	2	2	3	3	2	1	1	1	1	4	28
VIVIENDA 45	4	4	2	2	1	3	2	1	1	1	2	4	27
VIVIENDA 46	4	4	1	2	1	1	2	1	1	1	1	4	23
VIVIENDA 47	4	4	2	2	2	3	2	1	1	1	2	4	28
VIVIENDA 48	4	4	2	2	1	2	2	1	1	1	2	4	26
VIVIENDA 49	4	4	1	2	1	1	2	1	1	1	2	4	24
VIVIENDA 50	4	4	1	2	1	1	2	1	1	1	1	4	23

Tabla 24. Nivel de vulnerabilidad de cada vivienda

Luego se ha clasificado el nivel de vulnerabilidad para cada vivienda en función a la sumatoria obtenida en la tabla 24 y la tabla 23. Esto se muestra en la siguiente tabla:

N° DE VIVIENDA	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
VIVIENDA 1	-	-	-	X
VIVIENDA 2	-	-	X	-
VIVIENDA 3	-	-	X	-
VIVIENDA 4	-	-	-	X
VIVIENDA 5	-	-	X	-
VIVIENDA 6	-	-	-	X
VIVIENDA 7	-	-	-	X
VIVIENDA 8	-	-	-	X
VIVIENDA 9	-	-	-	X
VIVIENDA 10	-	-	-	X
VIVIENDA 11	-	-	-	X
VIVIENDA 12	-	-	-	X
VIVIENDA 13	-	-	-	X
VIVIENDA 14	-	-	X	-
VIVIENDA 15	-	-	-	X
VIVIENDA 16	-	-	-	X
VIVIENDA 17	-	-	X	-

VIVIENDA 18	-	-	-	X
VIVIENDA 19	-	-	-	X
VIVIENDA 20	-	-	-	X
VIVIENDA 21	-	-	-	X
VIVIENDA 22	-	-	-	X
VIVIENDA 23	-	-	-	X
VIVIENDA 24	-	-	X	-
VIVIENDA 25	-	-	-	X
VIVIENDA 26	-	-	-	X
VIVIENDA 27	-	-	-	X
VIVIENDA 28	-	-	X	-
VIVIENDA 29	-	-	-	X
VIVIENDA 30	-	-	-	X
VIVIENDA 31	-	-	X	-
VIVIENDA 32	-	-	-	X
VIVIENDA 33	-	-	-	X
VIVIENDA 34	-	-	-	X
VIVIENDA 35	-	-	-	X
VIVIENDA 36	-	-	-	X
VIVIENDA 37	-	-	-	X
VIVIENDA 38	-	-	X	-
VIVIENDA 39	-	-	-	X
VIVIENDA 40	-	-	-	X
VIVIENDA 41	-	-	X	-
VIVIENDA 42	-	-	-	X
VIVIENDA 43	-	-	-	X
VIVIENDA 44	-	-	-	X
VIVIENDA 45	-	-	-	X
VIVIENDA 46	-	-	X	-
VIVIENDA 47	-	-	-	X
VIVIENDA 48	-	-	-	X
VIVIENDA 49	-	-	X	-
VIVIENDA 50	-	-	X	-
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>37</b>

Tabla 25. Resumen de la calificación del Nivel de Vulnerabilidad para cada vivienda

Teniendo en cuenta que para la presente investigación se ha trabajado en función de una muestra de 50 viviendas, se obtiene la tabla 26, donde se expresa el nivel de vulnerabilidad en porcentaje respecto a la muestra.

NIVEL	CANTIDAD	%
BAJO	0	0
MODERADO	0	0
ALTO	13	26
MUY ALTO	37	74
TOTAL	50	100

Tabla 26. Nivel de Vulnerabilidad de las viviendas de adobe en el sector de San Isidro

En forma gráfica estos valores se representan así:

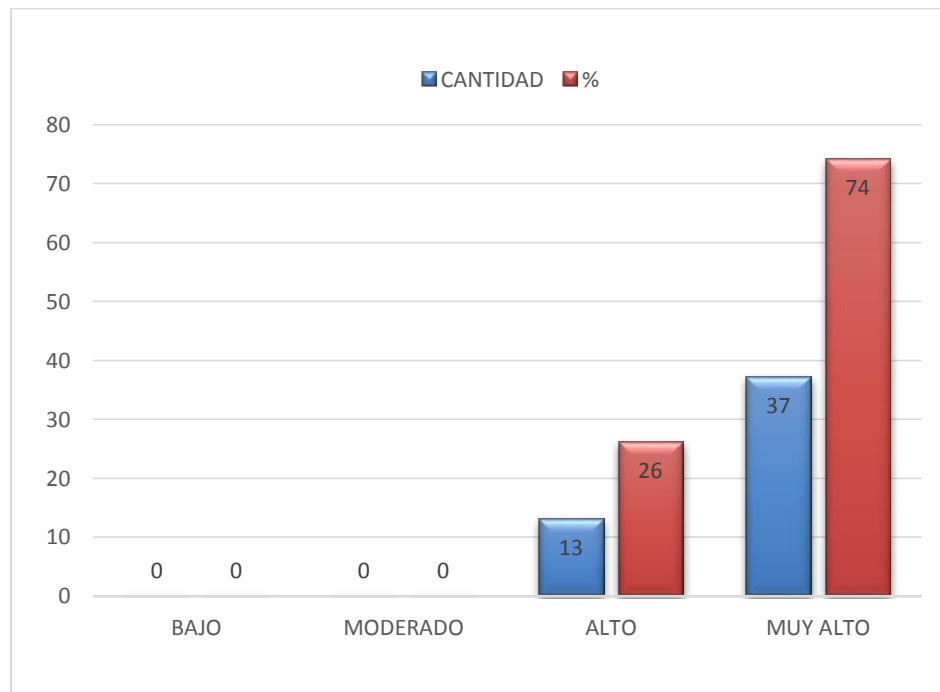


Figura 47. Calificación de Nivel de Vulnerabilidad de las viviendas de adobe, sector de San Isidro – 2016

### 4.3. Análisis de resultados de evaluación estructural

Se ha visto conveniente resumir los resultados de la evaluación estructural para poder compararlos, y deducir algunas causas por las cuales estos valores no son aceptables, además se ha hecho hincapié en algunas dimensiones como espesor y longitud, donde se compara el valor calculado respecto al existente.

#### CASO: VIVIENDA DE UN NIVEL

ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMPRESION		VERIFICACION POR CORTANTE		VERIFICACION POR FLEXION		LONGITUD DE MURO	
	ESF. ACTUANTE	ESF. ADMISIBLE	ESF. CORTANTE ACTUANTE	ESF. CORTANTE ADMISIBLE	ESPESOR (e) MURO REAL	ESPESOR (e) CALCULADO	LONG. MURO REAL	LONG. MURO CALCULADO
VALOR	0.69 kg/cm <sup>2</sup>	2.89 kg/cm <sup>2</sup>	0.78 kg/cm <sup>2</sup>	0.44 kg/cm <sup>2</sup>	23 cm	48 cm	0.67 m	1.51 m
COMENTARIO	El esfuerzo admisible del muro bajo la acción de su propio peso es superior al esfuerzo actuante lo cual <b>es aceptable</b> . El RNE indica como esf. Adm. para albañilería $f_m=2\text{kg/cm}^2$ .		El esf. Cortante actuante es superior al admisible lo cual <b>no es aceptable</b> esto se debe a la influencia del tipo de mortero ya que se ha utilizado solo barro por lo que el coef. de fricción y el esf. de adherencia son muy bajos.		Para el cálculo del espesor se ha tomado en cuenta los bordes arriostrados y los esfuerzos por flexión admisibles, los resultados indican que el espesor del muro <b>no es adecuado</b> ante solicitaciones perpendiculares a su plano.		La longitud real del muro no es suficiente para que pueda trabajar como arrioste vertical al muro lateral de la vivienda. Una adecuada longitud del muro de arrioste es cuando cumple: $L=0.75H$ H= Altura del muro L= Long. De arrioste	

Tabla 27. Resultados de evaluación estructural a la vivienda de un nivel

**CASO: MURO 1 DE VIVIENDA DE DOS NIVEL**

ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMPRESION		VERIFICACION POR CORTANTE		VERIFICACION POR FLEXION		LONGITUD DE MURO	
	ESF. ACTUANTE	ESF. ADMISIBLE	ESF. CORTANTE ACTUANTE	ESF. CORTANTE ADMISIBLE	ESPEJOR (e) MURO REAL	ESPEJOR (e) CALCULADO	LONG. MURO REAL	LONG. MURO CALCULADO
<b>VALOR</b>	1.72 kg/cm <sup>2</sup>	2.98 kg/cm <sup>2</sup>	0.68 kg/cm <sup>2</sup>	1 kg/cm <sup>2</sup>	38 cm	34 cm	1.12m	1.16m
<b>COMENTARIO</b>	El esfuerzo admisible del muro bajo la accion de su propio peso es superior al esfuerzo actuante lo cual <b>es aceptable</b> . El RNE indica como esf. Adm. para albañileria fm=2kg/cm <sup>2</sup> .		El esf. Cortante actuante es inferior al admisible lo cual es aceptable. Para este caso, la carga de confinamiento del muro "σ" o comprensión unitaria normal al plano de corte calculada como esfuerzo actuante, impacta de manera positiva en el cálculo de: $V_{adm} = 0.45(\mu + fx\sigma)$		Para el calculo del espesor se ha tomado en cuenta los bordes arriostrados y los esfuerzos por flexion admisibles, los resultados indican que el espesor del muro <b>es adecuado</b> ante solicitaciones perpendiculares a su plano.		La longitud real del muro es adecuada para que pueda trabajar como arriostre vertical al muro lateral de la vivienda, pues la diferencia es minima por lo que se considera como <b>aceptable</b> .	

Tabla 28. Resultados de evaluación estructural al muro 1 de vivienda de dos niveles



**CASO: MURO 2 DE VIVIENDA DE DOS NIVEL**

ESFUERZO	ESFUERZO A LA COMPRESION		VERIFICACION POR CORTANTE		VERIFICACION POR FLEXION		LONGITUD DE MURO	
	ESF. ACTUANTE	ESF. ADMISIBLE	ESF. CORTANTE ACTUANTE	ESF. CORTANTE ADMISIBLE	ESPEJOR (e) MURO REAL	ESPEJOR (e) CALCULADO	LONG. MURO REAL	LONG. MURO CALCULADO
<b>VALOR</b>	1.67 kg/cm <sup>2</sup>	2.98 kg/cm <sup>2</sup>	0.81 kg/cm <sup>2</sup>	0.98 kg/cm <sup>2</sup>	38 cm	42 cm	1.42 m	1.56 m
<b>COMENTARIO</b>	El esfuerzo admisible del muro bajo la accion de su propio peso es superior al esfuerzo actuante lo cual <b>es aceptable</b> . El RNE indica como esf. Adm. para albañileria fm=2kg/cm <sup>2</sup> .		El esf. Cortante actuante es inferior al admisible lo cual es aceptable. Para este caso, la carga de confinamiento del muro "σ" o compresión unitaria normal al plano de corte calculada como esfuerzo actuante, impacta de manera positiva en el cálculo de: $V_{adm} = 0.45(\mu + f_x\sigma)$		El espesor real del muro no cumple para el caso donde se analiza al muro con 4 bordes arriestrados, ya que dicho muro es muy largo(5.74m), por lo que su excesiva longitud es el principal inconveniente para resistir una fuerza perpendicular a su plano.		La longitud real del muro <b>no es adecuada</b> para que pueda trabajar como arriestre vertical al muro lateral de la vivienda, porque la longitud del muro arriestrado es excesiva (5.74m)	

Tabla 29. Resultados de evaluación estructural al muro 2 de vivienda de dos niveles

### 4.3.1. Diagnóstico

El estado actual de la estructura de las viviendas de adobe del sector de San Isidro es deficiente y peligroso, debido a que las dimensiones de los muros portantes no es la adecuada, tal como lo demuestra la evaluación estructural realizada a la vivienda de un nivel. Respecto al esfuerzo a la compresión, ambas viviendas poseen esfuerzos actuantes menores a los admisibles, esto en el caso de las viviendas que conservan su mampostería de adobe seca y en buenas condiciones.

El principal esfuerzo ante el cual estas viviendas poseen un nivel de vulnerabilidad alto, son los esfuerzos por flexión perpendicular al plano del muro. Se concluye que el espesor del muro no es el adecuado para resistir un movimiento sísmico sin dañarse y tiene la posibilidad de voltearse ante un sismo severo.

En cuanto al esfuerzo cortante actuante, éste se incrementó y superó al esfuerzo cortante admisible, en el caso de la vivienda de un nivel, producto de la exagerada longitud entre arriostres verticales (Mochetas) del muro ubicado en el eje 1-1. Lo cual genera una gran área tributaria para la corta longitud de las mochetas que trabajan como arriostre. Además del uso de barro y paja únicamente para el mortero de pega de los muros de adobe lo cual impacta directamente en la relación:

$$V_{adm} = \mu + f\sigma$$

Se ha encontrado que la totalidad de viviendas al no tener vigas soleras continuas tienen a sus muros en peligro de caerse en momento de un sismo. Esto es debido a que el techo no se encuentra conectado y no ayuda a mantener los muros unidos y formar una conexión que permita a los muros trabajar en conjunto sino que se moverían como una caja de cartón sin tapa.

### **4.3.2. Medidas preventivas para reducir el nivel de vulnerabilidad**

Es preocupante la situación actual de las viviendas en el sector de San Isidro debido a la exposición a sufrir severos daños ante un sismo. Como ya se dijo anteriormente la importancia del presente estudio radica en la necesidad de informar a la población acerca del estado actual de sus viviendas. Además de coordinar conjuntamente con sus autoridades, lineamientos de solución en intervención para reducir el nivel de vulnerabilidad sísmica de estas viviendas. Es preciso destacar que los resultados obtenidos en la presente investigación fueron expuestos en una reunión organizada en el sector de San Isidro, donde mi persona fue la encargada de hacer un llamado a una actitud de prevención por parte de los pobladores para evitar daños materiales y humanos a los cuales están expuestos. Por lo que a continuación se presentan algunas técnicas de reforzamiento para viviendas de adobe existentes.

#### **4.3.2.1. Reforzamiento con malla electrosoldada ( Zegarra et al, 1997)**

A continuación se describe paso a paso la técnica de reforzamiento propuesta, debiéndose indicar que el enmallado por franjas horizontales y verticales, debe realizarse en las dos caras de todos los muros que componen la vivienda, excepto en aquellos que colindan con viviendas vecinas. El enmallado se realiza en todos los muros, puesto que se ha observado en el terremoto de Nazca de 1996, que incluso las paredes interiores pueden colapsar, sin que fallen las perimetrales.

- **Preparación de la pared.** La pared debe estar Limpia de partículas sueltas, para lo cual debe barrérsela con escoba. En el caso que la pared esté tarrajada, debe removerse el tarrajeo en aquellas zonas donde se colocan la malla, por el peligro que ese tarrajeo se desprenda debido a las vibraciones sísmicas.
- **Trazado de las mallas y ubicación de las perforaciones y ranuras.** Empleando una tiza, una regla (tabla recta) y una wincha, se traza unas líneas sobre la pared en los lugares donde se colocarán las mallas verticales (Fig. 50) y horizontales.

se marca los puntos (3x3 cm) donde se colocaran los conectores de las mallas verticales, debiéndose indicar que el primer punto se ubica a 25 cm desde el borde superior de la pared. Asimismo de existir tímpanos, se traza la zona donde se ubicarán las tablas de refuerzo con los puntos correspondientes a sus dos conectores.

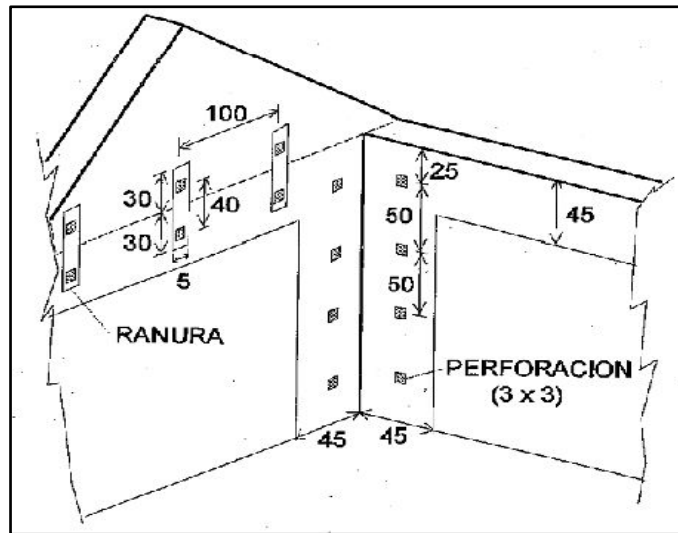


Figura 48. Trazado de las franjas, ubicación de perforaciones y ranuras (Zegarra et al, 1997)

- **Perforación y ranurado de la pared.** En los lugares donde se van a colocar los conectores de las mallas verticales, se realizan perforaciones de 3 x 3 cm, atravesando la pared, con un martillo y un cincel (Fig. 51). De existir tímpanos, con las mismas herramientas se hacen ranuras de 5 x 60 cm, con 1/2" de profundidad, en las zonas donde se ubicarán las tablas de refuerzo, perforando los puntos correspondientes a sus dos conectores. La tablas serán preferentemente de madera tornillo de 2"x1/2".

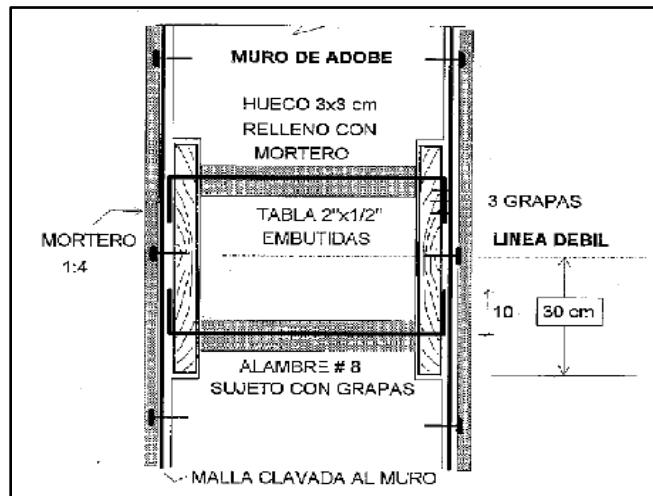


Figura 49. Sección vertical del tímpano (Zegarra et al, 1997)

- **Instalación de los conectores y taponado de las perforaciones.** El conector (alambre #8 @ 50 cm) de las mallas verticales, tiene una longitud igual al espesor del muro, más 20 cm (sobresaliendo 10 cm a cada lado del muro). Después de haber colocado el conector en su perforación respectiva, ésta se taponea con mortero 1:4, compactándolo con una varilla corrugada de 3/8", para lo cual, una de las caras del muro se encofra con un triplay de 10 x 10 cm (sujeto por un operario), con un agujero en su zona central por donde pasa el conector.
  
- **Instalación y clavado de las mallas.** La malla electrosoldada se clava directamente contra la pared (con clavos de 2 1/2" y chapas) Los 10cm que sobresalen de conector, se doblan a 90° sobre la malla, para luego clavarlos con 3 grapas de 3/4 de pulgada contra el muro o contra la tabla de refuerzo. En el caso de que uno de los alambres de la malla chocase con el conector, ese alambre se corta con alicate en el punto de contacto. La malla vertical se instala antes que la horizontal, y ella es continua a lo largo de la altura de los muros (Fig. 52), mientras que las mallas horizontales pueden traslaparse 30 cm en las zonas localizadas al tercio de la longitud del muro (Fig. 16). Estos traslapes nunca deben efectuarse al centro del muro no en las esquinas. De existir tímpanos, la malla horizontal debe cubrir totalmente el triángulo superior.

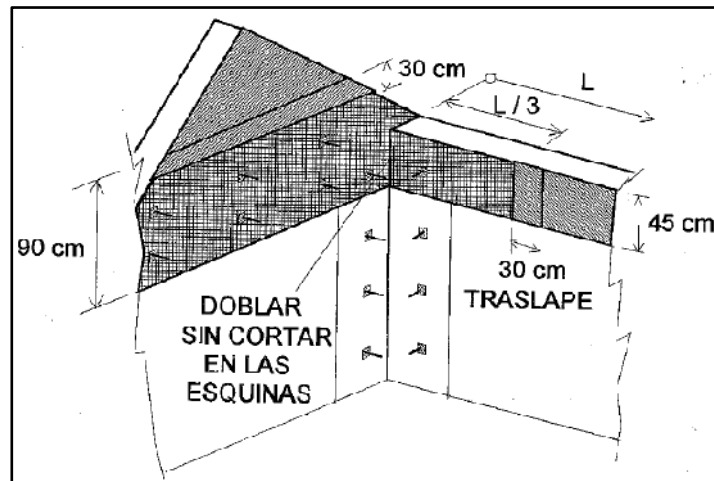


Figura 50. Instalación de malla horizontal y zonas de traslape (Zegarra et al, 1997)

- **Tarrajeo de la zona reforzada.** El mortero a utilizar tiene una proporción volumétrica cemento-arena fina 1:4 y un espesor de 2 cm. En primer lugar, con el badilejo se pañetea al muro lanzando una primera capa de mortero contra la malla. Luego se lanza una segunda capa de mortero, la que se alisa con el frotacho y la tabla. Posteriormente, espolvoreando cemento seco, se procede a dar el acabado final con la plancha, cortando las rebabas con el badilejo. En el estado final, el muro debe quedar tal como se muestra en las Figura 53.

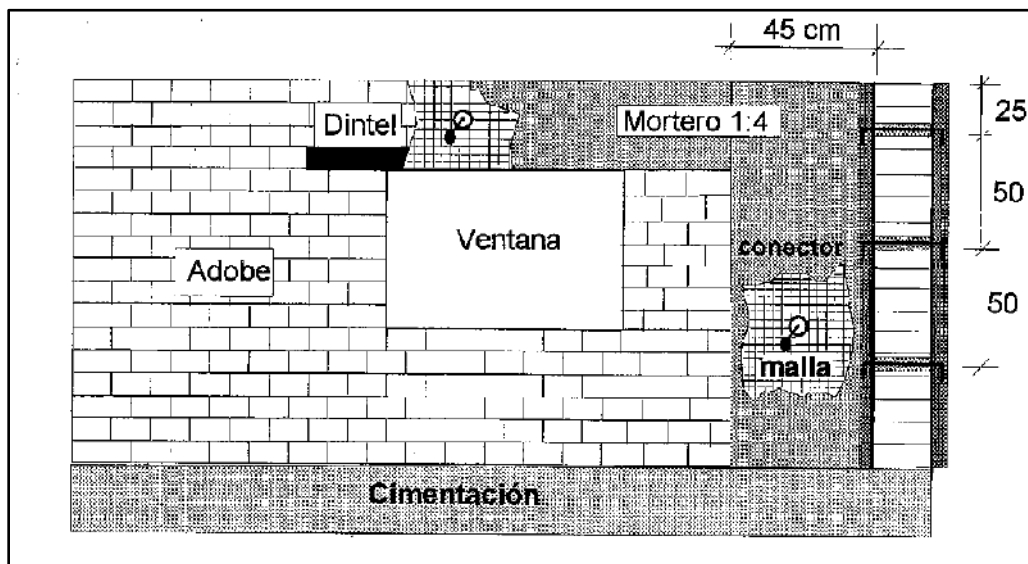


Figura 51. Muro de adobe reforzado con malla electrosoldada (Zegarra et al, 1997)

#### 4.3.2.2. Viga collar CSK ( Kuroiwa, 2002)

Es adecuada para construcciones de adobe aisladas, que existen en áreas rurales o en zonas sobre terrenos amplios como en el caso de las viviendas del sector de San Isidro. La viga collar de madera se coloca como refuerzo en la parte exterior e interior de los muros, rodeándolos completamente de tal forma que trabaje como viga solera, arriostrando la parte superior de los muros.

La viga collar CSK, consiste en 2 tablones de madera paralelos 12” x 1” de sección transversal, hasta un máximo de unos 5 m. Estos se colocan a la altura de dinteles de puertas y ventanas, unidos con elementos metálicos para formar un cuerpo continuo que rodea completamente la construcción con la finalidad de que se mantenga como un todo, aún después de la falla de los muros de adobe. (Kuroiwa 2002).

Es muy importante que las uniones metálicas funcionen de acuerdo a lo previsto, para lo cual es necesario colocarlas cuidadosamente. Las uniones son de 3 tipos:

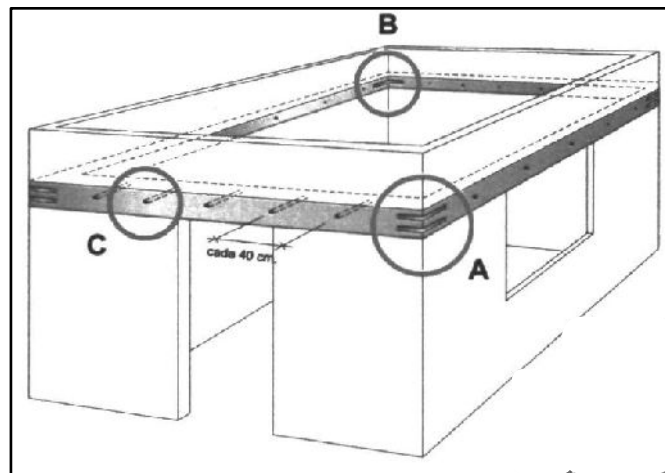


Figura 52. Viga Collar CSK de madera y uniones metálicas (Kuroiwa, 2002)

- Unión de la esquina exterior. Son ángulos metálicos a 90°, de 1/16” de espesor. Cada ala tiene 15 cm de largo x 3 cm de ancho y 14 huecos para la colocación de tornillos de 1 in. Ver detalle A.

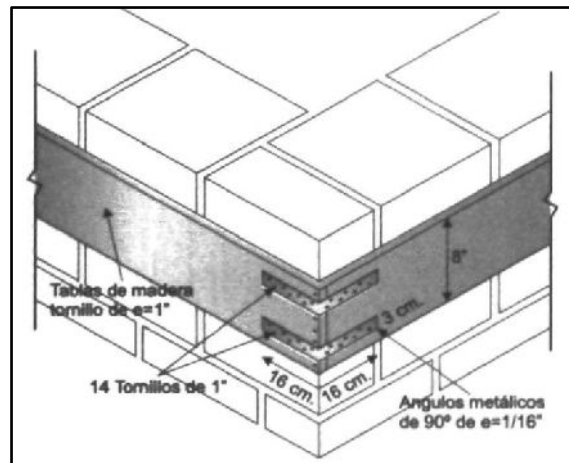


Figura 53. Detalle A: Unión metálica exterior (Kuroiwa, 2002)

- Unión de esquina interior. Son planchas metálicas de  $1/16''$  de espesor, 15 cm de largo y 3 cm de ancho, sobre la que se suelda una varilla metálica lisa de  $3/8''$  de diámetro, de una longitud tal, que atraviese el espesor del muro y los 2 tablones permitan la cómoda colocación en su otro extremo de una guacha e hilo para ajustar con un perno. Ver detalle B. Las uniones de las esquinas presentadas en los detalles A y B, le dan resistencia frente a los momentos y cortes que se generan en ese punto crítico.

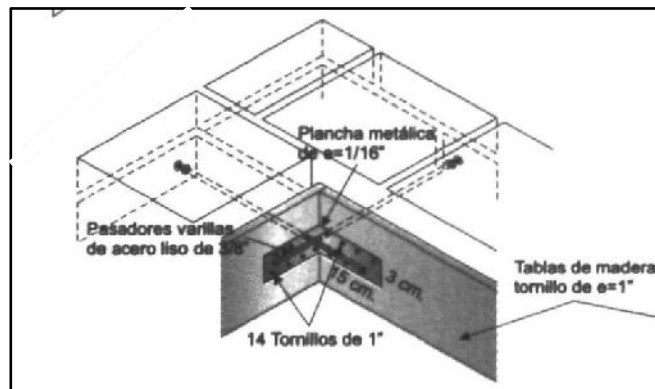


Figura 54. Detalle B: Refuerzo metálico interior (Kuroiwa, 2002)

- Unión transversal entre tablones. Consiste en un pasador de acero de  $3/8''$  de diámetro, que atraviesa los tablones y el muro. La separación entre pasadores es de 0,30 m y hace que la viga collar funcione de acuerdo a lo esperado.



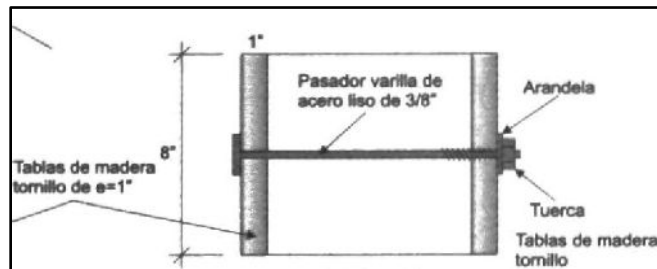


Figura 55. Detalle C: Pasador metálico (Kuroiwa, 2002)

La carga se distribuye con huachas y se ajusta con pernos para lo cual deben tener hilos en sus extremos. Es muy importante que los muros de adobe tengan un espesor mínimo de 0,25 m, siendo recomendable utilizar adobes de 0,30 m x 0,30 m en planta, con lo que se consiguen muros de 30 cm de espesor. (Kuroiwa 2002).

#### 4.4. Discusión

- Los resultados obtenidos en la encuesta muestran una situación alarmante, pues no existe ninguna vivienda que presente un nivel de vulnerabilidad bajo o moderado. Contrariamente se encontró que la mayoría de viviendas posee un nivel de vulnerabilidad muy alto. Lo cual es un indicador de la falta de asesoría técnica a los constructores de la zona, que se ve reflejado en la ausencia de refuerzo de los muros y ausencia de algunos elementos estructurales como viga solera, inadecuada ubicación de vanos, uso de materiales no adecuados para la fabricación de adobe y mortero .
- Es muy importante conocer el nivel de vulnerabilidad de las viviendas existentes para plantear alternativas de solución acorde a su estado y diagnóstico actual. En ese sentido es necesario precisar que para las viviendas con *nivel de vulnerabilidad muy alto* lo mejor es deshabitar la vivienda pues requiere cambios drásticos o su demolición de la estructura lo cual económicamente, para los propietarios, resulta inviable.

- La hipótesis planteada en la presente investigación es: *El nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe en el sector de San Isidro de la ciudad de Jaén es alto*. Según los resultados obtenidos la mayoría de viviendas posee un nivel de vulnerabilidad muy alto (74%) y un nivel de vulnerabilidad alta (26%). En consecuencia, se concluye que la hipótesis planteada es parcialmente aceptada.
- Maldonado Rondón E. y Chío Cho G. (2009), en su libro *Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra*, demostró mediante relaciones de vulnerabilidad-estado de daño para diferentes eventos sísmicos, que las viviendas de adobe tienen un comportamiento frágil no dúctil ante sollicitaciones sísmicas y por ello fallan violentamente. La presente investigación encontró que los muros portantes de las viviendas existentes en el sector de San Isidro no poseen ningún tipo de refuerzo por lo que ante aceleraciones sísmicas las edificaciones alcanzarían daños estructurales severos, llegando incluso al colapso. Esto representa un comportamiento frágil y no dúctil de las viviendas de adobe.
- Kuroiwa J. (2002), en su libro *Reducción de desastres viviendo en armonía con la naturaleza*, indica que “una población también es vulnerable porque no está organizada y porque no dispone de medios económicos para defenderse y que una reducción efectiva de la vulnerabilidad de la población puede lograrse mediante la educación”, lo cual es cierto, ya que en el sector de San Isidro la mano de obra es de baja calidad, debido a la falta de capacitación y desconocimiento de criterios estructurales en la construcción y fabricación de adobes, como se ha demostrado en la evaluación cualitativa de las viviendas existentes.
- Sánchez V. (2014), en el proyecto de investigación: *Estimación de riesgo sísmico en viviendas de adobe del sector Sargento Lores, Jaén – Cajamarca*, encontró que el 100% de las viviendas de adobe poseen un nivel de vulnerabilidad muy alta. La metodología empleada fue la propuesta por INDECI y es la misma que se ha desarrollado en la presente investigación. Cabe resaltar que el presente estudio determinó que la mayoría

de viviendas posee un nivel de vulnerabilidad muy alto (74%) y un nivel de vulnerabilidad alta (26%), lo que permite plantear una nueva hipótesis: ante un mismo peligro sísmico, las viviendas del sector de San Isidro tendría un menor riesgo sísmico que las viviendas del sector Sargento Lores.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Según los resultados obtenidos en la encuesta denominada ficha de verificación de INDECI y después de clasificar el nivel de vulnerabilidad, según la metodología indicada, se tiene que, actualmente en el sector de San Isidro el 74% de viviendas existentes posee un nivel de vulnerabilidad *muy alto* y el 26% posee un nivel de vulnerabilidad *alto*.
  
- Se realizó la evaluación estructural de los muros portantes de una vivienda existente de un nivel, cuya distribución arquitectónica rectangular, es típica de la zona. Dicha evaluación estuvo enfocada al cálculo de los esfuerzos actuantes y estos fueron comparados frente a los esfuerzos admisibles, de donde se concluye que: i) La longitud de los muros laterales (8.60m) es excesiva, pues máximo debe poseer 4.50m. ii) El espesor del muro de adobe (0.23m) es muy delgado, lo adecuado, para esta vivienda, sería un espesor de 48cm. iii) La longitud del muro de arriostre (mocheta) es muy corta (0.67m), la longitud calculada es 1.51m. Motivo por el cual los esfuerzos actuantes son mayores a los esfuerzos admisibles, según se aprecia en el acápite 3.5.3. *Evaluación Estructural*.
  
- En la evaluación estructural de los muros portantes 1 y 2, de la vivienda de dos niveles, se ha encontrado que el muro 1 cumple con la longitud y espesor calculado, por lo que los esfuerzos actuantes con menores a los esfuerzos admisibles; sin embargo en el muro 2 las dimensiones existentes son menores a la dimensiones calculadas. En consecuencia se concluye que las dimensiones del muro 2 de la

vivienda no son adecuadas ante fuerzas perpendiculares a su plano, fuerzas de sismo, debiendo realizar el refuerzo propuesto de tarrajeo con malla electrosoldada en la uniones e intersecciones de los muros 2 con el muro lateral de la vivienda y ejecutar el reforzamiento con vigas CSK para los muros del segundo nivel.

- Conocido el diagnóstico de vulnerabilidad sísmica, los lineamientos de solución propuestos, como el reforzamiento con malla electrosoldada y la viga CSK, son recomendados solo para las viviendas con un nivel de vulnerabilidad *alto*, debido a que estas viviendas tienen un estado de conservación óptimo de sus muros portantes, pero sus dimensiones no son las adecuadas. Por otro lado, para las viviendas con un nivel de vulnerabilidad *muy alto*, estos reforzamientos no surtirán el efecto esperado ante un sismo, debido a que el estado actual de sus principales elementos estructurales es precario tal como se indica en la ficha de verificación de INDECI.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda a la población en general del sector de San Isidro, que las viviendas deben ser construidas con apoyo técnico y profesional, y se contemple elementos de arriostre horizontal y vertical como viga solera de madera o concreto, contrafuerte y mochetas. Además realizar el proceso mostrado acápite 3.5.3. *Evaluación Estructural* para el cálculo de las dimensiones de los muros portantes.
- Se recomienda que en los futuros proyectos de investigación enfocados a la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe se considere desarrollar capacitaciones para el personal local que interviene en la construcción de estas viviendas.
- Así mismo se recomienda para los futuros proyectos de investigación, promover las acciones de reducción de vulnerabilidad junto a otras medidas, relacionadas con mejoras de la habitabilidad y durabilidad de la vivienda y de sus servicios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica) – Colombia 2006. Manual para la Rehabilitación de Viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada. Consultado 12 mayo 2016. Disponible en:

<http://www.desenredando.org/public/libros/2005/csrvbe/mradobetapia.pdf>

Centurión M. y Barba J. 1986. Influencia del mortero en la albañilería de adobe. Tesis. Ing. Civ. Cajamarca, Perú, UNC. 75 p.

EERI (Earthquake Engineering Research Institute,) - Perú 2003. Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos: Tutor. Consultado 10 mayo 2016. Disponible en: <http://www.world-housing.net/wp>

INEI: “Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda”. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, Perú, 2007 (en línea). Consultado 10 mayo 2014. Disponible en: <http://www.iinei.inei.gob.pe/iinei/>

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), Manual Básico para la Estimación del Riesgo, Lima, Perú, 2006 (en línea). Consultado 15 mayo 2014. Disponible en: [http://www.sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/man\\_bas\\_est\\_riesgo.pdf](http://www.sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/man_bas_est_riesgo.pdf)

Kuroiwa, J. (2002). Reducción de desastres viviendo en armonía con la naturaleza. 1 ed. Lima, Perú: 429 p.

Maldonado E. y Chio G. (2009). Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra. 1ed. Bucaramanga, Colombia: 199 p.

MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento) (2006), Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, (NORMA E 0.30, NORMA E .080). Perú (en línea). Consultado 08 mayo 2014. Disponible en: <http://www.urbanistasperu.org>

Sánchez, V. 2014. Estimación de riesgo sísmico en viviendas de adobe del sector Sargento Lores, Jaén. Tesis Ing. Civ. Cajamarca, Perú, UNC. 80 p.

Velarde Abugattas G.K. (2014). “Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima”. Tesis (Ingeniero Civil). Perú (en línea) Consultado 15 mayo 2014. Disponible en:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5541>

Zelaya. A. 2007 “Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe”. Tesis (Mgs. Ingeniera Civil) Lima, Perú (en línea). Consultado 10 May. 2014 Disponible en: [www.proviasnac.gob.pe/frnContenido.aspx?IdArchivo=427](http://www.proviasnac.gob.pe/frnContenido.aspx?IdArchivo=427)

# **ANEXOS**



**ANEXO 01**  
**FICHA DE VERIFICACIÓN DE**  
**INDECI**

**ANEXO 01:**

**D. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA**

**1. MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACIÓN**

Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> Adobe	<b>4</b>	6 <input type="radio"/> Adobe reforzado	<b>3</b>	9 <input type="radio"/> Albañilería confinada	<b>2</b>	11 <input type="radio"/> Concreto armado	<b>1</b>
2 <input type="radio"/> Quincha		7 <input type="radio"/> Albañilería		10 <input type="radio"/> Otros:		12 <input type="radio"/> Acero	
3 <input type="radio"/> Mampostería		8 <input type="radio"/> Otros:				13 <input type="radio"/> Otros:	
4 <input type="radio"/> Madera							
5 <input type="radio"/> Otros:							

**2. LA EDIFICACIÓN CONTÓ CON LA PARTICIPACIÓN DE INGENIERO CIVIL EN EL DISEÑO Y/O CONSTRUCCIÓN**

Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> No	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> Solo construcción	<b>3</b>	3 <input type="radio"/> Solo diseño	<b>3</b>	4 <input type="radio"/> Sí, totalmente	<b>1</b>

**3. ANTIGUEDAD DE LA EDIFICACIÓN**

Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> De 50 años a más	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> De 20 a 49 años	<b>3</b>	3 <input type="radio"/> De 3 a 19 años	<b>2</b>	4 <input type="radio"/> De 0 a 2 años	<b>1</b>

**4. TIPO DE SUELO**

Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> Rellenos	<b>4</b>	4 <input type="radio"/> Depósito de suelos finos	<b>3</b>	6 <input type="radio"/> Granular fino y arcilloso	<b>2</b>	7 <input type="radio"/> Suelos rocosos	<b>1</b>
2 <input type="radio"/> Depósitos marinos		5 <input type="radio"/> Arena de gran espesor					
3 <input type="radio"/> Pantanosos, turba							

**5. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO DE LA VIVIENDA**

Pendiente muy pronunciada	Valor	Pendiente pronunciada	Valor	Pendiente moderada	Valor	Pendiente plana o ligera	Valor
1 <input type="radio"/> Mayor a 45%	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> Entre 45% a 20%	<b>3</b>	3 <input type="radio"/> Entre 20% a 10%	<b>2</b>	4 <input type="radio"/> Hasta 10%	<b>1</b>

**6. GRIETAS Y FISURAS**

	Valor		Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> e>1cm L>1m	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> e>0.5cm L>0.5m	<b>3</b>	3 <input type="radio"/> e>0cm L>0m	<b>2</b>	4 <input type="radio"/> e=0cm L=0m	<b>1</b>

**7. CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN PLANTA**

Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> Irregular	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> Regular	<b>1</b>

**8. CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN ELEVACIÓN**

Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> Irregular	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> Regular	<b>1</b>

**9. JUNTAS DE DILATACIÓN SÍSMICA SON ACORDE A LA ESTRUCTURA**

Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> No/Noexisten	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> Sí/No requiere	<b>1</b>

**10. EXISTE CONCENTRACIÓN DE MASAS EN NIVEL...**

Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> Superior	<b>4</b>	2 <input type="radio"/> Inferior/ No existe	<b>1</b>

**11. EN LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES SE OBSERVA**

11.1 No existen/son precarios	Valor	11.2 Deterioro y/o humedad	Valor	11.3 Regular estado	Valor	11.4 Buenestado	Valor
1 <input type="radio"/> Cimiento	<b>4</b>	1 <input type="radio"/> Cimiento	<b>3</b>	1 <input type="radio"/> Cimiento	<b>2</b>	1 <input type="radio"/> Cimiento	<b>1</b>
2 <input type="radio"/> Columnas		2 <input type="radio"/> Columnas		2 <input type="radio"/> Columnas		2 <input type="radio"/> Columnas	
3 <input type="radio"/> Muros portantes		3 <input type="radio"/> Muros portantes		3 <input type="radio"/> Muros portantes		3 <input type="radio"/> Muros portantes	
4 <input type="radio"/> Vigas		4 <input type="radio"/> Vigas		4 <input type="radio"/> Vigas		4 <input type="radio"/> Vigas	
5 <input type="radio"/> Techos		5 <input type="radio"/> Techos		5 <input type="radio"/> Techos		5 <input type="radio"/> Techos	

**12. OTROS FACTORES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD POR...**

Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor	Características	Valor
1 <input type="radio"/> Humedad	<b>4</b>	4 <input type="radio"/> Debilitamiento por modificaciones	<b>4</b>	6 <input type="radio"/> Densidad de muros inadecuada	<b>4</b>	8 <input type="radio"/> No aplica	<b>0</b>
2 <input type="radio"/> Cargas laterales		5 <input type="radio"/> Debilitamiento por sobrecarga		7 <input type="radio"/> Otros:			
3 <input type="radio"/> Colapso elementos del entorno							

**E. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA**

**E.1. SUMATORIA DE LOS VALORES DE LA SECCION "D" CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA**

$$\sum_{i=1}^{12} \boxed{\phantom{00}} = \boxed{\phantom{00}}$$

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 TOTAL

Llevar los valores más críticos de cada uno de los campos de la Sección "D"

**E.2. CALIFICACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA**

Nivel de Vulnerabilidad	Rango del Valor	Características del Nivel de Vulnerabilidad	Calificación Según E.1.
<b>MUY ALTO</b>	Mayora 24	En las condiciones actuales <b>NO es posible acceder a una Zona de Seguridad</b> dentro de la edificación	<input type="radio"/>
<b>ALTO</b>	Entre 18 a 24	En las condiciones actuales <b>NO es posible acceder a una Zona de Seguridad</b> dentro de la edificación, requiere cambios drásticos en la estructura	<input type="radio"/>
<b>MODERADO</b>	Entre 15 a 17	<b>Requiere reforzamiento</b> en potencial Zona de Seguridad Interna	<input type="radio"/>
<b>BAJO</b>	Hasta 14	En las condiciones actuales <b>SI es posible acceder a una Zona de Seguridad</b> dentro de la edificación	<input type="radio"/>

La Vulnerabilidad será determinada considerando la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud;

Las labores de reforzamiento recomendadas son de responsabilidad del jefe(a) de hogar. Para estas tareas deberán ser asistidos por profesionales de la materia;

Las consultas podrán ser absueltas en la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad de su jurisdicción.

**ANEXO 02**  
**PANEL FOTOGRAFÍCO**

## PANEL FOTOGRAFICO



*Fotografía 01: Ingreso principal al sector de San Isidro*

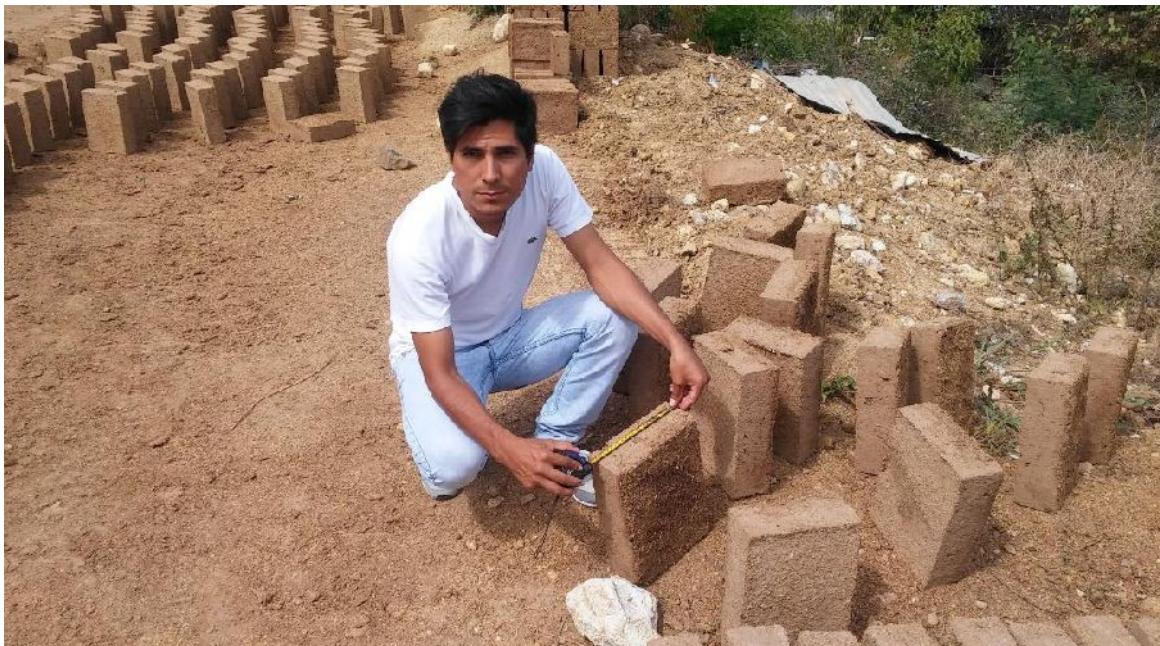


*Fotografía 02: Se aprecia la vivienda N°05, en construcción, junto a un maestro de obra.*





*Fotografía 03: Medición de adobe usado en la construcción de viviendas en el sector de San Isidro*



*Fotografía 04: Muestreo de adobe usado en la construcción de viviendas en el sector de San Isidro*





*Fotografía 06: Se aprecia encuestando al propietario de la vivienda N°10 de dos niveles, en el sector San Isidro.*



*Fotografía 05: Se aprecia encuestando al propietario de la vivienda N°19, en el sector San Isidro.*





*Fotografía 07: Se aprecia encuestando al propietario de la vivienda N°28, cuya cimentación está deteriorada.*



*Fotografía 08: Se aprecia encuestando al propietario de la vivienda N°32, sometida a una presión lateral.*





*Fotografía 09: Se aprecia encuestando al propietario de la vivienda N°38, en el sector San Isidro.*



*Fotografía 10: Se aprecia encuestando al propietario de la vivienda N°42, en el sector San Isidro.*





*Fotografía 11: Se aprecia tamizado de muestra para determinar la granulometría del suelo de San Isidro.*



*Fotografía 12: Se aprecia selección de suelo retenido en cada tamiz, para pesar y determinar la granulometría del suelo de San Isidro.*



*Fotografía 13: Se aprecia elaboración de rollitos para cálculo de límite plástico para clasificación del suelo de San Isidro.*



*Fotografía 14: Se aprecia ensayo para cálculo de límite plástico, para clasificación del suelo de San Isidro.*



*Fotografía 15: Se aprecia muestras (03) para cálculo de límite líquido.*



*Fotografía 16: Se aprecia muestras (03) para cálculo de límite líquido y muestras (02) para cálculo de límite de plasticidad.*



*Fotografía 17: Se aprecia toma de medidas con wincha de vivienda de adobe para evaluación estructural de muro 02 y muro 01.*

**ANEXO 03**  
**GUÍA DE OBSERVACIÓN**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS : ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO – JAÉN  
2016

## ANEXO 03: GUÍA DE OBSERVACIÓN

### I. INFORMACIÓN PRELIMINAR

01.01	UBICACIÓN	
01.02	FECHA	
01.03	HORA	
01.04	Nº VIVIENDA	

### II. INFORMACIÓN ESPECIFICA

02.01	NUMERO DE PISOS						
02.02	COBERTURA						
02.03	UBICACIÓN DE VANOS						
02.04	DIMENSION DE VANOS	ALTO		ANCHO		ALFEIZAR	
02.05	DIMENSION DE ADOBE UTILIZADO	LARGO		ANCHO		ALTO	
02.06	REFUERZO EN MUROS	SI		NO			
02.06.01	TIPO DE REFUERZO						
02.07	GRIETAS Y FISURAS EN MUROS	SI		NO			
02.07.01	DIMENSION DE GRIETAS Y FISURAS	LONG.		ESPESOR		PROF.	

### III. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

03.01	TIPO DE EJECUCIÓN						
03.01.01	AUTOCONSTRUCCIÓN	SI		NO			
03.01.02	SUB CONTRATO A MAESTRO DE OBRA	SI		NO			
03.01.03	DIRECCIÓN TECNICA	SI		NO			
03.02	CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN						

**ANEXO 04**  
**RESUMEN DE DIMENSIONES**  
**DE ADOBE**

**ANEXO 04: RESUMEN DE DIMENSIONES DE ADOBE, ESPESOR DE JUNTA Y TIPO DE APAREJO UTILIZADO EN EL SECTOR DE SAN ISIDRO**

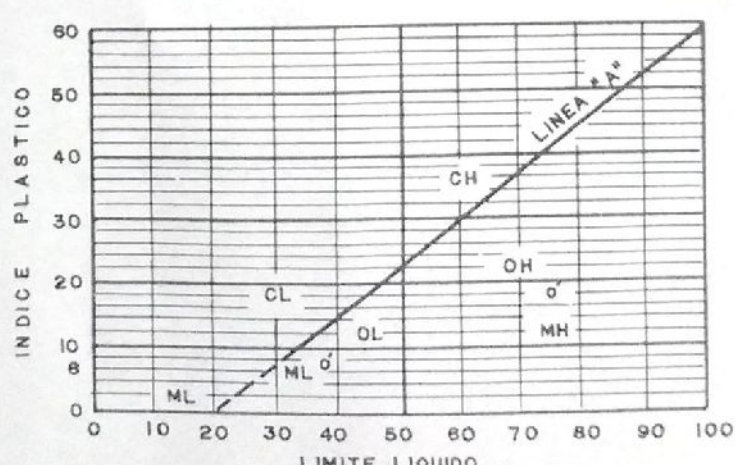
N°	DIMENSIONES (m)			ESPESOR DE JUNTA	TIPO DE APAREJO
	LARGO	ANCHO	ALTO		
VIVIENDA N° 01	0.30	0.22	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 02	0.31	0.24	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 03	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 04	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 05	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 06	0.35	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 07	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 08	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 09	0.38	0.26	0.10	2.00	CABEZA
VIVIENDA N° 10	0.30	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 11	0.31	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 12	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 13	0.30	0.24	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 14	0.31	0.22	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 15	0.35	0.25	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 16	0.32	0.24	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 17	0.32	0.23	0.09	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 18	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 19	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 20	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 21	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 22	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 23	0.30	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 24	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 25	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 26	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 27	0.32	0.21	0.11	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 28	0.32	0.22	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 29	0.32	0.22	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 30	0.34	0.22	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 31	0.30	0.23	0.10	1.50	CABEZA
VIVIENDA N° 32	0.30	0.24	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 33	0.30	0.20	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 34	0.30	0.20	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 35	0.31	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 36	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 37	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 38	0.32	0.23	0.11	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 39	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 40	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 41	0.31	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 42	0.35	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 43	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 44	0.32	0.22	0.09	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 45	0.32	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 46	0.32	0.23	0.10	1.50	SOGA
VIVIENDA N° 47	0.32	0.24	0.10	1.50	CABEZA
VIVIENDA N° 48	0.32	0.23	0.11	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 49	0.34	0.23	0.10	2.00	SOGA
VIVIENDA N° 50	0.30	0.23	0.10	1.50	SOGA
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.32</b>	<b>0.23</b>	<b>0.10</b>	<b>2.00</b>	-----



**ANEXO 05: TABLA N°01 SISTEMA  
UNIFICADO DE DE CLASIFICACION DE  
SUELOS**

CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO

SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA N° 200 (φ)		SUELOS DE PARTICULAS FINAS MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA N° 200 (USESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)		SIMBO- LOS DEL GRUPO	DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA- NULOMETRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUEN MENOS DE 5%: GW, GP, SW, SP MAS DE 12%: GM, GC, SM, SC
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS Pt		SUELOS DE PARTICULAS FINAS MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA N° 200 (USESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)			
GRAVAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA EN LA MALLA N° 4	GRAVAS LIMPAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS.)	GRAVAS LIMPAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)	GW	COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ , MAYOR DE 4 COEF. DE CURVATURA (Cc) $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ , ENTRE 1 y 3
	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA GW			GP	
	LIMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LINEA "A" ó Ip MENOR QUE 6			GM	
	LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON Ip MAYOR QUE 6			GC	
ARENAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA LA MALLA N° 4 (Usese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	ARENAS LIMPAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS.)	ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS.)	ARENAS LIMPAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS.)	SW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ , MAYOR DE 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ , ENTRE 1 y 3
	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA SW			SP	
	LIMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LINEA "A" ó Ip MENOR QUE 6			SM	
	LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON Ip MAYOR QUE 6			SC	
LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50	ML	ML	ML	EQUIVALENCIA DE SIMBLOS G. GRAVA M. LIMO O. SUELOS ORGANICOS W. BIEN GRADUADOS L. BAJA COMPRESIBILIDAD S. ARENA C. ARCILLA P. TURBA P. MAL GRADUADA H. ALTA COMPRESIBILIDAD
		CL	CL	CL	
		OL	OL	OL	
		MH	MH	MH	
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS Pt	SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS Pt	CH	CH	CH	COMPARANDO SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO
		OH	OH	OH	



CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACION DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO