



**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**APLICACIÓN DE MÉTODOS DE INSPECCIÓN Y REPARACIÓN EN  
VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON PRESENCIA DE  
DAÑOS EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PROVOCADO  
POR UN SISMO**

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**AUTORES**

Chavez Huerta, Brian Francisco (0000-0003-2154-8326)

Espíritu Castillejo, Martín Andree (0000-0003-49687563)

**ASESOR**

Orihuela Dávila, Junior Didi (0000-0002-0209-2055)

**Lima, 27 de Octubre de 2019**

## *DEDICATORIA*

*A nuestros padres y hermanos por habernos forjado un gran camino con su guía y apoyo incondicional; muchos de nuestros logros se lo debemos a ustedes. Por su afecto, esfuerzo y confianza que depositan en nosotros hemos logrado concluir una importante etapa de nuestra vida; por todo lo anteriormente mencionado la culminación de la tesis se la agradecemos a ustedes.*

*¡Muchas Gracias!*

## RESUMEN

Los sismos a través del tiempo han sido perjudiciales en el desarrollo de construcciones hechas por el hombre. Un sismo es un movimiento repentino del terreno producido por fuerzas que actúan en el interior del planeta; sus orígenes son numerosos pero el más importante son los choques entre las placas tectónicas. Respecto a las estructuras dañadas por el sismo, en la mayoría de los casos, son las viviendas familiares las que se ven perjudicadas en mayor medida, son muchas las causas, pero uno de los más importantes es la construcción de edificaciones de albañilería confinada realizadas sin ningún parámetro ingenieril (Hermosa, 2003). Por ello, cuando ocurre un sismo suele aparecer fallas en sus elementos estructurales, que en algunos casos no se le toma la debida importancia por el usuario, vale mencionar que este acto no es el correcto debido a que, si ocurriera un sismo de alta magnitud podría colapsar y como consecuencia se perderían vidas humanas. Por esta razón, a todos los profesionales dedicados al rubro de la construcción les es imprescindible contar con nociones de inspección de los daños estructurales y asimismo saber repararlas. En este documento se aprenderá las diferentes aplicaciones de métodos de inspección de fisuras en elementos estructurales tanto en columnas, vigas y muros, pero enfocado principalmente en el muro ya que, en esta técnica constructiva, el muro es el que soporta los esfuerzos, este análisis será de dos formas: Evaluación rápida y evaluación detallada. En la evaluación rápida, se determina rápidamente el riesgo o seguridad que representa la estructura; esta información será almacenada en una aplicación, el cual será la herramienta para la evaluación con el fin de determinar el nivel de seguridad de la vivienda, las cuales son seguridad total, habitable, cuidado e insegura, estableciendo de esta manera si la vivienda es habitable o no (Pinto y Torres, 2016). Finalmente, si la vivienda se encontrase en el nivel de seguridad de cuidado o insegura se pasará a una evaluación detallada; en esta evaluación se recomienda una inspección no mayor a 6 horas. En la evaluación detallada, se realiza una reevaluación de acuerdo a los niveles establecidos en la evaluación rápida, centrándose en los últimos niveles, cuidado e inseguro, respectivamente; se determinará las causas que originaron los daños, así como la magnitud de daños en los elementos estructurales a través de equipos de inspección, siendo algunos de ellos, el pacómetro y el comparador; para la posterior aplicación de diversos métodos de reparación. Finalmente, la reparación involucra la inyección de resina epoxi en grietas, reforzamiento con fibra de

carbono, malla electrosoldada, entre otros. El éxito de la aplicación de estos métodos tiene como objetivo lograr disminuir el porcentaje de probabilidad de colapso y eliminar la pérdida de vidas humanas que se realizará mediante un modelamiento de la vivienda reparada la cual tendrá que cumplir con las normas de diseño sismorresistente. Como resultado de este modelamiento en Etabs se pudo comprobar que efectivamente tras la reparación a través de fibra de carbono y malla electrosoldada en los muros de albañilería confinada, la estructura es capaz de soportar sismos de igual o mayor magnitud.

Palabras clave: Sismo, daño, estructura, vivienda, muro, grieta, inspección, reparación, esfuerzo, modelamiento, normas, seguridad.

## ABSTRACT

[Earthquakes over time have been detrimental in the development of man-made constructions. An earthquake is a sudden movement of the land produced by forces acting inside the planet; Its origins are numerous but the most important are the clashes between the tectonic plates. Regarding the structures damaged by the earthquake, in most cases, it is family homes that are harmed to a greater extent, there are many causes, but one of the most important is the construction of confined masonry buildings made without no engineering parameter (Hermosa, 2003). Therefore, when an earthquake occurs, failures usually appear in its structural elements, which in some cases do not take due importance by the user, it is worth mentioning that this act is not correct because, if a high magnitude earthquake occurs It could collapse and as a result human lives would be lost. For this reason, all professionals dedicated to the construction sector are essential to have notions of inspection of structural damage and also know how to repair them. In this document we will learn the different applications of methods of inspection of fissures in structural elements both in columns, beams and walls, but focused mainly on the wall since, in this construction technique, the wall is the one that supports the efforts, this analysis It will be in two ways: Rapid evaluation and detailed evaluation. In the rapid assessment, the risk or safety of the structure is quickly determined; This information will be stored in an application, which will be the tool for the evaluation in order to determine the level of security of the house, which are total, habitable, careful and insecure security, establishing in this way if the house is habitable or not (Pinto y Torres, 2016). Finally, if the house is at the level of care or insecurity, a detailed evaluation will be carried out; In this evaluation, an inspection of no more than 6 hours is recommended. In the detailed evaluation, a reassessment is carried out according to the levels established in the rapid evaluation, focusing on the last levels, careful and insecure, respectively; the causes that caused the damage will be determined, as well as the magnitude of damage to the structural elements through inspection equipment, some of them being the pacometer and the comparator; for the subsequent application of various repair methods. Finally, the repair involves the injection of epoxy resin in cracks, reinforcement with carbon fiber, welded mesh, among others. The success of the application of these methods aims to reduce the likelihood of collapse and eliminate the loss of human lives that will be done through a modeling of repaired housing which will have to comply with seismic-resistant design

standards. As a result of this modeling in Etabs, it was found that after the repair through carbon fiber and welded mesh in the confined masonry walls, the structure is capable of withstanding earthquakes of equal or greater magnitude.

Keywords: Earthquake, damage, structure, housing, wall, crack, inspection, repair, effort, modeling, standards, safety.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Fundamentación .....	2
1.3. Antecedentes.....	3
1.4. Realidad problemática .....	5
1.5. Formulación del problema.....	6
1.6. Hipótesis .....	6
1.7. Objetivos.....	7
1.7.1. Objetivo General.....	7
1.7.2. Objetivos específicos e indicadores de logro de los objetivos .....	7
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1. Tipos de fallas en elementos estructurales postsismo en una vivienda de albañilería confinada.....	8
2.1.1. Columnas muy espaciadas en un muro de albañilería confinada. ....	8
2.1.2. Propagación de la falla por corte desde la albañilería hacia los extremos de los elementos de confinamiento. ....	9
2.1.3. Falla por flexión .....	11
2.1.4. Falla por aplastamiento.....	12
2.1.5. Falla por corrosión de acero .....	12
2.2. Materiales y equipos .....	13
2.2.1. Equipos para la inspección .....	13
2.2.2. Materiales para la reparación.....	14
2.3. Inspección de la vivienda en albañilería confinada .....	16
2.3.1. Procedimiento para la evaluación postsísmica .....	16
2.3.1.1. Evaluación rápida .....	19
2.3.1.1.1. Aplicación usada para el desarrollo de la evaluación rápida .....	22
2.3.1.1.2. Formato para la inspección postsísmica: Evaluación rápida.....	25
2.3.1.2. Evaluación detallada.....	28
2.3.1.2.1. Métodos de inspección de muro.....	28
2.3.1.2.2. Métodos de inspección de columna .....	31

2.3.1.2.3. Métodos de inspección de viga .....	32
2.4. Reparación de la vivienda de albañilería confinada .....	33
2.4.1. Reparación de muros portantes.....	33
2.4.1.1. Grietas importantes, mayores a 3mm .....	33
2.4.1.2. Grietas desde 0.5mm hasta 3mm.....	35
2.4.1.3. Reforzamiento con fibra de carbono .....	37
2.4.1.4. Reforzamiento con malla electrosoldada.....	42
2.4.2. Reparación de columnas .....	44
2.4.2.1. Fisuras.....	44
2.4.2.2. Perdida de recubrimiento.....	44
2.4.2.3. Falta de columnas en tramo largo.....	46
2.4.2.4. Columnas cuadradas o circulares con daños moderados: perdida de sección, pandeo y fisuras por esfuerzo .....	49
2.4.3. Reparación de vigas.....	53
2.4.3.1. Refuerzos mediante recrecido con hormigón armado .....	53
2.4.3.2. Refuerzos mediante bandas de acero.....	55
<b>3. ANÁLISIS DE VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA .....</b>	<b>56</b>
3.1. Evaluación de la vivienda en estado natural.....	56
3.1.1. Ubicación.....	56
3.1.2. Calculo de cargas actuantes para la estructura .....	57
3.1.2.1. Carga muerta.....	57
3.1.2.2. Carga viva.....	57
3.1.2.3. Combinaciones de carga.....	58
3.1.2.4. Calculo del peso de la edificación y excentricidades .....	59
3.1.3. Modelamiento de la edificación .....	63
3.1.3.1. Primer modelo respecto a la Norma Sismorresistente E030 .....	63
3.1.3.1.1. Zonificación .....	63
3.1.3.1.2. Condiciones Geotécnicas .....	65
3.1.3.1.3. Factor de amplificación sísmica.....	66
3.1.3.1.4. Categoría de la edificación (factor de uso).....	67
3.1.3.1.5. Coeficiente de reducción R .....	67
3.1.3.1.6. Cortante basal.....	67
3.1.3.1.7. Verificación por densidad de muro .....	68



3.1.3.1.8. Verificación por carga vertical .....	70
3.1.3.1.9. Verificación de resistencia al corte y control de fisuras.....	71
3.1.3.1.10. Análisis de resultados .....	72
3.1.3.2. Segundo modelo según espectro tiempo-historia .....	74
3.2. Evaluación de la vivienda reforzada.....	78
3.2.1. Refuerzo por malla electrosoldada .....	78
3.2.1.1. Sección transformada .....	78
3.2.1.2. Cálculo de la rigidez lateral .....	79
3.2.1.3. Fisuración en tracción por flexión .....	79
3.2.1.4. Diseño de los elementos de confinamiento .....	80
3.2.2. Refuerzo por fibra de carbono .....	80
3.2.3. Análisis de resultados .....	81
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
4.1. Conclusiones.....	84
4.2. Recomendaciones .....	85
<b>5. REFERENCIAS .....</b>	<b>86</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sismos más importantes en el Perú en los últimos 500 años .....	4
Tabla 2 Objetivos Específicos e indicadores de logro.....	7
Tabla 3 Comparación entre evaluación rápida y detallada.....	17
Tabla 4 Fases del ensayo de carga lateral cíclica .....	23
Tabla 5 Fases del ensayo de carga lateral cíclica, con sus respectivas grietas correspondientes a cada fase o desplazamiento.....	25
Tabla 6 Carga muerta por los niveles 1 y 2 .....	57
Tabla 7 Carga muerta por el nivel 3 .....	57
Tabla 8 Cargas repartidas según Norma E 0.20 .....	58
Tabla 9 Cargas viva para los niveles 1 y 2 .....	58
Tabla 10 Cargas viva para los niveles 3 .....	58
Tabla 11 Propiedades del ladrillo artesanal.....	62
Tabla 12 Peso de la edificación en estudio.....	63
Tabla 13 Excentricidades de la edificación en estudio.....	63
Tabla 14 Factores de zona sísmica según Norma E030 .....	64
Tabla 15 Perfiles de suelos según norma E030 .....	65
Tabla 16 Clasificación de los perfiles del suelo .....	65
Tabla 17 Factores del suelo según la zona sísmica .....	66
Tabla 18 Factores del periodo TP y TL.....	66
Tabla 19 Factores de amplificación sísmica.....	66
Tabla 20 Factores de coeficiente de reducción.....	67
Tabla 21 Parámetros sísmicos identificados para la verificación de densidad de muros ....	68
Tabla 22 Resultado de longitud total y el espesor del muro.....	69
Tabla 23 Resultados de verificación de densidad de muros en el primer nivel.....	69
Tabla 24 Parámetros sísmicos identificados para la verificación de densidad de muros ....	69
Tabla 25 Resultado de longitud total y el espesor del muro.....	70
Tabla 26 Resultados de verificación de densidad de muros en el segundo nivel.....	70
Tabla 27 Datos para la verificación por carga vertical .....	71
Tabla 28 Datos para la verificación a la resistencia al corte .....	72

Tabla 29 Resultados de cortantes máximos por muro en el primer nivel del primer modelo .....	73
Tabla 30 Resultados de cortantes máximos por muro en el segundo nivel del primer modelo .....	74
Tabla 31 Resultados de fuerzas alledañas A que impactan a la vivienda en estudio .....	76
Tabla 32 Resultados de fuerzas alledañas B que impactan a la vivienda en estudio.....	76
Tabla 33 Resultados de cortantes máximos por muro en el primer nivel del segundo modelo .....	77
Tabla 34 Resultados de cortantes máximos por muro en el segundo nivel del segundo modelo .....	77
Tabla 35 Datos para el cálculo de rigidez de muro .....	78
Tabla 36 Datos para el diseño de los elementos de confinamiento .....	80
Tabla 37 Datos para el cálculo de la Resistencia admisible a la tracción .....	81
Tabla 38 Resultados de cortantes máximos por muro en el primer nivel del segundo modelo .....	83
Tabla 39 Resultados de cortantes máximos por muro del segundo nivel del segundo modelo .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de subducción de la placa de Nazca sobre la placa de Sudamérica.....	2
Figura 2. Falla en la parte superior media del muro por separación de más de 5.5m .....	9
Figura 3. Falla por corte en el plano .....	9
Figura 4. Falla de tracción diagonal o corte en la fachada de una vivienda que carece de columnas de refuerzo y viga de amarre. ....	10
Figura 5. Longitud de diente.....	10
Figura 6. Falla por flexión en el plano .....	11
Figura 7. Falla por flexión negativa de muro .....	11
Figura 8. Falla por aplastamiento del muro .....	12
Figura 9. Losa aligerada con acero de vigueta corroído.....	13
Figura 10. Equipos para la inspección.....	14
Figura 11. Materiales para la reparación .....	15
Figura 12. Diagrama de Flujo de evaluación postsísmica de una edificación de albañilería confinada .....	18
Figura 13. Aviso de seguridad total en la vivienda inspeccionada.....	19
Figura 14. Aviso de vivienda habitable posterior a su inspección .....	20
Figura 15. Aviso de vivienda en cuidado posterior a su inspección.....	21
Figura 16. Aviso de vivienda insegura posterior a su inspección. ....	22
Figura 17. Grietas generadas por la fase 3 (D=2.5mm), la fase 4 (D=5.00mm) y la fase 5 (D=7.5mm) .....	23
Figura 18. Grietas generadas por la fase 6 (D=10.0mm) .....	24
Figura 19. Grietas generadas por la fase 7 (D=12.5mm) y la fase 8 (D=15.0mm) .....	24
Figura 20. Grietas generadas por la fase 9 (D=17.5mm) .....	24
Figura 21. Grietas generadas por la fase 10 (D= 20mm) .....	25
Figura 22. Formato para la inspección postsísmica: Evaluación rápida .....	27
Figura 23. Picado de grietas importantes.....	34
Figura 24. Relleno con concreto en las grietas y columna con previo aplicado del epóxico .....	35
Figura 25. Secuencia de reparación de fisuras con epóxico .....	37
Figura 26. Corte de la fibra de carbono de acuerdo al ancho requerido.....	39

Figura 27. Aislado con esmeril en las zonas donde se colocarán las bandas .....	39
Figura 28. Alineamiento horizontal con el tiralíneas para la colocación de bandas .....	40
Figura 29. Aplicación del imprimante Mbrace Primer haciendo uso de rodillo .....	40
Figura 30. Aplicación del sellador Mbrace Putty haciendo uso de una espátula .....	40
Figura 31. Aplicación de la resina Mbrace Saturant haciendo uso de rodillo .....	41
Figura 32. Aplicación de la resina Mbrace Saturant haciendo uso de rodillo .....	41
Figura 33. Segregación de la resina causada por aplastamiento del rodillo metálico .....	41
Figura 34. Colocación del epóxido sobre la banda para su encapsulamiento .....	42
Figura 35. Vista final de la reparación del muro portante reforzado con fibra de carbono. ....	42
Figura 36. Vista del proceso constructivo en la instalación de mallas electrosoldadas .....	43
Figura 37. Vista final de la reparación con malla electrosoldada.....	44
Figura 38. Parche en paramento vertical .....	45
Figura 39. Detalle de anclaje de fierro .....	46
Figura 40. Detalle del anclaje de acero en la viga y base en forma troncal .....	47
Figura 41. Detalle de columna, con su respectivo recubrimiento de acero .....	49
Figura 42. Redondeo de esquinas para la obtención del adecuado recubrimiento.....	51
Figura 43. Detalle de columna, consideraciones para la distribución de estribos.....	52
Figura 44. Recubrimiento del acero para el llenado de concreto con muestra de detalle ...	52
Figura 45. Agrandado y recrecimiento de vigas.....	54
Figura 46. Incrementos de capacidad .....	55
Figura 47. Estado de vivienda en estudio del 2013 .....	56
Figura 48. Estado actual de vivienda en estudio .....	57
Figura 49. Levantamiento arquitectónico del primer nivel en el cual se identificó los muros portantes. ....	59
Figura 50. Levantamiento estructural del primer nivel .....	60
Figura 51. Levantamiento arquitectónico del segundo en el cual se identificó los muros portantes .....	60
Figura 52. Levantamiento estructural del segundo nivel.....	61
Figura 53. Levantamiento arquitectónico del tercer nivel en el cual se identificó los muros portantes .....	61
Figura 54. Levantamiento estructural del tercer nivel.....	62
Figura 55. Distribución Zonas sísmicas .....	64
Figura 56. Dirección EW con amortiguamiento del 5% .....	75

Figura 57. Dirección NS con amortiguamiento del 5%.....	75
Figura 58. Resultados de las fuerzas de corte en tn de un muro reforzado con malla electrosoldada.....	82
Figura 59. Resultados de los esfuerzos de corte de un muro reforzado con malla electrosoldada.....	82

## 1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

Los sismos son recurrentes en el mundo, y se puede definir como un fenómeno natural que se manifiesta mediante movimientos pasajeros de la corteza terrestre. A través del tiempo, han ocurrido terremotos de gran magnitud, por ejemplo, en el Perú existen dos terremotos representativos, el terremoto de Ancash de 1970 y el terremoto de Ica del 2007. En ambos las consecuencias fueron devastadoras y en muchos casos las viviendas fueron las más afectadas, esto se debió por la falta de conocimiento ingenieril y negligencias de construcción. Por ello, la investigación se enfocará en la aplicación de métodos de inspección y reparación de los elementos estructurales de viviendas de albañilería confinada después de un sismo. Por tal motivo, es importante saber los antecedentes de terremotos ocurridos alrededor del mundo, de esta manera poder entender y analizar el comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada y el tipo de fallas que puedan presentar sus elementos estructurales. Gracias a diversos estudios realizados se pudo determinar los diferentes tipos de fallas en los muros de albañilería confinada y la aplicación de los mejores métodos de inspección y reparación ejecutados en elementos estructurales.

En primera instancia, se aplicará metodologías de inspección de viviendas en dos fases: Inspección rápida e inspección detallada; para la inspección rápida se creará una aplicación para celular donde se podrá determinar si la vivienda es habitable, de cuidado o insegura, esta aplicación se creará con el fin de realizar las inspecciones con mayor rapidez y eficientemente, asimismo ayudará a recopilar información necesaria y pertinente para la ejecución de la inspección detallada, para dicha inspección se procederá a analizar cada elemento de la albañilería confinada como es la columna, viga y muro portante de ladrillo de arcilla, pero principalmente el muro portante ya que es el elemento principal que soporta los esfuerzos provocados por un sismo.

En segunda instancia se dará a conocer los métodos de reparación de los elementos estructurales anteriormente mencionados. Los métodos de reparación fueron seleccionados basándose en la resistencia, rigidez y funcionalidad que aporta a los elementos estructurales que fallaron. Siendo el muro portante el elemento principal de la estructura se aplicará la

reparación con bandas de fibra de carbono con un previo sellado de las grietas haciendo uso de concreto o epoxi según lo requiera.

Finalmente, es de extrema importancia determinar si la reparación de los elementos estructurales es óptima y segura para resistir un próximo sismo de igual o mayor magnitud, por ello la vivienda reparada se modelará en el software ETABS 2016, donde se podrá determinar que todos los elementos estructurales cumplan con las normas de edificación y sismorresistente.

## 1.2. Fundamentación

La albañilería confinada es la técnica de construcción que se emplea normalmente para la construcción de una vivienda. En este tipo de construcción se utilizan ladrillos de arcilla cocida, columnas de amarre y vigas soleras. En este tipo de viviendas primero se construye el muro de ladrillo, luego se procede a vaciar el concreto de las columnas de amarre y, finalmente, se construye el techo en conjunto con las vigas (Medina, R., Blanco, A. 2018).

También, es importante definir las principales causas de los sismos, tales como fenómenos volcánicos y la interacción de las placas tectónicas. En particular y tomando de ejemplo el Perú tenemos dos placas principales los cuales son las placas de Nazca y Sudamericana. Asimismo, la causa de los sismos más importantes que haya sufrido el Perú y en América del Sur ocurre cuando la placa de Nazca sufre un proceso de subducción por debajo de la placa de Sudamericana (Figura 1).

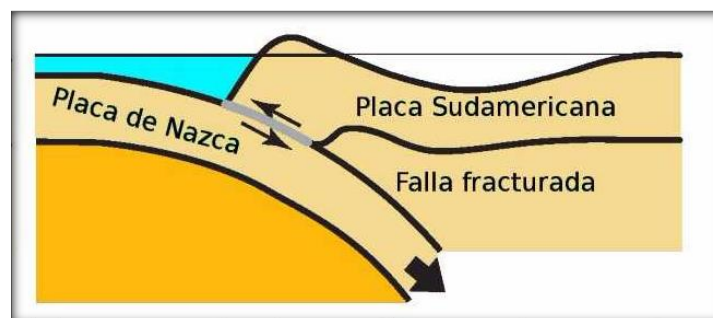


Figura 1. Proceso de subducción de la placa de Nazca sobre la placa de Sudamérica

Fuente: Farias, 2017



Por ello, ante los frecuentes movimientos telúricos y de distintas magnitudes que vienen ocurriendo en nuestro país y el mundo, obligan a los profesionales en construcción a adoptar nuevos métodos que permitan reparar de manera adecuada las diversas edificaciones dañadas producto del sismo, aplicando un estudio previo de inspección.

Este estudio brindará soporte a las necesidades de las personas afectadas, incorporando las soluciones de reparación e inspección más adecuadas a sus viviendas.

### 1.3. Antecedentes

En la presente investigación tomaremos como ejemplos dos terremotos representativos en el Perú los cuales son el sismo de Ancash del 31 de mayo de 1970 y el de la región de Ica del 15 de agosto del 2007.

El terremoto de Áncash fue de una magnitud de 7.8 en la escala de Richter, el área afectada abarcó más de 50,000 km<sup>2</sup>, afectando, principalmente, el departamento de Áncash, el sur del departamento de La Libertad y el norte del departamento de Lima. Sin embargo, la ciudad de Chimbote fue la zona más afectada ya que, sucedió un fenómeno llamado licuación de suelos y por consecuencia el hundimiento de viviendas de albañilería confinada, el número de edificaciones que sufrieron daños corresponden al 90% del total de viviendas de dicha ciudad. Este desastre ocurrió debido a que la calidad de los bloques de arcilla o ladrillos en estos lugares era baja y no correspondería a unidades de acuerdo a norma, se evidencio el uso de ladrillos pandereta no estructurales, asimismo la zona estaba constantemente amenazada por las inundaciones del río Lacramarca. Debido a estos desastres, el estado constituyo organizaciones especializadas en ayuda a los damnificados, entre estos existió un proyecto que a través del Decreto Ley No. 18360 del 10 de junio de 1970, se crean la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la zona afectada por el terremoto del 31 de mayo de 1970, específicamente la comisión tuvo como nombre: “Proyecto de Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería (PRRVA)”, ellos se focalizaron en la inspección de daños ocasionados y establecer métodos de reparación a las diferentes fallas estructurales. Es importante recalcar que este proyecto fue impulsado por la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la zona afectada (CRYRZA). Según el reporte de la PRRVA afirmo que la mayoría de viviendas sufrieron daños por carecer de columnas de refuerzo en sus edificaciones (HERMOSA, 2003).

En el terremoto del departamento de Ica del 2007, la ciudad más afectada fue Chíncha Alta y Pisco, donde se registró una magnitud de grado VIII en la escala de Mercalli Modificada. Se pudo concluir que las construcciones de albañilería que fallaron tenían defectos estructurales y no habían sido diseñadas de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones, así como la Norma de Diseño Sismo Resistente. Es importante recalcar que los daños que se ocurrieron en Ica fueron mucho menores a los ocurridos en Ancash, debido a que paulatinamente se incorporó columnas de refuerzo en las viviendas.

Los estudios realizados por el CISMID FIC/UNI como consecuencia del terremoto, colapsó solamente el 2% de las viviendas de albañilería, el 3% resultó con daños severos y el 95% restante tuvo daños leves o no registró daño alguno.

Es por ello, que el desarrollo de esta investigación tiene como finalidad brindar métodos de inspección y reparación de viviendas con presencia de daños en sus elementos estructurales causados por un sismo.

Tabla 1

*Sismos más importantes en el Perú en los últimos 500 años*

Fecha	Magnitud	Epicentro	Zonas afectadas, víctimas y daños
23 de enero, 1582	8.2 Mw	Arequipa	Sur del Perú. 30 muertos, destrucción total de Arequipa y sus alrededores.
9 de Julio, 1586	8.6 Mw	Océano Pacífico	Costa central del Perú. 22 muertos. La torre de la Catedral de Lima y las partes altas de edificios se derrumban.
14 de febrero, 1619	8.4 Mw	Trujillo, Libertad	La Costa norte del Perú. 3000 - 5000 muertos. Destrucción de Trujillo, Piura, Saña y Santa.
31 de marzo, 1650	7.7 Ms	Cusco	Sur y centro del Perú. Terremoto destructor de larga duración. 5000 muertos. Causó fuertes daños en las edificaciones.
20 de octubre de 1687	8.0 Mw 8.4 Mw	Oeste de Lima y Callao	Costa y sierra central del Perú. Dos terremotos en el mismo día. Maremoto arrasa el Callao y otras ciudades costeras. 1541 muertos. Destrucción total de Lima.
6 de enero, 1725	7.8 Ms	Trujillo	Norte del Perú. Fuerte sismo de duración prolongada. 4000 muertos. En los nevados de la Cordillera Blanca originó la rotura de una laguna glaciaria, la cual desbordándose, arrasó un pueblo cercano a Yungay, muriendo 1500 personas.
28 de octubre, 1746	9.0 Mw	Callao	Costa y sierra central del Perú. El mayor terremoto de la historia de Lima. Maremoto gigantesco. Entre 15 000 a 20 000 muertos. En Lima unas 5000.
10 de julio, 1821	7.9 Ms	Camaná, Arequipa	Actual Dpto. de Arequipa. 162 muertos. Causa grandes daños en los pueblos de Camaná, Ocoña. Caravelí, Chuquibamba y el Valle del Majes.

13 de agosto, 1868	9.0 Mw	Océano Pacífico	Sur del Perú, Bolivia y actual norte de Chile. Se percibió desde Samanco en Perú, hasta Valdivia en Chile. Al menos 700 muertos (500 de ellos en todo el litoral afectado).
1 de noviembre, 1947	7.7 Mw	Satipo, Junín	Entre la sierra central y la selva peruana. 2233 muertos. Daños pronunciados en Satipo y otros pueblos aledaños.
17 de octubre, 1966	8.2 Mw	Océano Pacífico	Costa central del Perú. Acompañado de un maremoto moderado. 220 muertos; 1800 heridos; 258 000 damnificados.
31 de mayo, 1970	7.9 Mw	Océano Pacífico	Norte del Perú. El más catastrófico ocurrido en el Perú, por la cantidad de víctimas. 100 000 muertos (25 000 desaparecidos); 358 000 heridos (157 245 hospitalizados); 3 000 000 damnificados. La ciudad de Yungay desaparece cubierta por un gigantesco aluvión.
03 de octubre, 1974	8.1 Mw	Lima	Dptos. de Lima e Ica. Duración de cerca de 2 minutos. 252 muertos; 3600 heridos; 300 000 damnificados.
23 de junio, 2001	8,4 Mw	Océano Pacífico	Sur del Perú. Es el sismo de mayor magnitud que ocurrió en el Perú, del cual se tenga registro instrumental de 240 muertos (70 desaparecidos); 2 400 heridos; 460 000 damnificados.
15 de agosto, 2007	8,0 Mw	Océano Pacífico	Provincia de Pisco, Chincha, Ica y Cañete. 595 fallecidos, 2291 heridos, 76 000 viviendas destruidas e inhabitables y 431 000 personas afectadas.
02 de abril, 2014	7,6 Mw	Iquique, Chile	Sur del Perú. Sin daños. Sentido V en Tacna IV Arequipa y III Puno.
26 de mayo, 2019	8.0 Mw	Loreto	Colombia, Ecuador, Perú y oeste de Brasil. El tiempo de duración del terremoto fue de 127 segundos causando la muerte de 2 personas.

Fuente: Elaboración propia

#### 1.4. Realidad problemática

A través de un de un patrón estadístico, geólogos de las universidades de Colorado y Montana, según Thomas Heselaars (2018, como se citó en Roger Bilham y Rebecca Bendick, 2018), en cinco ocasiones durante el siglo pasado la cantidad de sismos, de magnitud mayor o igual a 7, aumentaron en un 25 a 30%.

La investigación realizada por estos geólogos nos advierte que el planeta tendrá actividades sísmicas sorprendentes por lo que es de mucha importancia contar con estudios que brinden el conocimiento necesario para poder afrontar el desastre que deja el sismo, principalmente reparando el gran daño que ocasiona a las estructuras de viviendas familiares.

Es importante señalar la definición de silencio sísmico el cual es un área territorial en donde por un determinado tiempo, que pueden ser días, semanas, meses o incluso años no se producen sismos o terremotos (Mendoza, 2012). Un claro ejemplo es Lima, la capital del

Perú, el cual arrastra un silencio sísmico desde 1746, lo que significa que tiene mucha energía acumulada y que en algún momento podría generarse un movimiento telúrico de magnitud importante, para lo cual debemos estar preparados.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) señala que si bien todo el Perú es sísmico hay espacios como Lima donde hace mucho tiempo la tierra no libera energía. Asimismo, otro dato importante es la región de Tacna, donde, de acuerdo con el mapa sísmico del IGP, tiene menos puntos rojos, es decir, epicentros de sismos fuertes. Debe señalarse que Tacna el silencio sísmico data desde 1886.

Finalmente, cabe mencionar que los sismos afectan las viviendas ocasionando daños que pueden ser visibles o no visibles, por ello es pertinente la inspección de las viviendas después de un sismo. En efecto, evaluar adecuadamente un elemento estructural nos permitirá saber si es posible seguir habitándola o si se requiere de alguna adaptación para poder usarla o si definitivamente dicha edificación no puede ser habitada nuevamente y por el contrario representa un peligro inminente adicional y es mejor realizar una demolición. Por ello, el principal problema es la falta de conocimiento profesional de inspección y métodos de reparación de una vivienda después de un sismo moderado o severo.

#### 1.5. Formulación del problema

¿En qué medida la aplicación de métodos de inspección y reparación de viviendas de albañilería confinada brindará ayuda a los pobladores víctimas del terremoto?

#### 1.6. Hipótesis

Después de un sismo, las viviendas de albañilería confinada sufren daños en sus elementos estructurales, sin embargo, mediante diferentes métodos de reparación con una previa evaluación y/o inspección lograremos que estos elementos no vuelvan a fallar después de ocurrido un sismo de igual o mayor magnitud al cual fue afectado.

## 1.7. Objetivos

### 1.7.1. Objetivo General

Aplicación de métodos que nos permitan identificar a través de inspecciones y/o evaluaciones rápidas y detalladas los daños estructurales en una vivienda de albañilería confinada, para su posterior aplicación de diversos métodos de reparación en sus elementos estructurales.

### 1.7.2. Objetivos específicos e indicadores de logro de los objetivos

En el presente proyecto de investigación se presentará los objetivos específicos e indicadores del logro, como se detalla en la tabla 2.

Tabla 2

*Objetivos Específicos e indicadores de logro*

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Logro de los Objetivos</b>
Determinar los tipos de fallas en los elementos estructurales postsismo.	Se determinó los daños presentes en las viviendas de albañilería confinada después de un sismo.
Definir e identificar los materiales que se usaran para la reparación de los elementos estructurales que presenten daño.	Identificación de los materiales a usar para la reparación de la vivienda.
Aplicar métodos de inspección y/o evaluación postsísmica para determinar la gravedad de los daños en una vivienda de albañilería confinada.	Aplicación de métodos de evaluación rápida y detallada con el cual se determinó el estado de la edificación.
Aplicar métodos de reparación en los elementos estructurales en una vivienda de albañilería confinada que garanticen la habitabilidad de la misma.	Aplicación del método más adecuado de reparación de muros, columnas y vigas, devolviendo al elemento estructural su funcionalidad y a la vivienda su habitabilidad.
Modelar la vivienda de estudio en estado original.	Se verifico que la vivienda no cumple con los parámetros sismo resistente, a través del modelamiento en ETABS.
Modelar la vivienda de estudio ya reparada.	Se verifico y/o determino el cumplimiento de los parámetros sismo resistente de la vivienda reparada a través del modelamiento en ETABS.

Fuente: Elaboración propia

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Tipos de fallas en elementos estructurales postsismo en una vivienda de albañilería confinada

Una estructura es un conjunto de elementos estructurales que tienen como finalidad dar solidez y protección a una edificación. Dichas estructuras deben soportar fuerzas como las cargas muertas, cargas vivas y cargas de sismo sin fisurarse ni deformarse en demasía. Si bien es cierto que a través del tiempo los métodos constructivos han ido mejorando en muchas partes del mundo, sin embargo, aún no se respetan las normas de construcción, por ello ocurren fallas estructurales que pueden ocasionar el colapso de la edificación.

Una falla estructural es cuando un elemento o elementos estructurales dejan de cumplir la función pertinente de una manera adecuada. Al nivel estructural, se afirma que ha fallado cuando el elemento ha sufrido cambios en sus condiciones durante su vida, produciendo alteraciones en su rigidez y resistencia. En muchos de los casos estas ocurren debido a técnicas constructivas induciendo a errores o desviaciones con respecto a las condiciones de diseño.

En el Perú, la construcción de viviendas de albañilería confinada es comúnmente construida por personal no calificado ni una supervisión profesional idóneo, el desconocimiento de las normas de edificación es el principal factor de malas técnicas de construcción, la cual conlleva a que dichas viviendas sufran daños estructurales en presencia de un sismo. Es por ello que, en este capítulo se detallará los daños y errores que comúnmente se cometen en la construcción de una vivienda.

#### 2.1.1. Columnas muy espaciadas en un muro de albañilería confinada.

Para que todos los elementos estructurales cumplan su función de una manera eficiente y trabajen en conjunto, es decir como si solo fuera de una sola pieza, es de extrema importancia que la unión entre ellos sea buena. Por ello la unión entre el muro portante y sus columnas de confinamiento debe ser consistente.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la separación máxima entre columnas debe ser el doble de la altura del paño de ladrillo. Si es mayor, existe el riesgo que

aparezcan grietas en la parte central del muro. Por otro lado, se recomienda que la altura de piso a techo sea de tres metros como máximo.

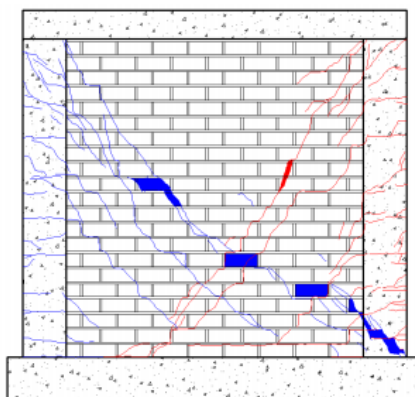
Por ello se puede afirmar que las fallas se producen en la parte superior media por momento positivo y en algunos casos en la unión de la columna con el muro por flexión negativa, formándose una grieta de ancho variable.



*Figura 2.* Falla en la parte superior media del muro por separación de más de 5.5m  
Fuente: Kuroiwa y Salas, 2009

2.1.2. Propagación de la falla por corte desde la albañilería hacia los extremos de los elementos de confinamiento.

La falla por corte se caracteriza por un agrietamiento diagonal del paño de albañilería, y es consecuencia de las tensiones de tracción diagonal que se producen en el paño. Asimismo, la energía acumulada en muro antes de su falla por corte es alta y aunque se intente disipar a través de las grietas por flexión, que en su mayoría de casos estas grietas se forman en las columnas antes que inicie la grieta por corte en el muro, de la misma manera puede disipar su energía en forma inmediata dañando los elementos de confinamiento



*Figura 3.* Falla por corte en el plano  
Fuente: Kuroiwa y Salas, 2009

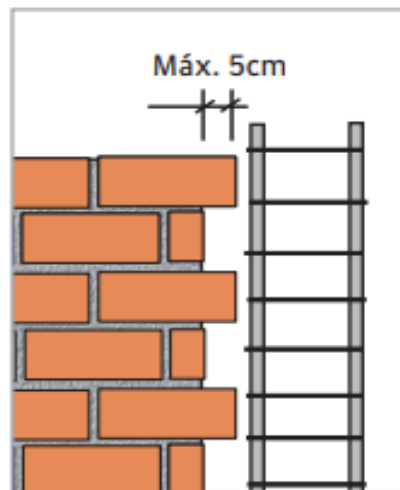


*Figura 4.* Falla de tracción diagonal o corte en la fachada de una vivienda que carece de columnas de refuerzo y viga de amarre.

Fuente: Kuroiwa y Salas, 2009

Para mitigar las fallas por tracción diagonal o corte se debe considerar el siguiente procedimiento constructivo.

Dentado del muro: Tiene como objetivo la unión óptima entre muro y columna. Según la Norma E-070 se refiere a este tema y nos dice: “La longitud del diente no debe exceder los 5 cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y de partículas (Medina y Blanco, 2018).



*Figura 5.* Longitud de diente

Fuente: Medina y Blanco, 2018



### 2.1.3. Falla por flexión

Esta falla se produce cuando se genera tracciones relevantes en los pilares de confinamiento (viga y columna), en ese momento es cuando se produce la fluencia de los fierros longitudinales y por ende una falla de compresión por flexión en el talón del muro (sobrecimiento).

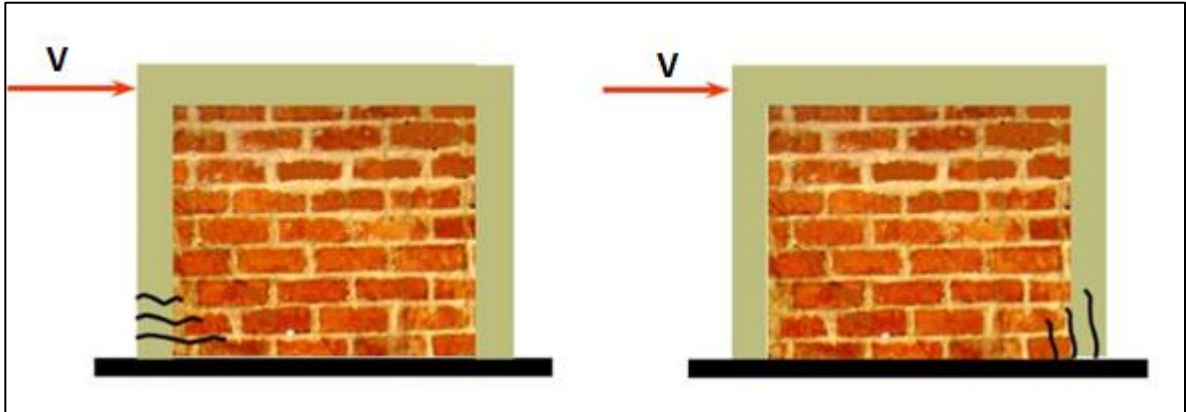


Figura 6. Falla por flexión en el plano

Fuente: Medina y Blanco, 2018

La falla por flexión también se da sobre el plano del muro, en ese caso, la acción por flexión negativa genera un agrietamiento en las partes laterales del muro (al costado de la columna), de forma vertical con anchos variables de grieta.



Figura 7. Falla por flexión negativa de muro

Fuente: Medina y Blanco, 2018

#### 2.1.4. Falla por aplastamiento

Esta falla es muy usual frente a un sismo, este se produce cuando se separa el paño de albañilería de los elementos de confinamiento. Esto genera grandes tensiones en las esquinas del muro, estas son las que provocan el aplastamiento del muro. Asimismo, se puede afirmar que este fenómeno puede flexionar a las columnas en el plano del muro deteriorando la unión de muro y columna.

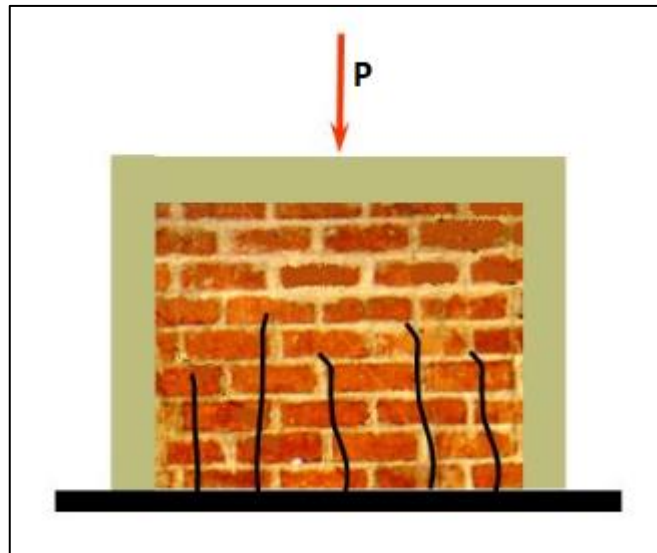


Figura 8. Falla por aplastamiento del muro

Fuente: Medina y Blanco, 2018

#### 2.1.5. Falla por corrosión de acero

La corrosión del acero en las estructuras es un fenómeno que ocurre por la destrucción de la capa superficial que se forma naturalmente sobre el embebido dentro del concreto. Este fenómeno mayormente se debe a la alta alcalinidad del concreto cuando reacciona con sustancias ácidas o por la presencia de cloruros. Sin embargo, un factor importante para que no se presente la corrosión es la permeabilidad del concreto y que este suceda por las buenas prácticas constructivas.

Estudios demuestran que cuando la relación agua/cemento excede en 0.6, la hermeticidad se disminuye y la permeabilidad a los fluidos e iones aumenta considerablemente debido al incremento en la porosidad capilar. (Asocreto, 2017)

Asimismo, otro factor importante se debe a que la capa superficial del concreto puede ser debido al mal curado o el secado prematuro del concreto. Por ello, es importante seguir las

correctas técnicas constructivas que corresponde al curado, el cual nos indica que el curado debe iniciar después que se haya presentado el fraguado final y debe ser durante mínimo siete días.

También. la corrosión del acero en el concreto, no es más que el desgaste que sufren los metales por la continua exposición a los factores climáticos o externos, tales como, la carbonatación, poco espesor en el recubrimiento del concreto, los cuales alteran la composición eléctrica del metal logrando así que se deterioren sus moléculas y partículas, con lo que terminará por hacerse una completa destrucción de las propiedades físicas de fuerza y resistencia que el metal ofrece, siendo ahora débil y nada resistente a la tensión y a la exposición que debe soportar este tipo de estructuras en cualquier construcción.



*Figura 9.* Losa aligerada con acero de vigueta corroído

Fuente: FHECOR, 2013

## 2.2. Materiales y equipos

### 2.2.1. Equipos para la inspección

Son diferentes los tipos de equipos que se utilizan para la inspección de los muros que han sufrido daño después de un sismo, las cuales se muestran en la siguiente figura.

Instrumento	Descripción	Imagen
<b>El comparador</b>	<p>El comparador es un instrumento que sirve para la medición de anchos en la fisura en el elemento estructural. Los anchos de las fisuras se pueden medir con una precisión de alrededor de 0,025 mm.</p>	
<b>El Pacómetro</b>	<p>Este instrumento indica la presencia de acero en columnas y vigas las cuales le permiten al técnico determinar la profundidad y el tamaño de las barras de armadura. Sin embargo, en algunos casos puede ser necesario retirar el recubrimiento (a menudo usando taladros o cinceles) para identificar los tamaños de las barras, esto sucede cuando el recubrimiento no es el adecuado.</p>	

Figura 10. Equipos para la inspección

Fuente: FHECOR, 2013

### 2.2.2. Materiales para la reparación

Luego de la inspección, en caso sus elementos estructurales queden en estado reparable, se procede a implementar los métodos de reparación, por lo que es necesario contar con algunos materiales incidentes, como se detalla en la Fig. 11.









Instrumento	Descripción	Imagen
<b>Resinas Epoxi</b>	Es un sistema de dos componentes, a base de resina epóxica modificada, exento de solventes y de excelente fluidez. Se utiliza para inyecciones de grietas de concreto.	
<b>Acero corrugado grado 60</b>	Barras de acero rectas de sección circular, con resaltes Hi-bond de alta adherencia con el concreto. Se presenta en diferentes diámetros de acuerdo con el requerimiento de la estructura.	
<b>Cemento portland tipo I</b>	Es un cemento de uso general en la construcción, se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker y yeso.	
<b>Ladrillo King Kong 18 huecos</b>	Prácticamente son de fabricación industrial. Sus dimensiones nominales son 23x13x9 cm, con perforaciones perpendiculares a la cara de asiento que reducen el área neta a menos del 70% del área bruta y que le dan la denominación de unidades huecas.	
<b>Mbrace Primer</b>	Es un compuesto epóxido que se utiliza como imprimante para sellar los poros de la albañilería y el concreto.	
<b>Mbrace Putty</b>	Es una pasta epóxica que sirve para nivelar defectos y generar una superficie lisa.	
<b>Mbrace Saturant</b>	Es una resina epóxica que se emplea para encapsular las fibras de carbono.	
<b>Fibra de carobono</b>	Son rollos de 50cm de ancho, 0.165 mm de grosor, resistencia a la tracción de 38000 kg/cm2 y un módulo de elasticidad de 2270000 kg/cm2 en su dirección longitudinal, mientras que en su dirección transversal la resistencia es nula.	
<b>Malla electrosoldada</b>	La malla electrosoldada es un sistema de barras de acero, uno longitudinal y otro transversal, que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos, mediante soldaduras eléctricas por resistencia en un proceso de producción en serie.	

Figura 11. Materiales para la reparación

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3. Inspección de la vivienda en albañilería confinada

### 2.3.1. Procedimiento para la evaluación postsísmica

Debido a los terremotos ocurridos en las últimas décadas en el mundo, ha sido necesario desarrollar diversos procedimientos que permitan realizar evaluaciones inmediatas a las edificaciones afectadas por un sismo.

El propósito es determinar de forma rápida, si una estructura que ha sido expuesta a un sismo es o no segura, reconociendo si la edificación es habitable, se encuentra dañada, si llega a colapsar o si esta próxima al colapso frente a la ocurrencia de réplicas.

La evaluación postsísmica es un procedimiento visual que permite reconocer el estado de sus elementos estructurales que se encuentra la edificación después de haber sido afectada por el sismo; tiene como finalidad proteger de forma inmediata a los habitantes de dicha edificación, ya que se ofrecerá un diagnóstico del estado de la vivienda.

La evaluación debe de ser realizada lo más antes posible de forma visual y deberá mostrar el estado del daño de sus elementos en la estructura, esta evaluación deberá ser realizada por un evaluador capacitado y con conocimientos necesarios para determinar de forma correcta la situación en la que se encuentra la edificación.

Los puntos más importantes para el desarrollo de procedimientos de evaluación son los siguientes:

- Clasificación de los daños
- Organización y recolección de información
- Análisis y procesamiento de la información
- Clasificación del estado de la edificación

El procedimiento de evaluación postsísmica aprecia dos niveles: Evaluación rápida y Evaluación detallada. La evaluación rápida, permite determinar de forma inmediata mediante de forma visual si la estructura es segura o no; la evaluación detallada, es una inspección visual más a fondo, donde se reexamina la edificación especificando el nivel de los daños en sus elementos estructurales.

Uno de los propósitos más fundamentales de la evaluación postsísmica, es la clasificación del nivel de seguridad de la vivienda, cuyos resultados de inspección agrupan 4 niveles de seguridad: Seguridad total, habitable, Cuidado e insegura.

Posterior a la evaluación detallada, en la cual se habrá aplicado diversos métodos de inspección para determinar la gravedad de los daños, se procederá a realizar las reparaciones, refuerzos, demolición total o parcial de la estructura de ser necesario, todo esto a cargo de un personal especializado en el área.

Tabla 3

*Comparación entre evaluación rápida y detallada*

	<b>Evaluación Rápida</b>	<b>Evaluación Detallada</b>
Comprende	El uso de un aplicativo móvil para determinar con mayor rapidez y precisión si la vivienda se encuentra en estado habitable o no.	Realización de una evaluación más profunda; corrobora los datos obtenidos en la evaluación rápida, en los casos en los que se encontró que la vivienda es no habitable.
Limitaciones	No determina las reparaciones estructurales que se deben de realizar posterior a la inspección.	Muchas veces debido al estado aparente de daño que se observan en la parte exterior de la vivienda, no es factible ingresar a la misma para realizar un correcto estudio de los daños, ya que se pone en riesgo la integridad de los especialistas encargados de efectuar dichos estudios en la estructura.
Personas, equipos y herramientas	Personal capacitado en el manejo del aplicativo.	Personal técnico especializado en estructuras o ingenieros civiles estructuralistas.
	Equipos celular o Tablet, sistema Android o IOS	Equipos como el pacómetro.
	Como herramienta de medición el Comparador	Es necesario el uso de herramientas, tales como, nivel de mano, el comparador, wincha métrica, cincel, martillo.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se presenta un resumen de las acciones que se debe implementar en la evaluación de las viviendas de albañilería confinada y las diversas clasificaciones de seguridad.

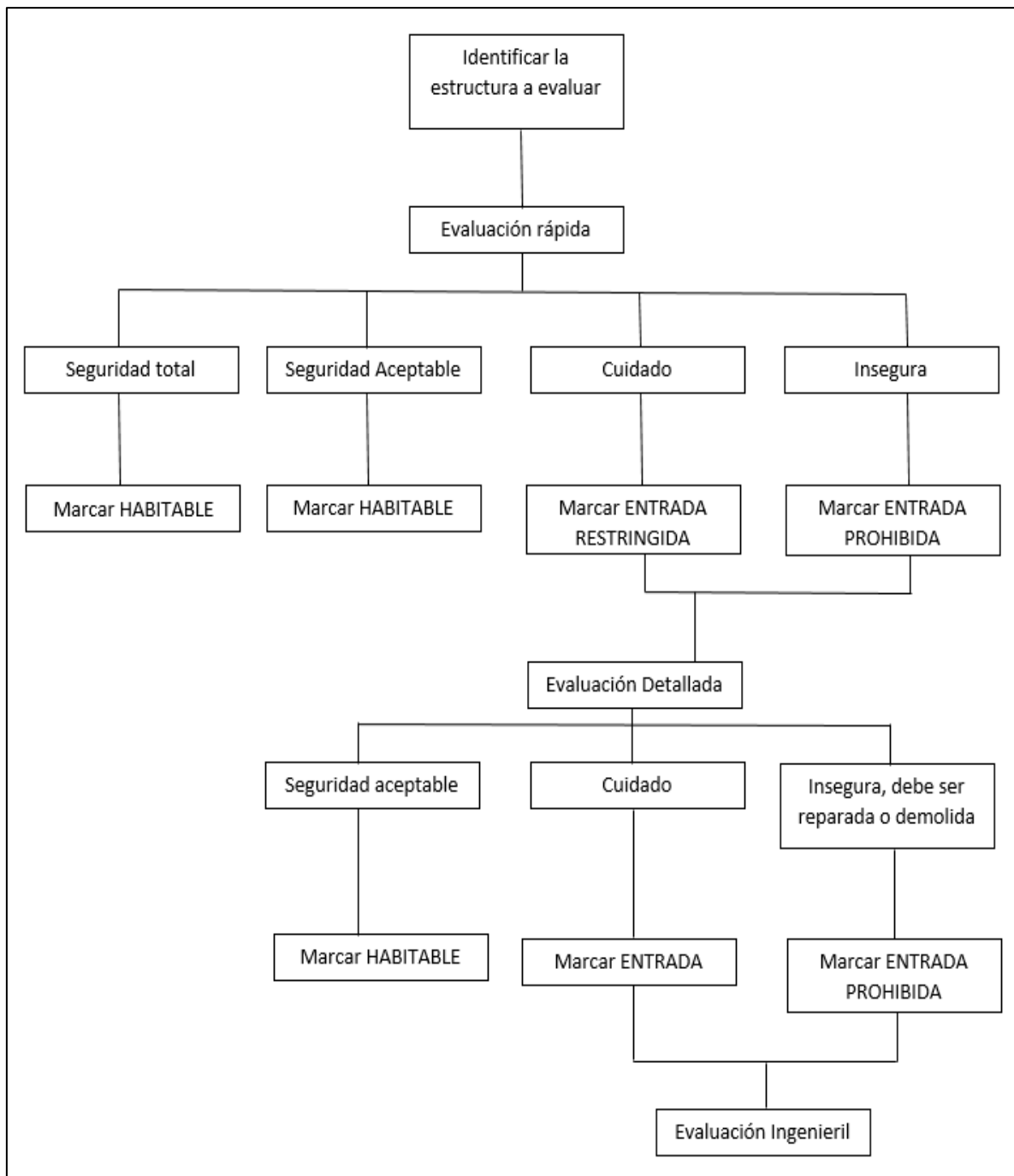


Figura 12. Diagrama de Flujo de evaluación postsísmica de una edificación de albañilería confinada.

Fuente: Pinto, 2016



### 2.3.1.1. Evaluación rápida

Este es el nivel más rápido y simple. Se basa en los niveles de riesgo de la edificación para establecer si es segura o no la vivienda en estudio. Las viviendas con ciertas dudas en su seguridad o que presentan daños apreciables en sus elementos estructurales pasaran a un segundo nivel el cual corresponde a la evaluación detallada. Se recomienda que la evaluación rápida no debe de ser mayor a 30 minutos por edificación. Para lograrlo se usará un aplicativo para la inspección rápida, el cual determinará el nivel de seguridad de la vivienda siguiendo ciertos parámetros descritos en el formato de inspección postsísmica teniendo en cuenta que el uso de este aplicativo se dará por un personal preparado o especializado en el tema. Después de desarrollar la evaluación rápida, se clasificará la vivienda teniendo en cuenta cuatro niveles de seguridad.

- Seguridad total (color blanco)

No se aprecia ningún daño en la estructura. En caso hubiese daños, las grietas en muros portantes será menor a 0.4mm. No existe la necesidad de realizar alguna reparación en la edificación, es totalmente segura.

Se muestra un aviso el cual se colocará en la fachada de la vivienda en hoja A4 de color blanco posterior a la evaluación rápida y catalogada como seguridad total.

<b>SEGURIDAD TOTAL: HABITABLE</b>		
La vivienda no presenta daños. Es totalmente segura, habitable y su entrada es libre.		
Observaciones:	_____	
Dirección:	_____	
Propietario:	_____	
Inspector:	_____	
Fecha y hora:	_____	
Revisión Exterior:	Si	No
Revisión Interior:	Si	No

Figura 13. Aviso de seguridad total en la vivienda inspeccionada

Fuente: Pinto, 2016

- Habitable (color verde)

No se aprecian daños graves en la estructura, requiere reparaciones menores. Los daños apreciables en la estructura tienen las siguientes características: grietas en muros portantes y columnas con un máximo de 2mm, grietas perpendiculares a los laterales de la viga con un máximo de 2mm, la longitud de las grietas en los laterales de la misma será como máximo 3cm, pérdida mínima de recubrimiento en columnas aproximadamente 2cm. Los elementos estructurales siguen resistiendo aproximadamente las mismas cargas, no existe una disminución significativa en la resistencia. Los habitantes pueden vivir tranquilamente en la vivienda.

Se muestra un aviso el cual se colocará en la fachada de la vivienda en hoja A4 de color verde posterior a la evaluación rápida y catalogada como Habitable.

**HABITABLE**

La vivienda no presenta daños graves en la estructura, requiere reparaciones menores. Los habitantes pueden vivir tranquilamente en la vivienda.

Observaciones: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Propietario: \_\_\_\_\_

Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha y hora: \_\_\_\_\_

Revisión Exterior:            Si        No

Revisión Interior:           Si        No

*Figura 14.* Aviso de vivienda habitable posterior a su inspección

Fuente: Pinto, 2016

- Cuidado (color amarillo)

Los elementos estructurales de la vivienda presentan disminución en su resistencia, no tienen la capacidad de soportar las cargas originales de la edificación, se recomienda una reparación inmediata. Presentan las siguientes características de daños: grietas en muros portantes y columnas de 2 a 3mm, acero expuesto o acero corroído en columnas y/o vigas, grietas perpendiculares a los laterales de la viga de 3 a 5mm, longitud de grietas en los laterales de la viga de 3 a 10cm. La entrada está prohibida, y solo se podrá ingresar bajo el propio riesgo de la persona. No se permite el uso de la vivienda.

Se muestra un aviso el cual se colocará en la fachada de la vivienda en hoja A4 de color amarillo posterior a la evaluación rápida y catalogada como Cuidado.

**CUIDADO**

La vivienda presenta daños graves, su seguridad está en peligro, si decide ingresar a esta vivienda solo será bajo su propio riesgo. No está permitido el uso de la vivienda.

Observaciones: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Propietario: \_\_\_\_\_

Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha y hora: \_\_\_\_\_

Revisión Exterior:            Si      No

Revisión Interior:           Si      No

Figura 15. Aviso de vivienda en cuidado posterior a su inspección.

Fuente: Pinto, 2016

- Insegura (color rojo)

La estructura se encuentra severamente dañada, elementos estructurales dañados: grietas en muros portantes y columnas mayor a 3mm, grietas perpendiculares a los laterales de la viga con un tamaño mayor a 3mm, longitud de grietas en los laterales de la viga mayor a 10 cm,

acero expuesto o acero corroído en columnas y/o vigas. Posible derrumbe frente a una réplica o acción futura de un sismo. El ingreso al público se encuentra enteramente prohibida, excepto si la municipalidad de la localidad le ejerce un permiso. La estructura presenta colapso parcial o total, se procederá a ejecutar la demolición pertinente.

Se muestra un aviso el cual se colocará en la fachada de la vivienda en hoja A4 de color rojo posterior a la evaluación rápida y catalogada como Insegura.

<b>INSEGURA</b>	
La vivienda se encuentra severamente dañada, posible derrumbe frente a replicas, se recomienda la demolición inmediata. El ingreso al público se encuentra totalmente prohibido. Solo se permitirá el ingreso con un permiso autorizado por la municipalidad.	
Observaciones:	_____
Dirección:	_____
Propietario:	_____
Inspector:	_____
Fecha y hora:	_____
Revisión Exterior:	Si No
Revisión Interior:	Si No

Figura 16. Aviso de vivienda insegura posterior a su inspección.

Fuente: Pinto, 2016

#### 2.3.1.1.1. Aplicación usada para el desarrollo de la evaluación rápida

El proceso de realizar una inspección rápida en una vivienda y su respectiva categorización (habitabile, de cuidado o insegura) varía mucho de acuerdo con el criterio de cada evaluador, es por ello, que es imperioso la utilización de un software que ayude a sistematizar, eliminar la incertidumbre de dicho proceso de evaluación e incrementar la rapidez con la que se realiza la inspección, haciendo uso de ciertos parámetros previamente estudiados, los cuales marcaran la categoría a la que pertenece dicha opción.

El desarrollo de estos parámetros corresponde al ancho de las grietas principalmente en muros portantes el cual es el elemento principal de la albañilería confinada; para la medición del ancho de las grietas se basó en un ensayo de muro de albañilería el cual fue sometido a una carga lateral cíclica controlándose el desplazamiento horizontal en 10 fases subdivididas a su vez en distintos ciclos. (Seminario, 2008)

- Ensayo del muro de albañilería

El muro cargado lateralmente alcanzara un desplazamiento máximo de 20 mm. La cantidad de ciclos de las 10 fases mencionadas fue considerada con el objetivo de estabilizar el lazo histerético originado por el grafico Fuerza Cortante vs. Desplazamiento.

Tabla 4

*Fases del ensayo de carga lateral cíclica*

<b>Fase</b>	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>D(mm)</b>	0.5	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
<b>Ciclos</b>	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3

Fuente: Seminario, 2008

Al someter el muro a las diferentes fases se fueron formando grietas las cuales variaban en ancho. Teniendo en cuenta que en la fase 3 se da la primera fisura de 0.4mm marcando el desplazamiento del muro a la zona inelástica.

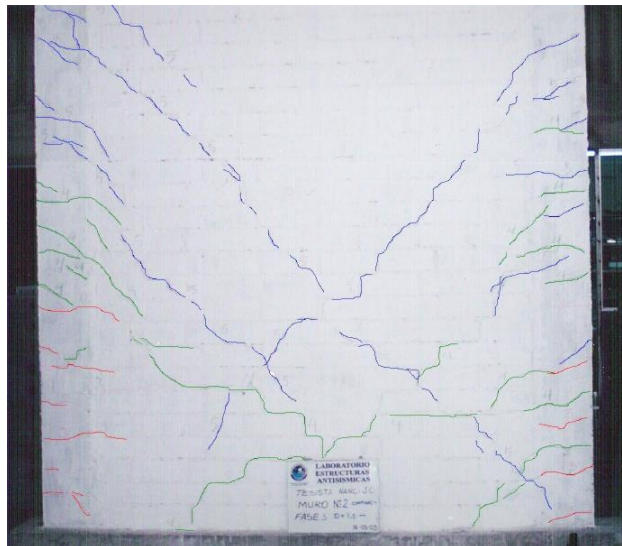


Figura 17. Grietas generadas por la fase 3 (D=2.5mm), la fase 4 (D=5.00mm) y la fase 5 (D=7.5mm)

Fuente: Seminario, 2008



Figura 18. Grietas generadas por la fase 6 (D=10.0mm)

Fuente: Seminario, 2008

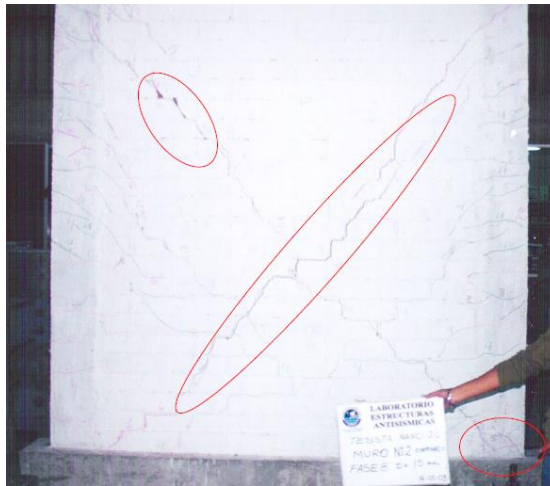


Figura 19. Grietas generadas por la fase 7 (D=12.5mm) y la fase 8 (D=15.0mm)

Fuente: Seminario, 2008

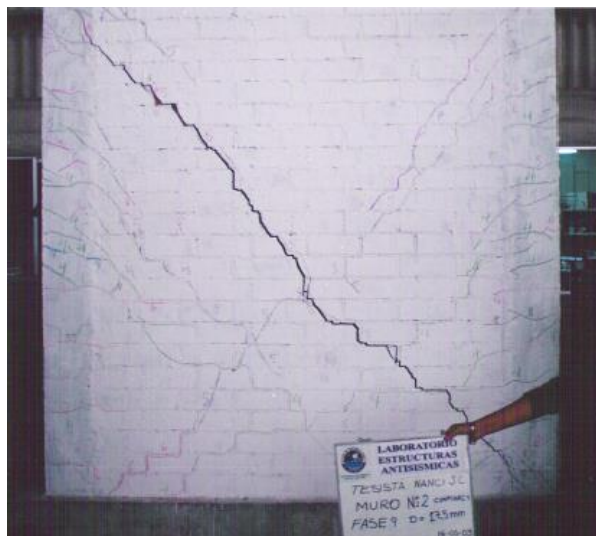


Figura 20. Grietas generadas por la fase 9 (D=17.5mm)

Fuente: Seminario, 2008

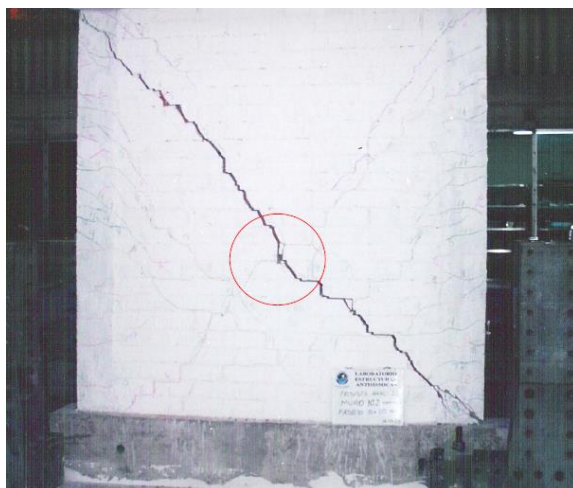


Figura 21. Grietas generadas por la fase 10 (D= 20mm)

Fuente: Seminario, 2008

En resumen, se obtiene la siguiente tabla, en la cual se denotan el ancho de las grietas para cada fase, su respectivo desplazamiento y su respectiva categorización con la cual se realizará la inspección rápida.

Tabla 5

*Fases del ensayo de carga lateral cíclica, con sus respectivas grietas correspondientes a cada fase o desplazamiento*

Fase	1	2	3	4	
D(mm)	0.5	1.0	2.5	5.0	
Grietas (mm)	0.0	0.0	0.4	2.5	
Categoría	Seguridad Total	Seguridad Total	Seguridad Total	Habitable	
5	6	7	8	9	10
3.0	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
3.0	5.0	6.0	8.0	15.0	18.0
Cuidado	Insegura	Insegura	Insegura	Insegura	Insegura

Fuente: Seminario, 2008

### 2.3.1.1.2. Formato para la inspección postsísmica: Evaluación rápida

Con el fin de implementar una aplicación móvil se creó el siguiente formato con la base teórica antes descrita, con el fin de agilizar y uniformizar criterios de evaluación en la evaluación rápida.

**Descripción de la edificación**

Fecha:     /     /            Hora:

Dirección: \_\_\_\_\_

Distrito: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

*Foto de la fachada de la edificación (tomada con el celular o tablet desde el aplicativo)*

Época de construcción de la edificación (año): \_\_\_\_\_

Uso: Comercial                                    O    Vivienda Unifamiliar O    Oficina  
       O  
 Vivienda Multifamiliar    O    Deposito                                    O    Restaurante    O  
       Cultural                                    O    Otros: \_\_\_\_\_

Capacidad ocupacional (Número de personas que ocupan el inmueble): \_\_\_\_\_

Presenta planos de construcción:    Si    No

Número de pisos de la edificación: \_\_\_\_\_

Existencia de estructuras vecinas:    Si    No

Comentarios: \_\_\_\_\_

**Descripción del estado de la estructura**

Alto riesgo de colapso:    Si    No

*Foto de la fachada de la edificación (tomada con el celular o tablet desde el aplicativo)***Peligros geotécnicos:**

Deslizamiento    O    Asentamiento    O    Grieta o abertura    O  
 Licuefacción    O    Ninguno                                    O

**Daño en muros portantes:**

Colapso parcial del muro:    Si    No

Colapso total del muro:    Si    No

Grietas:

Muro 1

menor a 0.4mm    O    0.4mm a 2.0mm    O    2.0mm a 3.0mm    O  
       3.0mm a 5.0mm    O    5.0mm a más                                    O

Muro 2



menor a 0.4mm	<input type="radio"/>	0.4mm a 2.0mm	<input type="radio"/>	2.0mm a 3.0mm	<input type="radio"/>
3.0mm a 5.0mm	<input type="radio"/>	5.0mm a más	<input type="radio"/>		
<b>Muro 3</b>					
menor a 0.4mm	<input type="radio"/>	0.4mm a 2.0mm	<input type="radio"/>	2.0mm a 3.0mm	<input type="radio"/>
3.0mm a 5.0mm	<input type="radio"/>	5.0mm a más	<input type="radio"/>		
Promedio de grieta:					
menor a 0.4mm	<input type="radio"/>	0.4mm a 2.0mm	<input type="radio"/>	2.0mm a 3.0mm	<input type="radio"/>
3.0mm a 5.0mm	<input type="radio"/>	5.0mm a más	<input type="radio"/>		
Numero de muros que presentan grietas: _____					
Total de muros portantes: _____					
Porcentaje de muros que presentan grietas: _____%					
<b>Daño en columnas:</b>					
Grietas:					
menor a 0.4mm	<input type="radio"/>	0.4mm a 2.0mm	<input type="radio"/>	2.0mm a 3.0mm	<input type="radio"/>
3.0mm a 5.0mm	<input type="radio"/>	5.0mm a más	<input type="radio"/>		
Perdida de recubrimiento (2cm):      Si      No					
Acero expuesto:      Si      No					
Acero corroído:      Si      No					
Columna completamente agrietada:      Si      No					
Grieta en unión columna – viga, columna – losa:      Si      No					
<b>Daño en vigas:</b>					
Grietas perpendiculares a los laterales:					
menor a 2.0mm	<input type="radio"/>	2.0mm a 3.0mm	<input type="radio"/>	3.0mm a 5.0mm	
	<input type="radio"/>	5.0mm a más	<input type="radio"/>		
Longitud de grietas en los laterales:					
		menor a 3cm	<input type="radio"/>	3.0cm a 10cm	<input type="radio"/>
10cm a más	<input type="radio"/>				
Perdida de recubrimiento (2cm):      Si      No					
Acero expuesto:      Si      No					
Acero corroído:      Si      No					

Figura 22. Formato para la inspección postsísmica: Evaluación rápida  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.2. Evaluación detallada

En este nivel de evaluación postsísmica se realiza una inspección visual a fondo, haciendo uso de diversos métodos de inspección, esta se dará a cabo de manera interna como externa en la vivienda de albañilería confinada. Esta evaluación se efectuará por personal especializado en el área de vulnerabilidad en edificaciones o ingenieros estructurales que tengan experiencia en inspección de viviendas. La evaluación detallada se realiza con el objetivo de corroborar o rectificar de manera precisa y profunda la clasificación obtenida de la evaluación rápida, comprobando finalmente la certeza los daños estructurales ocurridos.

Mediante esta evaluación se determinarán las causas que provocaron los diversos daños en los elementos estructurales de la vivienda, así también como la gravedad de los daños y la habitabilidad de la edificación.

La evaluación detallada durará un tiempo promedio entre 1 a 4 horas por vivienda. Esta inspección será usada para determinar que edificaciones requieren algún tipo de reparación ingenieril en sus elementos estructurales que presentan daños.

Asimismo, para la evaluación detallada se presentarán los diferentes métodos de inspección a los diferentes elementos estructurales de una vivienda con el fin de establecer si el daño es leve, moderado o grave. Luego, establecer las intervenciones o reparaciones de la vivienda que garanticen efectivamente soluciones los daños producidos por el sismo.

#### 2.3.1.2.1. Métodos de inspección de muro

Según la asociación colombiana de Ingeniería Sísmicas (AIS), se dará a conocer los diferentes tipos de fallas de los muros para poder determinar si el daño es leve, moderado o grave.

Daño leve:

- Se puede afirmar que el daño es leve cuando el mortero se separa menos de 0.5mm del muro, también se podrá observar rotura del mortero cerca de las esquinas de la pared.
- Se puede notar pequeñas grietas de 0.5mm a 2.00 mm en el muro, también se puede encontrar el mortero fisurado en las juntas horizontales tanto en el extremo superior o inferior.

- Se presentan grietas de 0.5mm a 2.00mm en forma escalonada en el mortero a través del muro, no debe presentar desplazamientos ni grietas en las unidades de albañilería.
- Las unidades de albañilería pueden presentar grietas, pero menos del 5% del total del muro. Es decir, si tenemos un muro de 4.00 m x 2.5m y teniendo en cuenta que cada 1m<sup>2</sup> se instalara 38 ladrillos (13 cm x 24 cm x 9 cm), solo 10 a 18 ladrillos pueden tener grietas.
- Se puede observar grietas de 0.5mm a 2.00mm en el mortero alojados en los extremos de la viga tanto en parte superior e inferior de las uniones de la viga y los ladrillos. No debe presentar grietas en los ladrillos ni separaciones considerables en sus elementos estructurales.
- El muro puede presentar grietas verticales saliendo de la viga de cimentación de un ancho no mayor a 3.00mm, también se podrá notar mortero fisurado en los extremos de las vigas.
- Grietas horizontales pequeñas menos a 0.5mm en las juntas horizontales y en la viga de cimentación. También pueden presentar grietas de 0.5mm a 2.00mm orientadas diagonalmente.
- En el muro puede aparecer pequeñas grietas horizontales en el sobrecimiento del muro, grietas diagonales o fisuras de 0.5mm a 2.00 mm.
- Aparecen grietas en la porción central del muro, con ayuda del comparador se puede determinar la profundidad del daño no mayor a 3.00mm. No deben presentar roturas en los ladrillos.
- Separación leve no más de 0.5 mm del mortero alrededor del perímetro de las unidades de albañilería y rotura del mortero en las esquinas.
- Roturas pequeñas menores a 2.00 mm en forma diagonal en el muro. Estas están asociadas con fallas del ladrillo y el mortero. Los daños solo se pueden presentar en el centro del muro. No debe presentar deslizamientos ni fallas en la columna ni vigas.

#### Daño Moderado:

- Se puede afirmar que el daño es moderado cuando las grietas son de 2.00mm a 3.00mm, se podrá observar mortero fisurado que podrá ser determinado por el

comparador el nivel de daño. Asimismo, pueden aparecer grietas en las juntas del muro y la viga, sin embargo, las juntas horizontales no se pueden abrir ni desprender del muro

- Aparecen grietas horizontales y mortero posiblemente fisurado en las juntas horizontales pueden indicar que ha ocurrido un desplazamiento horizontal a lo largo del muro, se puede considerar aberturas de 6mm que debe ser medido mediante el fisurómetro.
- El 5% de las unidades de albañilería pueden estar agrietadas. Es decir, si tenemos un muro de 4.00 m x 2.5m y teniendo en cuenta que cada 1m<sup>2</sup> se instalara 38 ladrillos (13 cm x 24 cm x 9 cm), solo 19- 25 ladrillos pueden tener grietas no mayores a 3.00mm.
- Aparecen grietas de 3.00mm escalonadas y mortero fisurado en los extremos de la viga de amarre y viga de cimentación, esto nos indicara que hubo un desplazamiento horizontal y pueden presentar aberturas de 3mm como máximo. No deben presentar grietas en los ladrillos ni desplazamiento vertical en el muro.
- Predominan grietas verticales y mortero no mayor a 3.00mm fisurado a través de la profundidad total de cada extremo de la viga. También se podrá observar grietas que atraviesan las unidades de mampostería.

Daño grave:

- Se puede afirmar que puede ocurrir un movimiento en el plano o fuera de él, asimismo puede presentar desplazamientos en las vigas de amarre y cimentación, asimismo se puede encontrar unidades de albañilería rotos y fisurados en las esquinas del muro. También podrán observar grietas y mortero fisurado en las juntas horizontales en las vigas.
- Se podrá notar grietas horizontales y mortero triturado en las juntas horizontales, los cuales indican que ha ocurrido un desplazamiento horizontal a lo largo de las grietas y se crea un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en las juntas de aproximadamente 5 mm.
- Más del 10% de los ladrillos presentan grietas o fisuras. Es decir, si tenemos un muro de 4.00 m x 2.5m y teniendo en cuenta que cada 1m<sup>2</sup> se instalara 38

ladrillos (13 cm x 24 cm x 9 cm), 38 a más ladrillos pueden tener grietas o totalmente rotos.

- Se presentan grietas diagonales en el muro, las cuales recorren a través de las unidades de albañilería con grietas de ancho superior a 5 mm.
- Se presentan roturas y fisuras secundarias en las esquinas de los muros, es decir movimientos secundarios a lo largo o a través del plano de rotura. También se notará desprendimiento de ladrillos del mortero.
- Grietas escalonadas y mortero fisurado de 5.00 mm como mínimo en los extremos de la viga en la parte superior e inferior de las uniones. También se puede afirmar que las grietas indican que ha ocurrido un desplazamiento horizontal en el plano y se presentan aberturas en las juntas de pega de aproximadamente 5 mm.
- Posible deterioro de las unidades superiores y extremas de la viga, pero no hay deslizamientos verticales en la misma. También se podrá notar posible rotación de la viga con respecto al muro.

#### 2.3.1.2.2. Métodos de inspección de columna

Daño leve:

- Numerosas grietas por flexión de aproximadamente 0.5 mm se forman en las columnas cerca de la esquina superior del muro.
- Grietas por flexión en la viga de cimentación las cuales se caracterizan por ser verticales pequeñas y leves de miden 0.2mm a 0.5 mm.
- Se pueden presentar grietas en forma de X de 0.2 a 0.5mm de ancho.

Daño moderado:

- Grietas por flexión de 0.5mm a 3.00mm se convierten a grietas de corte en X sobre una pequeña longitud cerca al extremo de las columnas (generalmente en dos anchos de columna). Asimismo, se puede asegurar que el recubrimiento del acero de refuerzo en esta zona de la columna desaparecerá. Algunas grietas de 3.00 mm pueden aparecer en el muro.
- Grietas por flexión-tensión en el nivel de la viga de cimentación con alguna evidencia de rotura de las unidades de albañilería por la base del muro. Grietas

longitudinales verticales hacen perder el recubrimiento del concreto en la parte inferior de la columna.

- Grietas generalizadas en forma de X de aproximadamente 3.00 mm en las uniones viga-columna de confinamiento.
- Tamaño de grietas que no pasan de 1.00 a 3.00 mm.

Daño severo:

- Presentan roturas severas en las columnas. Los estribos de las columnas han desarrollado su capacidad y pueden presentarse fallas localizadas en este elemento estructural. Se presentan fisuras de 5.00mm a más en el recubrimiento del acero y probabilidad de desprendimiento del mismo por zonas.
- Grietas importantes en la zona inferior de la columna de aproximadamente 5.00 mm, desprendimiento de la viga de cimentación.
- Pérdida del recubrimiento de manera generalizada en las partes inferiores de la columna. Exposición del núcleo de concreto y del acero de refuerzo en la zona que presenta falla por traslapo.
- Grietas generalizadas en forma de X con anchos aproximadamente de 6 mm. Algún lado de la cubierta puede también fisurarse.
- Se presenta desprendimiento del concreto de recubrimiento especialmente en la zona exterior de la unión. Figuración generalizada en la zona de unión.

#### 2.3.1.2.3. Métodos de inspección de viga

Daño leve:

- Las grietas de las vigas de amarre y vigas de cimentación no exceden en general los 0.5 mm de ancho.
- Fisuras leves verticales y en diagonal en las uniones de las vigas y elementos de soporte.

Daño moderado:

- Las grietas no excedan en general los 3 mm de ancho.

- Pueden ocurrir fisuras secundarias de 2.00 mm a 3.00 mm en los extremos de las vigas.
- Debido al aplastamiento de las vigas, las unidades de albañilería pueden romperse hasta máximo un 5% del muro.

Daño severo:

- Ocurren daños en el acero ya que se presentará en estado de fluencia o eventual rotura.
- Ancho de las grietas por flexión mayor a los 5 mm.

## 2.4. Reparación de la vivienda de albañilería confinada

### 2.4.1. Reparación de muros portantes

Los muros portantes representan la parte más importante de la albañilería confinada. Frente a la acción de un sismo sufren daños los cuales varían en intensidad, en ellos se aprecian grietas desde 0.5 mm y mayores a 5mm. Por lo tanto, de acuerdo con la magnitud del daño se aplicarán diversas reparaciones, las cuales devolverán su funcionalidad a dicho elemento estructural.

#### 2.4.1.1. Grietas importantes, mayores a 3mm

Este método se centra en reparar las grietas más importantes existentes en el muro, teniendo en cuenta que esta reparación se debe de realizar en conjunto con la reparación de grietas menores a 3mm y su respectivo reforzamiento con fibras de carbono, con la única finalidad de asegurar la funcionalidad inicial del muro.

Procedimiento de reparación:

Para la ejecución de esta reparación se seguirá el procedimiento que se detalla a continuación:

- Picado

Consiste en profundizar en 2cm las grietas mayores a 3 mm, en caso el muro se encuentre tarrajado, se debe de proceder a retirar el tarrajeo; dicho picado de tarrajeo y la grieta expuesta se debe de realizar haciendo uso de una comba y cincel.

En caso exista una zona central triturada (intersección de grietas diagonales), esta deberá de ser removida. Este procedimiento será realizado en ambas caras del muro. Las columnas afectadas también serán demolidas en las zonas de agrietamiento, en caso lo requiera se picará toda la sección transversal de la columna. (Bartolomé, 2010)



*Figura 23.* Picado de grietas importantes

Fuente: Bartolomé, 2010

- Limpieza

Este paso consiste en limpiar la zona de picado haciendo uso de un soplete, evitando de esta manera que queden residuos sólidos al interior de la grieta.

- Relleno con mortero en las grietas

El concreto simple a utilizar tendrá una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, el cual será llenado al interior de la grieta realizando un mojado previo. El concreto será colocado haciendo uso de un equipo neumático, para asegurar que dicho concreto ingrese completamente a la parte interna de la grieta. En caso exista una zona central dañada la cual ha sido previamente acondicionada para el vaciado, esta será encofrada en forma de embudo para que el concreto que será colocado no se desprenda del muro existente por secado.



- Relleno con mortero en el agrietamiento de la columna

La preparación para la mezcla que se usara para el llenado de la columna también tendrá la resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, en el caso de la columna se realizara la preparación simultanea de la resina epóxica Sikadur 32Gel según las especificaciones técnicas mencionadas en el envase, el cual generara una mejor adherencia entre el concreto existente y el concreto a colocar.



*Figura 24.* Relleno con concreto en las grietas y columna con previo aplicado del epóxico

Fuente: Bartolomé, 2010

#### 2.4.1.2. Grietas desde 0.5mm hasta 3mm

Solo se actuará si la fisura es igual o mayor a 0.5mm, los anchos de fisura se pueden medir haciendo uso de un comparador, el cual tiene una precisión de 0.025mm. Sin embargo, solo se recomienda tratar aquellas grietas mayores a 2mm por el alto costo que implicaría tratar todas las fisuras mayores a 0.5mm. Este criterio de reparación será decidido por el técnico especialista, ya que será de acuerdo con el estado en el que se encuentra el muro.

Procedimiento de reparación:

Se sellarán mediante la inyección de resina epoxi en la fisura previamente preparada para dicha inyección. Teniendo en cuenta que esta inyección será ejecutada por un personal con alto grado de capacitación.

Para la ejecución de esta reparación se seguirá el procedimiento que se detalla a continuación:

- Limpiar la fisura

Consiste en limpiar las fisuras que se hayan contaminado, con el polvo, residuos sólidos, ya que impidan la perfecta adherencia de la resina epoxi. Para dicha limpieza, es recomendable hacer uso de una aspiradora o chorros de agua o soluciones de limpieza que no perjudiquen el concreto; posterior a ello se deja secar lo suficiente para la aplicación de la resina.

- Para Sellar la superficie

Las fisuras superficiales se deben de sellar para evitar que la resina epóxica se salga por la misma fisura antes de solidificarse, la superficie se puede sellar aplicando un material epoxídico, poliéster u otro material que evite la fuga del epoxi. Si se desea evitar que la superficie de la fisura quede brillando se puede colocar sellador superficial plástico removible.

- Instalar las bocas de entrada y venteo

Existen dos formas de realizar este procedimiento.

(1) Accesorios insertados en orificios perforados. Fue uno de los primeros métodos en utilizarse, y generalmente se usa con un previo perfilado en forma de V en las fisuras. Este método consiste en realizar una perforación de 20mm de diámetro con una profundidad de va desde 13 a 25mm debajo del vértice en forma de V, una vez realizada la perforación esta debe de ser limpiada utilizando los métodos anteriormente descritos. Dentro de dicho orificio se coloca un accesorio, podría ser una boquilla para tubería o un vástago de válvula.

(2) Accesorios adheridos a ras. Este método se aplica cuando las fisuras no son perfiladas en forma de V. Consiste en adherir un accesorio sobre la superficie de la fisura el cual tiene una abertura en la parte superior que permite la inyección del epoxi y una salida en la parte inferior que está en contacto con la fisura.

- Mezclar la resina epoxi

Solo se debe de seguir el procedimiento descrito por el fabricante, dichas indicaciones están contenidas en el envase de la resina epoxi. Esta mezcla se realiza generalmente con un agitador de forma mecánica, se de tener en cuenta la cantidad a mezclar, ya que al tener la mezcla preparada mucho tiempo podría llegar a plastificarse o solidificarse, por ende, cambiar las características del flujo.

- Inyección de la resina epoxi

Existen diversas herramientas que se pueden utilizar, por ejemplo, bombas hidráulicas, tanques de presión o pistolas neumáticas, la presión a utilizar debe de ser seleccionada por un especialista, recordemos que esta reparación es realizada con personal capacitado; ya que una presión demasiada elevada podría generar nuevas grietas, dañando aún más el concreto. Si la fisura es vertical o inclinada, la inyección comenzará por la boca de entrada localizada en la parte más baja de la fisura; en caso de que la fisura sea horizontal, podría iniciarse en cualquier boca de entrada, queda a criterio del especialista.

- Retirar el sellado superficial

Una vez que la resina haya secado completamente, se procederá a retirar el sellado, triturándolo o el medio más adecuado de acuerdo con el tipo de sellador.

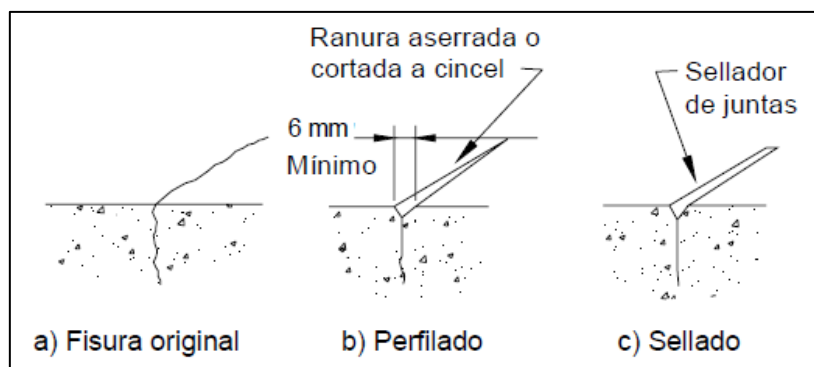


Figura 25. Secuencia de reparación de fisuras con epóxico

Fuente: Barlow (s.f)

#### 2.4.1.3. Reforzamiento con fibra de carbono

Este procedimiento final tendrá como objetivo reforzar el muro con el previo sellado del mayor porcentaje de grietas localizadas en el muro. Para este procedimiento se usará la fibra de carbono Mbrace CF130, y los pegamentos, Mbrace Primer, Mbrace Putty, Mbrace

Saturant, cuyas características se detallaron el cuadro de materiales N<sup>o</sup>, tener en cuenta que cada uno de los pegamentos señalados contienen dos componentes A y B que deberán de ser mezclados con una batidora antes de su uso.

Procedimiento de reparación:

Para la ejecución de esta reparación se seguirá el procedimiento que se detalla a continuación:

- Cálculo de las bandas de carbono a emplear

La carga teórica que produce la rotura en un muro de albañilería  $V_m$ , se calcula de la siguiente manera.

$$V_m = 0.5v'm \alpha t L + 0.23 P_g$$

Donde:

- $v'm$  = Resistencia a corte puro en muretes igual a 9.38 kg/cm<sup>2</sup>
- $\alpha$  = Coeficiente de reducción por esbeltez, 1 para muros cuadrados
- $t$  = Espesor efectivo del muro
- $L$  = Longitud total del muro
- $P_g$  = Carga de gravedad, considerar cero (sin carga de gravedad)

Por otro lado, la resistencia admisible a tracción de cada banda de fibra de carbono se calcula de la siguiente manera:

$$R_a = \frac{f'f a h}{S}$$

Donde:

- $f'f$  = Resistencia a la tracción, 3800kg/cm<sup>2</sup>
- $a$  = Grosor de la banda
- $h$  = Ancho de la fibra de carbono a adoptar
- $S$  = Factor de seguridad, considerar un valor elevador igual a 3 debido a la fragilidad de su falla

Entonces, asumiendo que el 100% del cortante de agrietamiento debe de ser asumida por la banda, se obtiene el número de bandas a utilizar:

$$n = \frac{V_m}{R_a}$$

El número de bandas obtenidas “ $n$ ”, se dispondrán de manera repartida en ambas caras del muro portante, para un mejor aseguramiento de dicho muro.

- Adecuar la fibra de carbono

El rollo se deberá de adecuar al ancho “ $h$ ” usado en el cálculo de número de bandas y la longitud requerida por el muro “ $L$ ”.



*Figura 26.* Corte de la fibra de carbono de acuerdo al ancho requerido

Fuente: Bartolomé, 2010

- Acondicionar las zonas del muro a reforzar

El muro será dividido en partes iguales de acuerdo con el número de bandas que se desea colocar en dicha cara del muro. Una vez ubicada dicha zona se procederá a alisarlas con un esmeril, en caso el muro se encuentre tarrajado, primero deberá de retirarse el tarrajeo; posterior a ello se limpiará con el fin de retirar los residuos de polvo en el muro y luego se delinearé con un tiralíneas la zona en donde se colocarán las bandas.



*Figura 27.* Aislado con esmeril en las zonas donde se colocarán las bandas

Fuente: Bartolomé, 2010



*Figura 28.* Alineamiento horizontal con el tiralíneas para la colocación de bandas

Fuente: Bartolomé, 2010

- Aplicación del imprimante Mbrace Primer y el sellador Mbrace Putty

Una vez localizada la zona en donde se colocarán las bandas, se aplicará el imprimante con un rodillo para sellar los poros de la albañilería, una vez realizado el secado del imprimante se sellarán las imperfecciones con el Mbrace Putty haciendo uso de una espátula.



*Figura 29.* Aplicación del imprimante Mbrace Primer haciendo uso de rodillo

Fuente: Bartolomé, 2010



*Figura 30.* Aplicación del sellador Mbrace Putty haciendo uso de una espátula

Fuente: Bartolomé, 2010

- Aplicación de la resina Mbrace Saturant y la instalación de la fibra de carbono

Se aplicará la resina encima del sellador una vez secado, esta resina será colocada con un rodillo, para después instalar la fibra de carbono al cual se le pasará un rodillo metálico hasta notar la segregación del Mbrace Saturant a través de la fibra de carbono. Posterior a ello, se procederá a colocar una vez más el epoxi sobre la banda con el objetivo de encapsular la fibra de carbono.



*Figura 31.* Aplicación de la resina Mbrace Saturant haciendo uso de rodillo  
Fuente: Bartolomé, 2010



*Figura 32.* Aplicación de la resina Mbrace Saturant haciendo uso de rodillo  
Fuente: Bartolomé, 2010



*Figura 33.* Segregación de la resina causada por aplastamiento del rodillo metálico  
Fuente: Bartolomé, 2010





Figura 34. Colocación del epóxido sobre la banda para su encapsulamiento

Fuente: Bartolomé, 2010



Figura 35. Vista final de la reparación del muro portante reforzado con fibra de carbono

Fuente: Bartolomé, 2010

#### 2.4.1.4. Reforzamiento con malla electrosoldada

La malla electrosoldada es un producto formado por dos sistemas de barras o alambres de acero, uno longitudinal y otro transversal, que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos, mediante soldaduras eléctricas por resistencia. Otra característica general importante es que es muy flexible y maleable, ya que podemos doblarla para darle la forma que necesitamos. Sin embargo, una vez colocada resulta ser muy resistente.

Asimismo, es pertinente acotar que el acero destinado para la fabricación de la malla electrosoldada cumple con la Norma ASTM A496/A 496M-05a “Especificaciones standard para el alambre corrugado utilizando como refuerzo en el concreto” y la Norma pág. 20



ASTMA497/A 497M-05a “Especificaciones para la fabricación de mallas electrosoldadas corrugadas utilizando como refuerzo en el concreto” (PLINIO, 2015).

Es importante hallar el acero a usar de manera eficiente para no rigidizar en exceso el elemento estructural por ello diseñamos de la siguiente manera:

$$As = \frac{Vm * S colocado}{fy * l}$$

$As$	= Acero de diseño
$Vm$	= Esfuerzo de corte en el muro
$S colocado$	= Acero colocado
$l$	= Longitud total del muro
$fy$	= Esfuerzo de fluencia del acero

Para la colocación de las mallas electrosoldadas se debe ejecutar de la siguiente manera:

La malla es colocada conectadas con las columnas para garantizar la continuidad, es conectada al muro con alambre N° 8 preferiblemente cada 45 cm.



Figura 36. Vista del proceso constructivo en la instalación de mallas electrosoldadas

Fuente: Bartolomé, 2010

Finalmente, se debe tarrajear el muro y las columnas con mortero, cemento y arena fina en todo su perímetro sin intervenir la viga solera ni cimentación.



*Figura 37.* Vista final de la reparación con malla electrosoldada  
Fuente: Bartolomé, 2010

#### 2.4.2. Reparación de columnas

Las columnas presentan diferentes tipos de daños y con diferentes intensidades que varían de acuerdo con la magnitud del sismo, por ello se presentan diversos métodos con su respectivo procedimiento de reparación.

##### 2.4.2.1. Fisuras

Al igual que las reparaciones de grietas aplicadas en muros portantes; la reparación de columnas seguirá el mismo procedimiento.

##### 2.4.2.2. Perdida de recubrimiento

Cuando se haya producido un desprendimiento del recubrimiento del concreto y el acero no haya sufrido daños por pandeo o no se encuentre corroído, se propone una curación mecánica con mortero. Se debe de tener en cuenta que en la sección no se haya detectado ningún tipo de daño por esfuerzo, ya que para ese tipo de casos se detallaran otro tipo de procedimiento de reparación más adelante. (Coconsultores, 2013)

Procedimiento de reparación:

Para la ejecución de esta reparación se seguirá el procedimiento que se detalla a continuación:

- Saneamiento mecánico

Consiste en retirar los residuos sólidos resquebrajados que aún se encuentran adheridos a la columna hasta la profundidad del concreto íntegro y sano, mediante el uso de un cincel y

martillo. Este procedimiento debe de ser realizado cuidadosamente ya que se debe de evitar que se genere más pérdida de recubrimiento.

Al final de la demolición se deberá de limpiar la superficie con un soplete de aire o un chorro de agua a una presión adecuada.

La superficie de picado deberá de quedar rugosa para una correcta adherencia de la mezcla, en caso se visualice el acero, se deberá de picar a una profundidad de 25mm después del acero, aproximadamente equivalente al tamaño de la arena a utilizar.

Es importante mantener un ángulo de  $80^\circ$  en la parte superior en donde se desprendió el recubrimiento, de esta manera la adherencia de la mezcla será exitosa, dicho ángulo se realizará al momento del picado; y un ángulo de  $90^\circ$  en la parte inferior, tal como se detalla en la siguiente imagen.

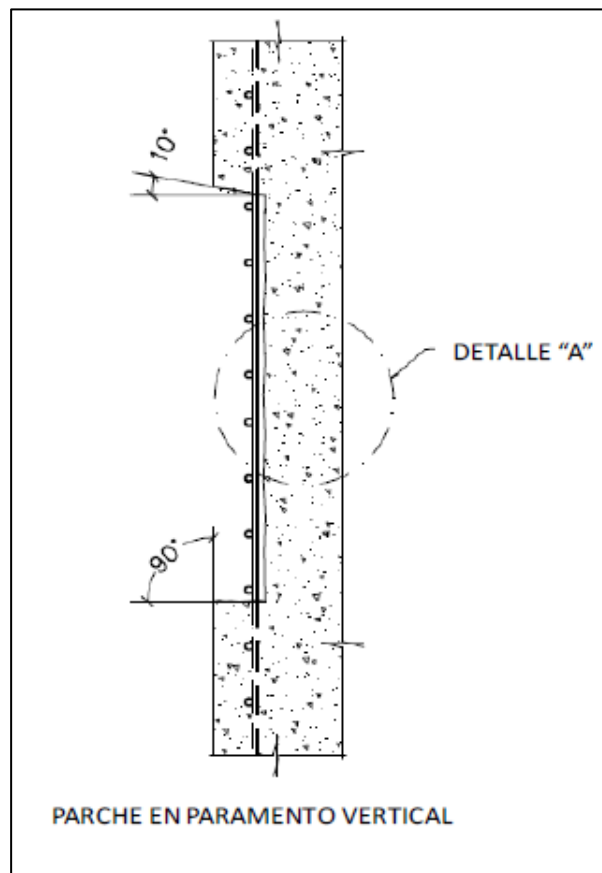


Figura 38. Parche en paramento vertical

Fuente: Consultores, 2013

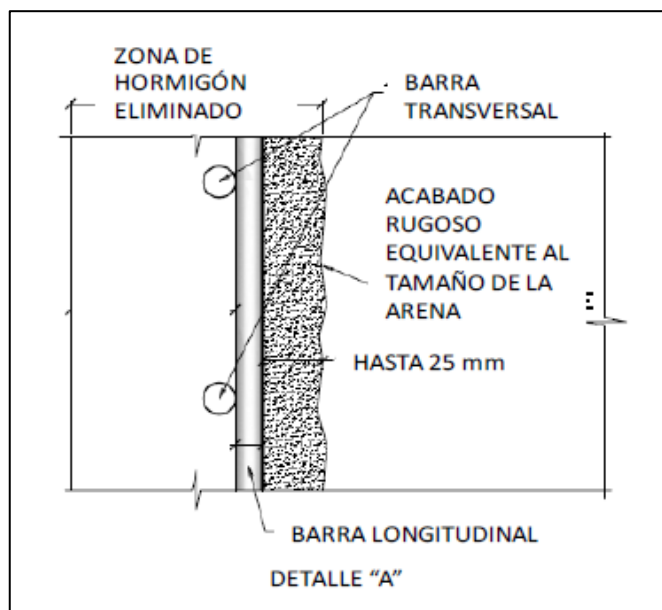


Figura 39. Detalle de anclaje de hierro

Fuente: Consultores, 2013

- Mezcla a base de cemento portland

Se utilizará una mezcla uniforme con base de cemento portland tipo I, la mezcla será realizada manualmente, con agua a razón de 4 litros de agua, por cada 25kg de arena y 8kg de cemento, aproximadamente de dos a tres minutos.

La zona o sección de aplicación de la mezcla debe de encontrarse completamente saturada para que no altere la composición de la misma. Una vez aplicada y moldeada la mezcla el tiempo de secado será aproximadamente de 12 horas, en el cual se deberá de curar la mezcla con agua en intervalos de 3 o 4 horas, para evitar la evaporación del agua de hidratación.

#### 2.4.2.3. Falta de columnas en tramo largo

Los muros confinados por columnas, cuya distancia superan los 5 metros, requieren la colocación de una columna intermedia la cual será confinada con dichos muros.

Tener en cuenta que si la densidad de dichos muros en su eje es baja; en el centro del muro, se deberá de colocar una placa de ancho "a" de concreto cuya dimensión corresponderá a la exigencia del especialista. (SENCICO, 2012)

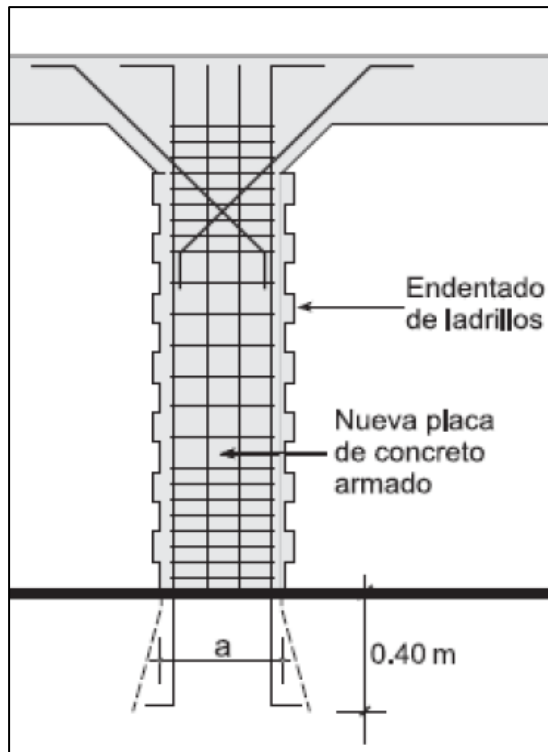


Figura 40. Detalle del anclaje de acero en la viga y base en forma troncal

Fuente: Consultores, 2013

Procedimiento de reparación:

Para la ejecución de esta reparación se seguirá el procedimiento que se detalla a continuación.

- Apuntalamiento

Consiste en el uso de puntales metálicos o de madera con el objetivo de sostener firmemente la losa y viga; se usará el mismo sistema de encofrado de losa aligerada para este tipo de sostenimiento.

- Demolición

Esta demolición es realizada para la colación de la columna. Se procederá a demoler de forma vertical en la zona más afectada del muro, la cual corresponde a la zona que presenta más agrietamiento, teniendo en cuenta que no se debe de colocar la columna a una distancia menor a 1.5m. El ancho de picado corresponderá al ancho de las columnas que confinan el muro con un dentado de 4 cm de ancho y de dos ladrillos de alto (aproximadamente 20cm). La profundidad de picado no será menor a 40cm de penetración en la base, dicho picado será

realizada de forma troncal. Para realizar esta demolición se deberá hacer uso de una comba y cincel, no se recomienda el uso del martillo percutor, ya que se debe de evitar la propagación o generación de nuevas grietas; solo se permite el uso de martillo percutor para el picado de la base.

- Colocación de la armadura de columna de refuerzo

Se colocarán varillas de acero y estribos de acuerdo con las recomendaciones de la asistencia técnica (se procederá a la revisión de planos), sin embargo, es necesario tener en cuenta la disposición de la armadura de acero en una columna típica: con estribos de 1/4" o 3/8", 1@5cm, 5@10cm, Resto@25cm, 1@10cm en sobrecimiento, 1@15cm en la base; con 4 aceros vertical de 1/2" o 5/8" respectivamente.

Se colocarán dos varillas de 3/8" de forma diagonal en la parte superior de la columna hacia la viga para reducir daños por compresión diagonal.

Finalmente se conectarán firmemente las varillas de acero de la columna a la viga.

- Encofrado de columna

El procedimiento para el encofrado será realizado de la manera que comúnmente se suele realizar, sin embargo, se tiene que tener en cuenta el recubrimiento, ya que este está condicionado por requisitos estructurales, por ejemplo, la viabilidad del concreto al pasar por los estribos y la columna original.

- Vaciado de concreto

El concreto a utilizar deberá corresponder a una resistencia de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, el cual deberá ser vibrado durante el llenado.

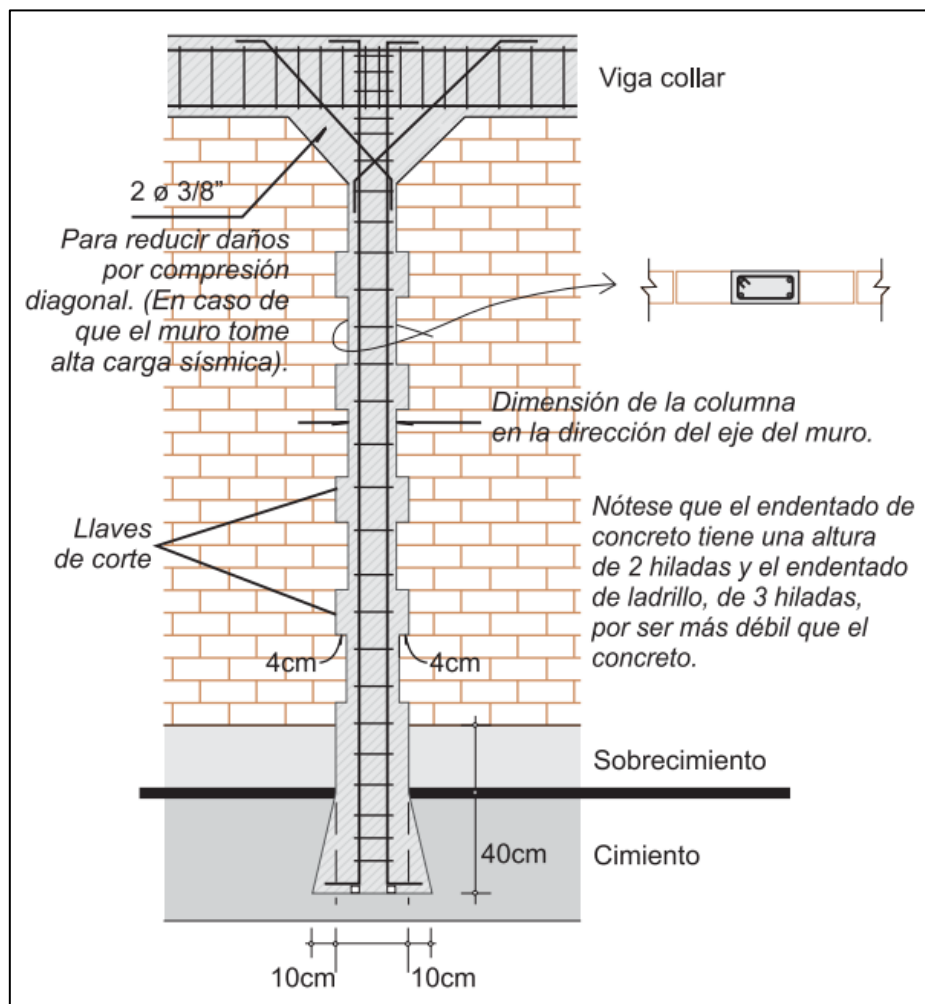


Figura 41. Detalle de columna, con su respectivo recubrimiento de acero

Fuente: Consultores, 2013

#### 2.4.2.4. Columnas cuadradas o circulares con daños moderados: pérdida de sección, pandeo y fisuras por esfuerzo

En las viviendas de albañilería confinada también existe la posibilidad de que haya columnas aislada (sin muros de confinamiento), para este tipo de caso se producen fallas por pérdida de sección, pandeo y fisuras por esfuerzo, entonces, se ve la necesidad de aplicar este tipo de reparación. La aplicación de esta reparación, encamisado de concreto, se llevará a cabo cuando la columna se haya visto afectada por el sismo, se note pérdida de recubrimiento, pequeñas curvaturas sin pandeo, el núcleo se mantenga íntegro y que la capacidad vertical no se haya visto afectada.

Con esta reparación de la columna el cual consiste en confinarla mediante estribos y varillas de acero, se restablece su resistencia inicial y aumenta la capacidad de rotación evitando que sufra daños futuros en presencia de un sismo.

Teniendo en cuenta que este método de reparación solo será aplicado a columnas circulares, cuadradas y rectangulares con una relación de lados no mayor a 1,5. Y el espesor del encamisado será como mínimo 5cm.

Se recomienda colocar acero de 1/2" como varillas, dichas varillas serán dispuestas en las esquinas y con una separación no mayor a 30cm, con el fin de confinar y asegurar el confinamiento, y también serán colocadas en la parte intermedia para evitar la fisuración superficial.

Los estribos son verdaderamente importantes, generan el confinamiento que permiten la rotación plástica de la columna. En la parte superior e inferior de la columna, deberá de tener una cuantía mecánica volumétrica aproximadamente de  $\omega_w = 0.08$ .

Esta cuantía está dada por la siguiente ecuación:

$$\omega_w = \frac{W_{sc} \times f'_y}{W_c \times f'_c} = \frac{\sum A_{si} \times l_i \times f'_y}{A_{cc} \times S_t \times f'_c}$$

Donde:

$W_{sc}$  = El volumen de estribos de confinamiento

$W_c$  = Volumen de concreto confinado

$f_y$  = Fluencia del acero

$f_c$  = Resistencia a la compresión del concreto

$A_{si}$  = Área de los estribos

$A_{cc}$  = Área del núcleo confinado

$l_i$  = Longitud de los estribos de confinamiento

$S_t$  = Separación longitudinal de los estribos.

En caso de columnas localizadas a lado de tabiquerías u otros elementos arquitectónicos, se debe de dar acceso a todo el perímetro de la columna para la correcta reparación. En el caso en el que una columna se encuentra a lado de otra no es posible aplicar esta reparación ya que se debe de respetar la junta de separación existente entre ambas columnas.

Procedimiento de reparación:

Para la ejecución de esta reparación se seguirá el procedimiento que se detalla a continuación:



- Adecuar la columna original

No es necesario volver rugosa la superficie de la columna original, sin embargo, si se desea tener una mejor adherencia se recomienda hacer uso de algún aditivo en la mezcla de concreto. Se requiere que la superficie este limpia, libre de polvo, aceites u otros elementos que no permitan la correcta adherencia.

Se tendrá que redondear las esquinas de la columna en caso sea cuadrado o rectangular haciendo uso de un martillo hasta alcanzar los  $45^\circ$ , cuyo radio de curvatura no será menor a 5cm. La finalidad de realizar el redondeado es permitir que toda la sección de la columna quede completamente confinada.

En la siguiente imagen se muestra el efecto de confinamiento en columnas no circulares.

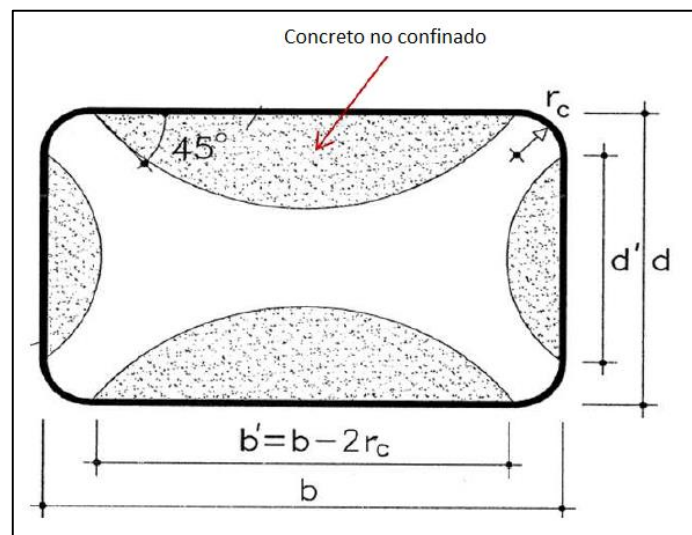


Figura 42. Redondeo de esquinas para la obtención del adecuado recubrimiento.

Fuente: Consultores, 2013

- Disposición del acero

Las varillas longitudinales no se anclarán a la losa o viga, depende cual sea el caso ya sea en la parte superior o inferior, de la misma manera se dejará un espacio en la parte superior entre la camisa de concreto y la losa o viga de 1cm, con la finalidad de no rigidizar la conexión.

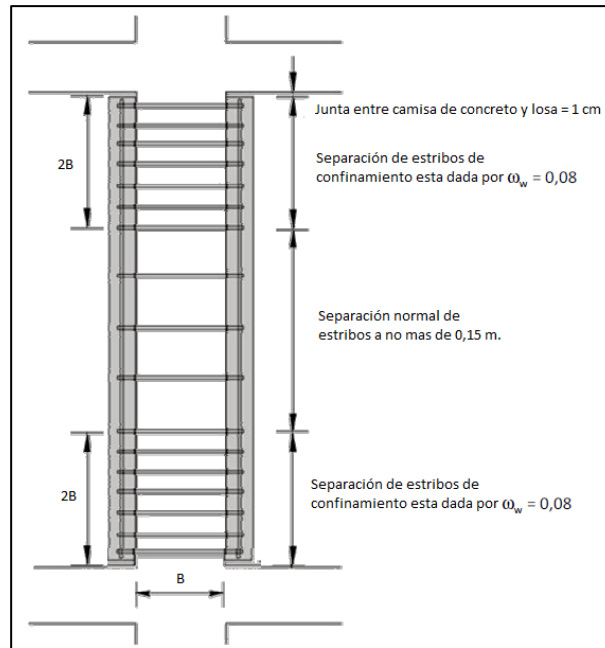


Figura 43. Detalle de columna, consideraciones para la distribución de estribos

Fuente: Consultores, 2013

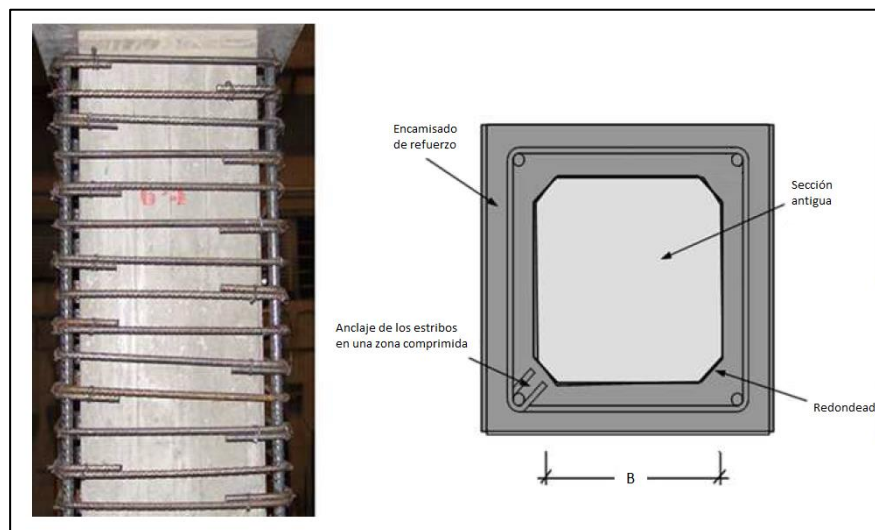


Figura 44. Recubrimiento del acero para el llenado de concreto con muestra de detalle

Fuente: Consultores, 2013

- Encofrado de la columna

El procedimiento para el encofrado será realizado de la manera que comúnmente se suele realizar, sin embargo, se tiene que tener en cuenta el recubrimiento, ya que este está condicionado por requisitos estructurales, por ejemplo, la viabilidad del concreto al pasar por los estribos y la columna original. Por lo tanto, el espesor de las camisas de concreto se encontrará entre las medidas de 5 a 10cm. Tener en cuenta que no se requiere mano de obra

especializada para la realización de este procedimiento, ya que tiene el mismo principio de la construcción de una columna nueva.

- Vaciado del concreto

Se utilizará un concreto de alta resistencia superior a 210 kg/cm<sup>2</sup>, con el objetivo de que la capacidad mecánica de la camisa de concreto sea mayor a la columna original.

Se recomienda bombear el concreto a presión moderada y con un agregado de solo arena con tamaño máximo de 8mm, de tal manera que este entre en todas las cavidades del encofrado y no se generen cangrejas.

El curado será el mismo que se realiza en una columna típica, sin embargo, es conveniente un buen curado que evite la deshidratación superficial y la retracción plástica del concreto.

### 2.4.3. Reparación de vigas

#### 2.4.3.1. Refuerzos mediante recrecido con hormigón armado

Existe un método muy eficaz para el refuerzo a flexión, la cual consiste en agrandar la viga original mediante una sección adicional de concreto armado. En la mayoría de los casos el refuerzo se efectúa recreciendo inferiormente de la viga original. Asimismo, el acero deberá ser diseñado y colocado respecto al requerimiento de daño, este procedimiento aportará a la flexión positiva. En algunos casos puede también plantearse recrecer superiormente la viga, especialmente si se ha disminuido considerablemente en el forjado.

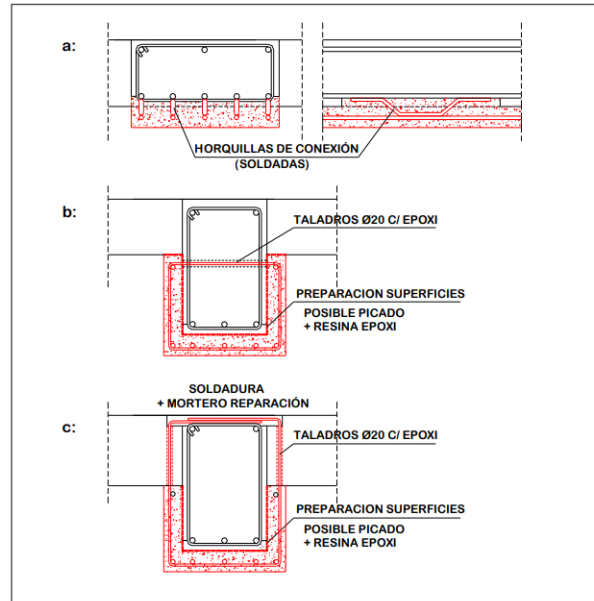


Figura 45. Agrandado y recrecimiento de vigas

Fuente: Consultores, 2013

Referente al diseño, como se mencionó el fin es incrementar las dimensiones de la viga. A nivel constructivo, el vaciado de concreto sobre la camisa presenta cierta complejidad. Respecto a su sistema constructivo, consiste en realizar los picados correspondientes en la viga dañada. La dosificación debe ser muy cuidada, garantizando una buena adherencia con el material original, y evitando la formación de cangrejeras. Asimismo, tener mucho cuidado con los elementos estructurales colindantes, ya que es muy posible que puedan sufrir daños. Según el Ing. Alfonso del Río Bueno: Patología, reparación y refuerzo de estructuras de concreto armado de edificación 56 indica que el intercambio de esfuerzos entre la viga inicial y el refuerzo recae en la junta concreto-concreto, por ello el contacto entre ellos es de suma importancia.

Sin embargo, este proceder puede resultar peligroso cuando la viga no queda suficientemente empotrada en sus extremos o la cantidad de acero no es suficiente. En tales circunstancias se pueden disponer adhesivos epoxi, e incluso a picar parcialmente el recubrimiento de la viga original, para conectar sus armaduras con las del refuerzo. Este último procedimiento, debidamente diseñado, planteado y ejecutado reduce al mínimo los problemas de transferencia y permite alcanzar importantes niveles de refuerzo.

#### 2.4.3.2. Refuerzos mediante bandas de acero

Un sistema de refuerzo a flexión positiva consiste en la colocación de bandas de acero mediante adhesivos epóxicos en la parte inferior de la viga. Este sistema ha sido analizado por diferentes autores, y es aplicable en prácticamente todos los casos, tanto de vigas planas como de canto, al exigir espesores muy reducidos. Según algunos documentos, esta técnica permite en vigas usuales de edificación incrementos de capacidad flectora del 30 al 50%. En tales condiciones, alcanzar incrementos considerables de capacidad flectora no presenta los problemas que se plantean en las vigas usuales de edificación. Con vigas originales de mayor resistencia, alcanzar iguales porcentajes de refuerzo requiere mayores espesores de banda de refuerzo que pueden hacer crítica la transferencia tangencial de esfuerzos. Las vigas originales consideradas presentan igual armadura de tracción que de compresión. Ello permite introducir bandas de refuerzo con una capacidad mecánica adicional muy elevada, sin necesidad de introducir armadura de compresión. En tales condiciones las posibilidades efectivas de refuerzo se reducen. Según el Ing. Alfonso del Río Bueno: “Patología, reparación y refuerzo de estructuras de concreto armado de edificación”

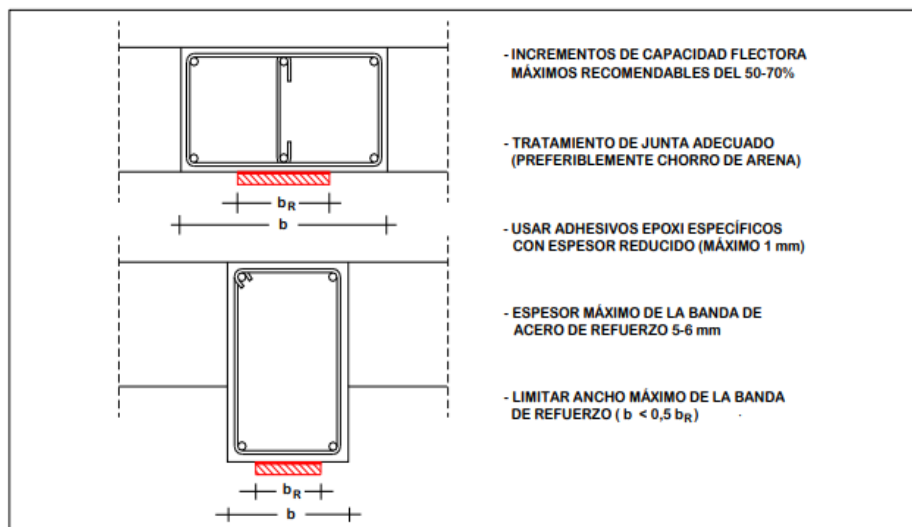


Figura 46. Incrementos de capacidad

Fuente: Consultores, 2013

### 3. ANÁLISIS DE VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

#### 3.1. Evaluación de la vivienda en estado natural

En el terremoto del 15 de agosto del 2007, los daños fueron severos y de dejó aproximadamente 600 muertos más de 76,000 viviendas totalmente destruidas o inhabitables. Las zonas más afectadas fueron Pisco, Chincha Alta, Chincha Baja, Tambo de Mora, Ica y San Luis de Cañete. En el presente documento estudiaremos una vivienda dañada por el sismo ubicada en la provincia de Pisco (Departamento de Ica).

##### 3.1.1. Ubicación

La vivienda su ubica entre las calles 28 de Julio y Pasaje Las Begonias. Con ayuda del Google Maps logramos acceder a la ubicación de la vivienda con una fecha de mayo del 2013.



*Figura 47.* Estado de vivienda en estudio del 2013

Fuente: Google Maps, 2018

Actualmente, se tiene la vivienda en las mismas condiciones y es habitada por dos familias.



Figura 48. Estado actual de vivienda en estudio

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2. Cálculo de cargas actuantes para la estructura

#### 3.1.2.1. Carga muerta

Se denomina carga muerta al peso que pueda tener la edificación, esto resulta al sumar elementos estructurales como columna, placa, losa, muro y viga.

Para el cálculo del peso de cada elemento, se halla encontrando su volumen y multiplicando por su peso específico (según el reglamento).

Para la carga muerta de la losa se consideró lo siguiente:

Tabla 6

*Carga muerta por los niveles 1 y 2*

<b>Carga muerta</b>	<b>W ( t/m)</b>
Peso de losa h=20 cm	0.3
Peso de acabado	0.1
Peso de Tabiquería	0.1

Fuente: Elaboración propia

Para la carga muerta del tanque elevado se consideró lo siguiente:

Tabla 7

*Carga muerta por el nivel 3*

<b>Carga muerta</b>	<b>W ( t/m)</b>
Peso de losa maciza	0.36
Peso de acabado	0.1
Peso de agua	1

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2. Carga viva

Es el peso que no es constante y es móvil es decir los ocupantes, materiales, equipos, muebles, entre otros.

Las cargas repartidas según el uso de las viviendas se obtienen de la Norma E.020

Tabla 8

*Cargas repartidas según Norma E 0.20*

<b>Ocupación o uso</b>	<b>Cargas Repartidas (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Viviendas	200
Corredores y escaleras	200

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la norma nos indica que para el último nivel la carga repartida será de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Para la carga viva de la losa se consideró lo siguiente:

Tabla 9

*Cargas viva para los niveles 1 y 2*

<b>Carga Viva</b>	<b>W (t/m)</b>
Según norma	0.2

Fuente: Elaboración propia

Para la carga viva del tanque elevado se consideró lo siguiente:

Tabla 10

*Cargas viva para los niveles 3*

<b>Carga Viva</b>	<b>W (t/m)</b>
Según norma	0.1

### 3.1.2.3. Combinaciones de carga

En las estructuras, los elementos estructurales deben ser diseñados de manera que su resistencia de diseño sea mayor o igual que el efecto de las cargas mejoradas en las combinaciones de carga.

Combinación 1: 1.4 MUERTA + 1.7 VIVA

Combinación 2: 1.25 (MUERTA + VIVA) + CSX

Combinación 3: 1.25 (MUERTA + VIVA) - CSX

Combinación 4: 1.25 (MUERTA + VIVA) + CSY

Combinación 5: 1.25 (MUERTA + VIVA) - CSY



Combinación 6: 0.9 MUERTA + CSX

Combinación 7: 0.9 MUERTA - CSX

Combinación 8: 0.9 MUERTA + CSY

Combinación 9: 0.9 MUERTA - CSY

Combinación 10: ENVOLVENTE

#### 3.1.2.4. Cálculo del peso de la edificación y excentricidades

Para el análisis y comprobación de este proyecto se identificó una vivienda de tres niveles, que había sufrido daños en sus elementos estructurales producto del sismo de Ica del 2007. Se consultó y se pidió autorización para el levantamiento interno y externo de la vivienda para su posterior análisis. Se identificó que la vivienda fue construida con ladrillos King Kong artesanal y se evidencio falencias constructivas. A continuación, se presentará el levantamiento de los tres niveles de la edificación de albañilería confinada.

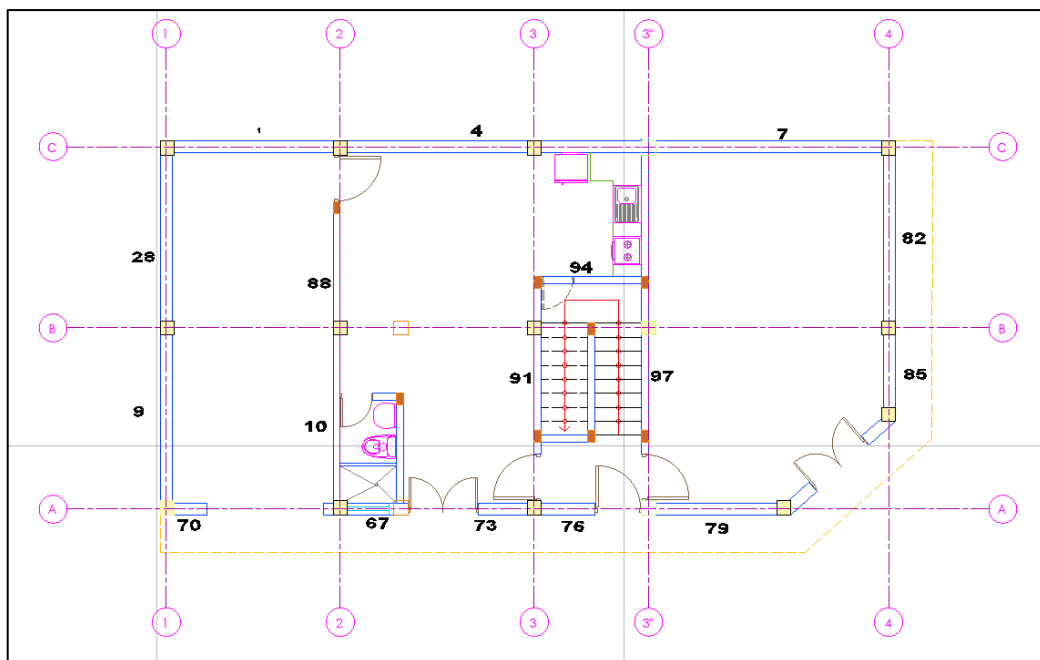


Figura 49. Levantamiento arquitectónico del primer nivel en el cual se identificó los muros portantes.

Fuente: Elaboración propia

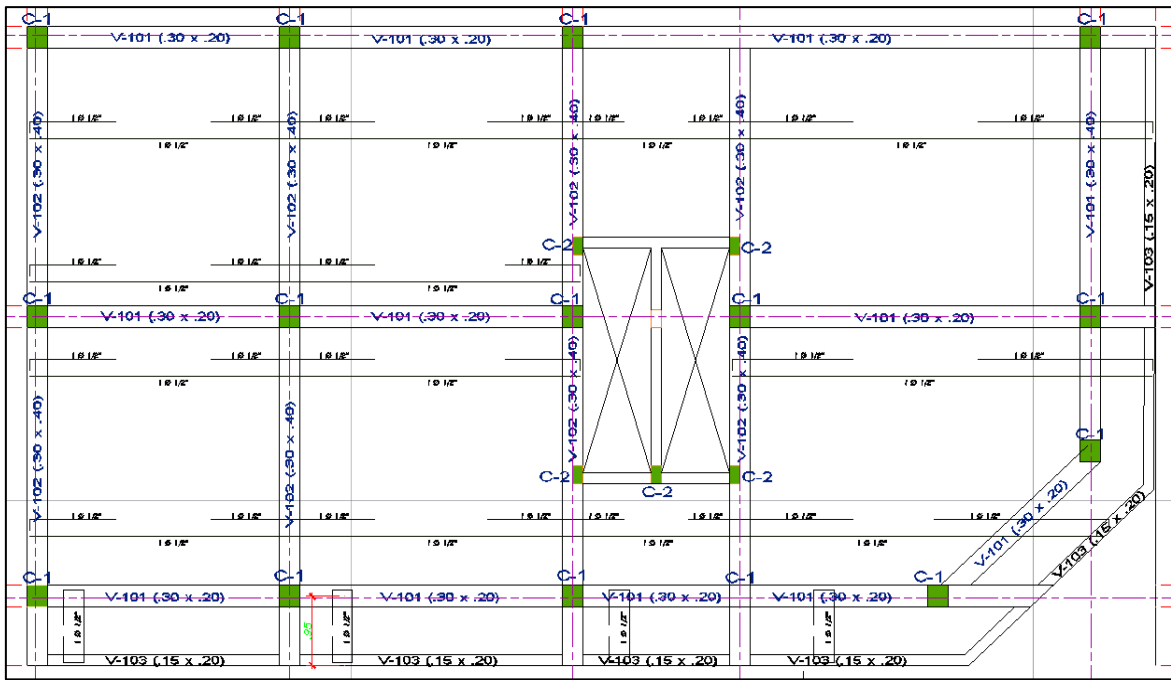


Figura 50. Levantamiento estructural del primer nivel

Fuente: Elaboración propia

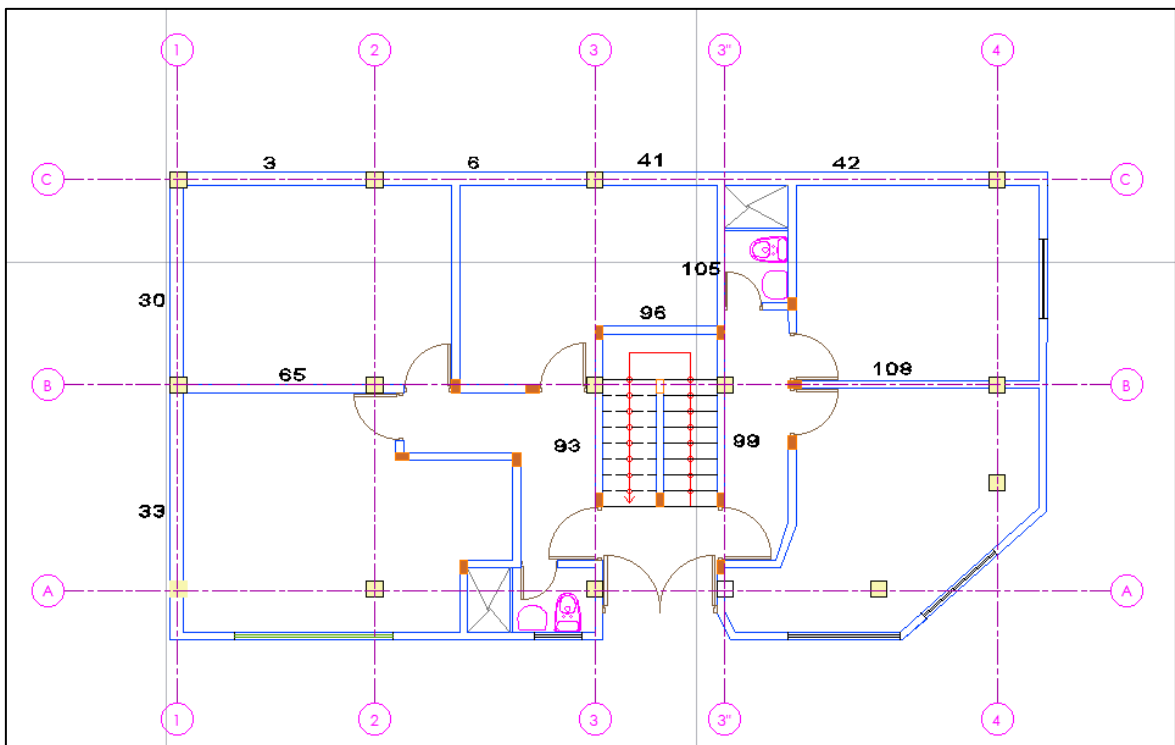


Figura 51. Levantamiento arquitectónico del segundo en el cual se identificó los muros portantes

Fuente: Elaboración propia

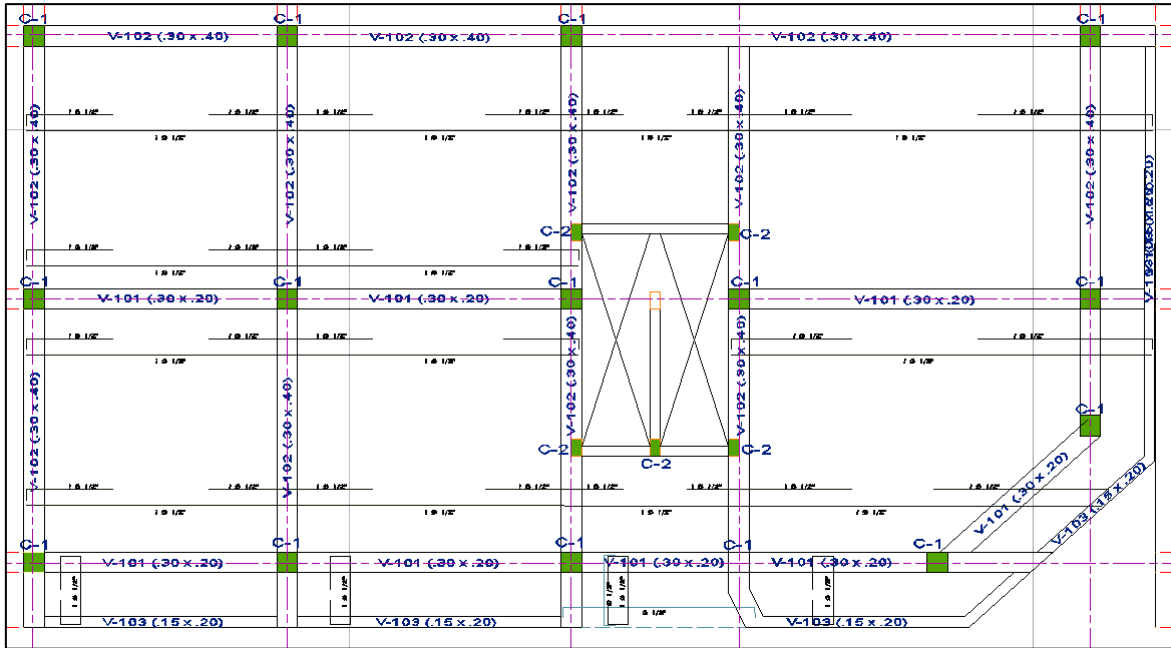


Figura 52. Levantamiento estructural del segundo nivel

Fuente: Elaboración propia

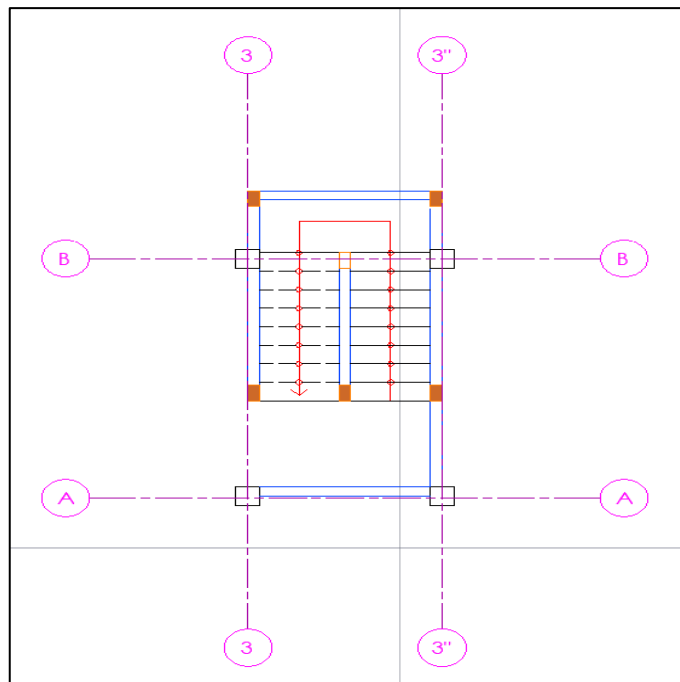


Figura 53. Levantamiento arquitectónico del tercer nivel en el cual se identificó los muros portantes

Fuente: Elaboración propia

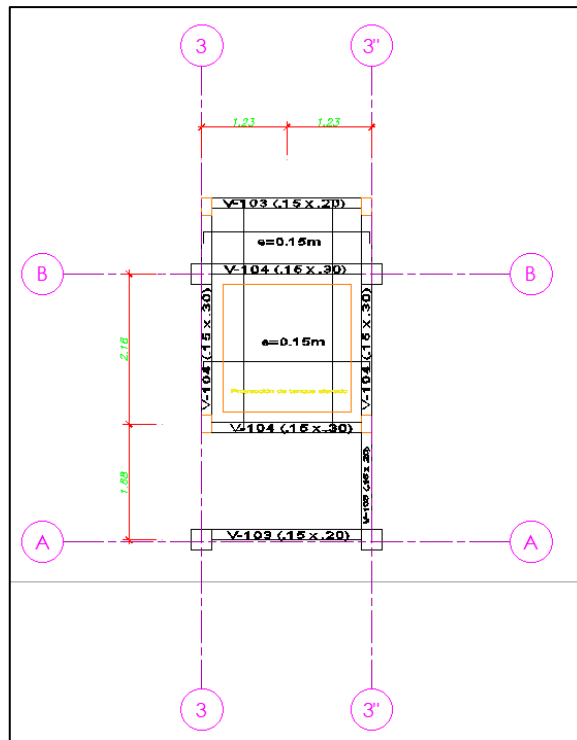


Figura 54. Levantamiento estructural del tercer nivel.

Fuente: Elaboración propia

En principio, tras el levantamiento se procede al cálculo del peso y las excentricidades de la edificación para ello utilizamos el Software Etabs 2016. A continuación, se detallará las propiedades de las unidades de albañilería.

Para la modelación de la edificación se evidenció que la construcción de muros portantes se realizó de ladrillos de King Kong artesanal.

Tabla 11

*Propiedades del ladrillo artesanal*

Propiedades ladrillo artesanal	W
f'b	55 kg/cm <sup>2</sup>
f'm	35 kg/cm <sup>2</sup>
v'm	5.1 kg/cm <sup>2</sup>
Em	17500
Gm	7000
V poisson	0.25

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, respecto a la vivienda en estudio obtenemos la siguiente tabla de resultados.

Tabla 12

*Peso de la edificación en estudio*

CACULO DE PESO DE VIVIENDA					
NIVEL	Diafragma	Masa X	Masa Y	XCM	YCM
		kg	kg	m	m
Nivel1	NIVEL 1	193180.66	193180.66	7.73	4.61
Nivel2	NIVEL 2	164227.89	164227.89	7.98	4.25
Nivel3	NIVEL 3	29745.38	29745.38	9.05	2.85
	PESO =	387.15	TON -F		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

*Excentricidades de la edificación en estudio*

CALCULO DE EXCENTRICIDADES					
XCCM	YCCM	XCR	YCR	Ex	Ey
m	m	m	m	m	m
7.729	4.606	6.476	6.224	1.253	-1.619
7.976	4.254	7.100	5.877	0.876	-1.623
9.054	2.854	8.834	1.429	0.219	1.425

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Modelamiento de la edificación

Para el análisis de la vivienda se modelará bajo dos condiciones importantes y solo se tomará en cuenta los muros portantes de King Kong artesanal. En un primer modelo se realizará la modelación con parámetros respecto a la norma sismorresistente E-030 y en un segundo modelo se tomará como referencia los acelerogramas del sismo de Ica del 2007.

3.1.3.1. Primer modelo respecto a la Norma Sismorresistente E030

EL Perú está ubicado en zona sísmica, por lo que es importante que todas las edificaciones se construyan siguiendo los parámetros de la norma sismorresistente E-030. En el caso del terremoto de Pisco ocurrieron daños significativos a todas las viviendas de albañilería confinada por malas técnicas constructivas o diseños inadecuados. A continuación, se analizará la vivienda en estudio para analizar el comportamiento de sus elementos estructurales.

3.1.3.1.1. Zonificación

Según la Norma E.030 en el capítulo 2 se considera cuatro zonas a nivel nacional según la distribución espacial de la sismicidad.

En la siguiente figura se muestra la distribución de zonas a nivel nacional.

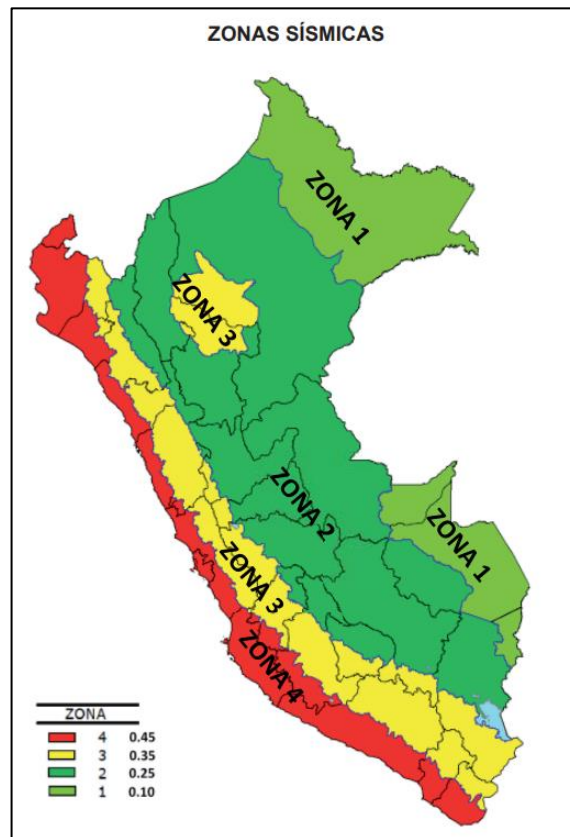


Figura 55. Distribución Zonas sísmicas

Fuente: Ministerio de Vivienda, 2016

Al identificar la zona de estudio, se obtiene el factor Z. El factor Z se denomina como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Ministerio de Vivienda, 2016).

Según la norma E.030 se obtiene lo siguiente:

Tabla 14

Factores de zona sísmica según Norma E030

ZONA	FACTORES DE ZONA "Z"
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Elaboración propia adaptado de Norma E030.

Para nuestro modelo se tiene el valor de  $Z=1$

### 3.1.3.1.2. Condiciones Geotécnicas

“Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación" (Ministerio de Vivienda, 2016)

Asimismo, para los valores del S se tiene la siguiente información:

Tabla 15

*Perfiles de suelos según norma E030*

PERFILES DE SUELO	DESCRIPCIÓN
TIPO S0	Roca dura
TIPO S1	Roca o suelo muy rígidos
TIPO S2	Suelos intermedios
TIPO S3	Suelos Blandos
TIPO S4	Condiciones Excepcionales

Fuente: Elaboración propia adaptado de Norma E030.

También, tenemos valores típicos de los diferentes tipos de suelos.

Tabla 16

*Clasificación de los perfiles del suelo*

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DEL SUELO			
Perfil	$V_s$	$N_{60}$	$S_u$
S0	mayor a 1500 m/s	–	–
S1	500 m/s a 1500 m/s	mayor 50	mayor a 100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100 kPa
S3	menor a 180 m/s	menor a 15	25 Kpa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Elaboración propia adaptado de Norma E030.

Para nuestro modelo se tiene el valor de S3, es decir suelo Blando.

Para la determinación de los factores de S,  $T_p$  y  $T_l$  tenemos el siguiente cuadro.

Tabla 17

*Factores del suelo según la zona sísmica*

FACTORES DE SUELO "S"				
ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Elaboración propia adaptado de Norma E030.

Tabla 18

*Factores del periodo TP y TL*

PERIODOS "TP" Y "TL"				
	S0	S1	S2	S3
Tp (s)	0,30	0,40	0,60	1,00
Tl (s)	3,00	2,50	2,00	1,60

Fuente: Elaboración propia adaptado de Norma E030.

Para nuestro modelo se tiene el valor de TP= 1.00 y TL= 1.60. Por tanto, se tiene un S= 1.15

### 3.1.3.1.3. Factor de amplificación sísmica

El factor de amplificación sísmica “C” indica la amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración del suelo.

$$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5, \text{ donde } T \text{ es el periodo de la estructura}$$

Se tiene los siguientes resultados:

Tabla 19

*Factores de amplificación sísmica*

DESCRIPCIÓN	FACTOR
Hn	9.00 m
Ct	60.00
T	0.15
Tp	1.00
Tl	1.60
C	2.50
C/R	0.93

Fuente: Elaboración propia adaptado de Norma E030.

Para nuestro modelo se tiene el valor de C= 2.50



#### 3.1.3.1.4. Categoría de la edificación (factor de uso)

Según la norma E.030 indica que cada estructura deber ser clasificado en categorías según su uso o importancia, para edificios con aislamiento sísmico se podrá considerar  $U=1$ , para nuestro modelo asumiremos el valor de 1.

#### 3.1.3.1.5. Coeficiente de reducción R

Según la norma E.030 se obtiene lo siguiente:

Según la Norma E.030, los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección. Además, mientras el sistema estructural de un edificio cuenta con más ductilidad y sobre-resistencia, es factible reducir las fuerzas sísmicas de diseño para lograr un diseño más eficiente. La Norma - 22 - E.030 en su Artículo 12 define el coeficiente de reducción de fuerza sísmica “R” según el sistema estructural que presente el edificio. (Ministerio de Vivienda, 2016)

Tabla 20

#### *Factores de coeficiente de reducción*

Material	Sistema estructural	R (para estructuras regulares)
Acero	Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos	9,5
	Arriostres excéntricos	6,5
	Arriostres en cruz	6
	Pórticos Dual	8
		7
	De muros estructurales	6
Concreto Armado	Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería	Albañilería armada o confinada	3
Madera	Madera	7

Fuente: Elaboración propia adaptado de Norma E030.

Para el coeficiente de Reducción se tiene la siguiente formula:

$$R = R_0 * I_a * I_p = 3.00 * 1.00 * 0.90 = 2.70$$

#### 3.1.3.1.6. Cortante basal

Cortante Basal, es una fuerza de reacción que se presenta en todos los marcos que compongan una estructura y se localiza en la base de la estructura. Esta fuerza se halla de la siguiente manera:

$$V = \frac{ZUCS}{r} * \text{peso de edificacion}$$

Tenemos como resultado del espectro  $ZUCS/R= 0.417$ , multiplicado con el peso de la edificación tenemos como resultado:

$$V = 161.31 \text{ tn} - f$$

### 3.1.3.1.7. Verificación por densidad de muro

La norma E070 exige que exista cierta cantidad de muros portantes en cada dirección. La densidad mínima de muros se obtiene mediante la relación del área de corte de los muros orientados en una determinada dirección, dividida entre el área de la planta.

La ecuación para determinar la verificación por densidad de muros es la siguiente:

$$\frac{\text{Area de los cortes reforzados}}{\text{Area de la planta típica}} = \frac{\Sigma L * t}{A_p} \geq \frac{Z. U. S. N.}{56}$$

Esta verificación se hizo por niveles, en el cual se presentará el análisis ejemplificativo del muro portante catalogado como W-1 para el primer nivel.

En primer lugar, se toma los parámetros sísmicos según la Norma E 030 para el cálculo del **Z. U. S. N/56** .

$$\mathbf{Z. U. S. N/56} = \frac{0.45 * 1 * 1.15 * 2}{56} = 0.018$$

Tabla 21

*Parámetros sísmicos identificados para la verificación de densidad de muros*

Z =	0.45
U =	1.00
C =	2.50
S =	1.15
N =	2.00
Z.U.S.N / 56 =	0.018

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, identificamos el largo y el espesor del muro portante analizar de la siguiente manera:

$$LT = 3.40 * 0.23 = 0.782 \text{ m}^2$$

Tabla 22

*Resultado de longitud total y el espesor del muro*

MURO	DENOMINACIÓN	LARGO (m)	ESPELOR (m)	LT (m2)
W1	1	3.40	0.23	0.782

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se deberá replicar el procedimiento para los diferentes muros portantes y finalmente dividir entre el área techada de la vivienda en estudio el cual resulta 412.13 m2

Tabla 23

*Resultados de verificación de densidad de muros en el primer nivel*

$\sum (L.t) =$	8.386
$A_{p2} =$	142.130
$\sum (L.t)/A_p =$	0.059
$Z.U.S.N / 56$	0.018
<b>CONCLUSIÓN:</b>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el primer nivel de la edificación existen suficiente cantidad de muros en cada dirección, por lo que se determine que la edificación se encuentra en un estado reparable después del sismo.

Asimismo, se presentará el análisis del muro portante catalogado W-6 para el segundo nivel. En primer lugar, se toma los parámetros sísmicos según la Norma E 030 para el cálculo del **Z. U. S. N/56** .

$$Z. U. S. N/56 = \frac{0.45 * 1 * 1.15 * 2}{56} = 0.018$$

Tabla 24

*Parámetros sísmicos identificados para la verificación de densidad de muros*

Z =	0.45
U =	1.00
C =	2.50
S =	1.15
N =	2.00
Z.U.S.N / 56 =	0.018

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, identificamos el largo y el espesor del muro portante analizar de la siguiente manera:

$$LT = 3.85 * 0.23 = 0.8855 \text{ m}^2$$

Tabla 25

*Resultado de longitud total y el espesor del muro*

MURO	DENOMINACIÓN	LARGO (m)	ESPESOR (m)	LT (m2)
W1	1	3.85	0.23	0.8855

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se deberá replicar el procedimiento para los diferentes muros portantes y finalmente dividir entre el área techada de la vivienda en estudio el cual resulta 412.13 m2

Tabla 26

*Resultados de verificación de densidad de muros en el segundo nivel*

$\sum (L.t) =$	6.9151
$A_{p2} =$	142.130
$\sum (L.t)/A_p =$	0.049
Z.U.S.N / 56	0.018
<b>CONCLUSIÓN:</b>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el segundo nivel de la edificación existen suficiente cantidad de muros en cada dirección, por lo que se determine que la edificación se encuentra en un estado reparable después del sismo.

### 3.1.3.1.8. Verificación por carga vertical

En esta verificación se contempla que el muro presente un esfuerzo axial con cargas de servicio, menor al esfuerzo admisible según la norma E.070. El esfuerzo normal actuante, se calcula con el cociente entre el peso de la edificación y el área rectangular del muro igual a su longitud total, por su espesor efectivo ( $L*t$ ). El esfuerzo admisible por compresión se basa al esfuerzo ( $f'm$ ), la cual disminuye conforme a la esbeltez del muro. Bajo esta verificación se busca prevenir las fallas por pandeo en muros esbeltos sujetos a cargas axiales o verticales. Finalmente, es importante mencionar que el esfuerzo axial máximo se limita a  $0.15 f'm$  para que se reduzca la ductilidad del muro ante sismos severos.

La siguiente verificación se basa bajo la siguiente formula:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L * t} \leq 0.2 * f_m * \left( 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right) \leq 0.15 * f_m$$

Esta verificación se hizo por niveles, en el cual se presentará el análisis ejemplificativo del muro portante catalogado como W-1 en el primer nivel.

En primer lugar, se debe obtener los siguientes datos para la verificación por carga vertical:

Tabla 27

*Datos para la verificación por carga vertical*

MURO	DENOMINACIÓN	F'm (tn/m)	ALTURA (m)	LARGO (m)	ESPELOR (m)	Pm (tn)
W1	1	350	2.50	3.40	0.23	15.42

Fuente: Elaboración propia

La carga vertical “Pm” es obtenida tras los resultados de la modelación en el Software Etabs 2016.

En segundo lugar, se procede a calcular los parámetros que refiere las fórmulas antes descritas:

- $\sigma m = \frac{Pm}{L*t} = \frac{1.542}{3.40*0.23} = 19.72 \text{ tn/m}^2$
- $0.2 * fm * \left(1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right) = 0.2 * 35000 * \left(1 - \left(\frac{2.5}{350*0.23}\right)^2\right) = 63,24 \text{ tn/m}^2$
- $0.15 * fm = 0.15 * 350 = 52.5 \text{ tn/m}^2$

En este caso la condición por carga vertical no cumpliría ya que  $63.24 \text{ tn/m}^2 > 52.5 \text{ tn/m}^2$  y por tanto se concluye que el muro ha sufrido una reducción significativa de la ductilidad.

### 3.1.3.1.9. Verificación de resistencia al corte y control de fisuras

Cada muro debe determinarse su resistencia al corte “Vm” mediante las siguientes expresiones provenientes de la norma E.070:

Para unidades de arcilla y de concreto:

$$Vm = 0.5 * V'm * \alpha * t * L + 0.23 Pg$$

Para unidades sílico-calcáreas:

$$Vm = 0.35 * V'm * \alpha * t * L + 0.23 Pg$$

Donde:

- V'm: Resistencia característica a corte puro de la albañilería
- Pg: Carga gravitacional de servicio
- t: Espesor efectivo del muro
- L: Longitud total del muro

- $\alpha$ : Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez el cual se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1$$

Donde:

- $V_e$ : Es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico

En primer lugar, se debe obtener los siguientes datos para la verificación a la resistencia al corte:

Tabla 28

*Datos para la verificación a la resistencia al corte*

Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton-m)	L (m)
15,42	14,47	20,37	3,40

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se obtendrá el valor de alfa ( $\alpha$ ) cuyo cálculo es de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{15.42 * 3.40}{20.37} = 2.416$$

La norma nos indica que  $\alpha$  tiene que ser mayor a 1/3 y menor que 1 por ello en el muro W1  $\alpha=1$

En tercer lugar, se hallará el  $V'm$  y seguido de  $0.55 V'm$

$$Vm = 0.35 * V'm * \alpha * t * L + 0.23 Pg = 0.35 * 5.1 * 1 * 0.23 * 3.40 + 0.23 * 15.42 = 5.54 \text{ tn}$$

$$Vm = 0.55 * 5.54 = 3.05$$

Finalmente,  $14.47 > 3.05$  por tanto NO cumple con la verificación, por lo que se deberá aumentar la resistencia al corte, por lo que se logrará aumentando su espesor usando malla electrosoldada o geomallas y tarrajeo con mortero.

### 3.1.3.1.10. Análisis de resultados

Para el mejor análisis de resultados identificamos los muros portantes de los niveles de la edificación, asimismo catalogamos con un nombre para poder identificar los muros que fallen por corte. Para los muros del primer y segundo nivel se tiene como cortante máxima de  $V'm = 5.1 \text{ kg/cm}^2$  por ser muros de King Kong artesanal.

Para los resultados del primer nivel tenemos:

Tabla 29

*Resultados de cortantes máximos por muro en el primer nivel del primer modelo*

<b>MUROS PORTANTES NIVEL 1</b>				
<b>v'm (kg/cm2)</b>	<b>5.1</b>	<b>SISMO NORMA E030 MOD 1</b>		
<b>KING KONG ARTESANAL</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>V max (kg/m2)</b>	<b>V max (kg/cm2)</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
W1	1	169216.310	16.922	NO CUMPLE
W2	4	146359.120	14.636	NO CUMPLE
W3	10	87485.780	8.749	NO CUMPLE
W10	28	99111.590	9.911	NO CUMPLE
W26	79	197023.480	19.702	NO CUMPLE
W27	82	94586.890	9.459	NO CUMPLE
W28	85	82333.730	8.233	NO CUMPLE
W29	88	50502.690	5.050	SI CUMPLE
W46	9	49086.610	4.909	SI CUMPLE
W30	91	76378.600	7.638	NO CUMPLE
W31	94	93593.250	9.359	NO CUMPLE
W32	97	29364.010	2.936	SI CUMPLE
W41	7	144575.750	14.458	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Para los resultados del segundo nivel tenemos:

Tabla 30

*Resultados de cortantes máximos por muro en el segundo nivel del primer modelo*

<b>MUROS PORTANTES NIVEL 2</b>				
<b>v'm (kg/cm2)</b>	<b>5.1</b>	<b>SISMO NORMA E030 MOD 1</b>		
<b>KING KONG ARTESANAL</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>V max (kg/m2)</b>	<b>V max (kg/cm2)</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
W1	3	126311.76	12.631176	NO CUMPLE
W2	6	71435.9	7.14359	SI CUMPLE
W10	30	111178.77	11.117877	NO CUMPLE
W46	33	181660.54	18.166054	NO CUMPLE
W57	65	87296.63	8.729663	SI CUMPLE
W64	41	64899.38	6.489938	SI CUMPLE
W65	42	59932.92	5.993292	SI CUMPLE
W74	108	48693.04	4.869304	SI CUMPLE
W30	93	30457.7	3.04577	SI CUMPLE
W31	96	55563.66	5.556366	SI CUMPLE
W32	99	70876.12	7.087612	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3.2. Segundo modelo según espectro tiempo-historia

El último gran sismo con origen en el proceso de convergencia de placas, ocurrió el día 15 de agosto de 2007 con una magnitud de 7.0ML (escala de Richter) y 7.9Mw (escala Momento), denominado como “el sismo de Pisco” debido a que su epicentro fue ubicado a 60 km al Oeste de esta ciudad. El sismo produjo daños importantes en un gran número de viviendas de la ciudad de Pisco (aproximadamente el 80%) y menor en localidades aledañas, llegándose a evaluar una intensidad del orden de VII en la escala de Mercalli Modificada (MM). Este sismo presenta su epicentro y replicas entre las áreas de ruptura de los sismos ocurridos en Lima en 1974 (7.5Mw) e Ica en 1996 (7.7Mw). Asimismo, este sismo produjo un tsunami que se originó frente a las localidades ubicadas al sur de la península de Paracas.

Dentro del proceso de adecuación del registro sísmico de la estación de PCN (Parcona-Ica) se realizó una corrección por línea base y filtro del pasabandas.

Con la ayuda del software Seismo Signal lograremos corregir las aceleraciones en la dirección EW con un amortiguamiento del 5%.



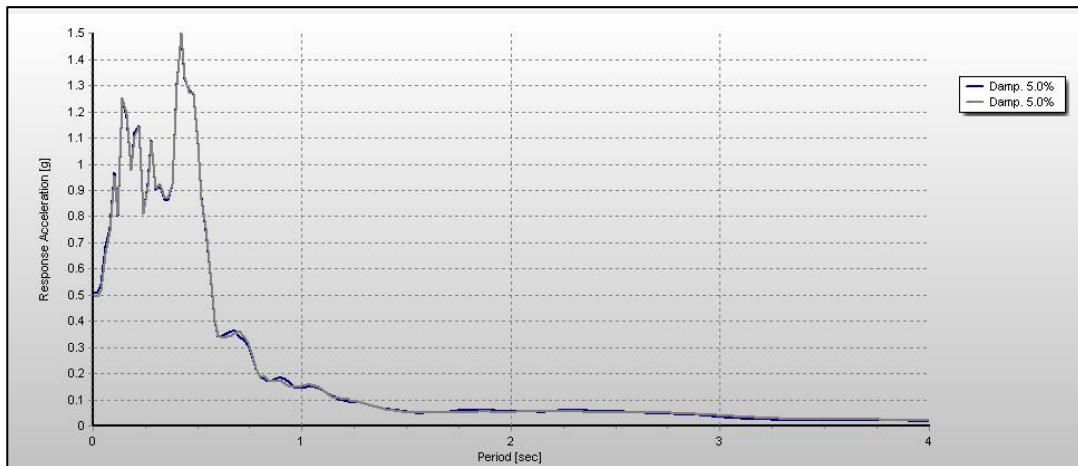
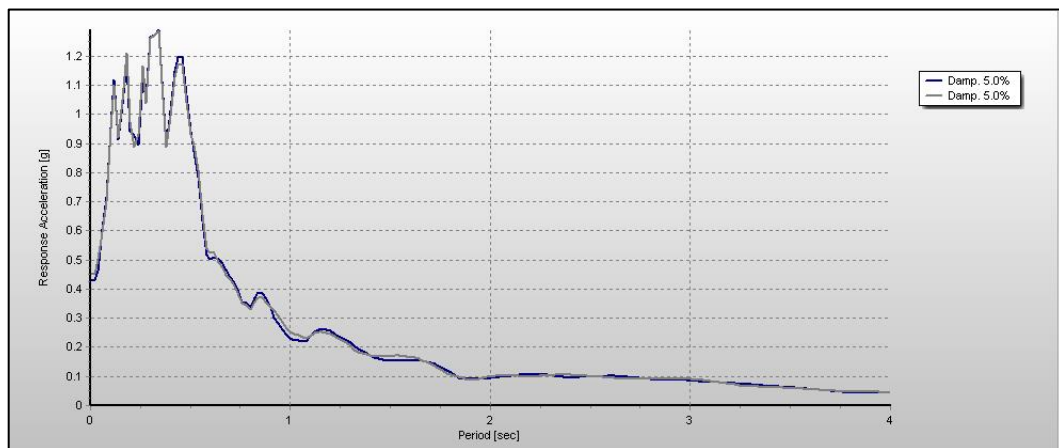


Figura 56. Dirección EW con amortiguamiento del 5%

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se corrigió las aceleraciones en la dirección NS con un amortiguamiento del 5%

Figura 57. Dirección NS con amortiguamiento del 5%



Fuente: Elaboración propia

Dichos espectros fueron introducidos a la modelación para poder determinar las fallas por corte en los muros detallados anteriormente, también se modelo las dos viviendas aledañas que en el momento del sismo ejercieron fuerzas hacia la edificación en estudio, cuyos resultados fueron:

- Aledaña A

Tabla 31

*Resultados de fuerzas aledañas A que impactan a la vivienda en estudio*

<b>LAS FUERZAS ORIGINADAS POR LA ESTRUCTURA A AFECTAN EN LA DIRECCIÓN -Y A NUESTRA ESTRUCTURA DE ESTUDIO</b>					
	<b>VY MIN</b>	<b>VY MAX</b>	<b>LX</b>	<b>vy</b>	<b>ZUCS/R</b>
	kgf	kgf	m	kgf/m	
NIVEL 3	-103411.33	2.05	15.45	-6693.28997	0.42
NIVEL 2	-199273.45	2.81	15.45	-12897.9579	
NIVEL 1	-247204.51	3.88	15.45	-16000.2919	
			V BASAL =	-35591.5398	
			MASA	84741.7614	

Fuente: Elaboración propia

- Aledaña B

Tabla 32

*Resultados de fuerzas aledañas B que impactan a la vivienda en estudio*

<b>LAS FUERZAS ORIGINADAS POR LA ESTRUCTURA A AFECTAN EN LA DIRECCIÓN -Y A NUESTRA ESTRUCTURA DE ESTUDIO</b>					
	<b>VY MIN</b>	<b>VY MAX</b>	<b>LX</b>	<b>vy</b>	<b>ZUCS/R</b>
	kgf	kgf	m	kgf/m	
NIVEL 2	-92194.53	3.97	7.7	-11973.3156	0.42
NIVEL 1	-156292.66	7.05	7.7	-20297.7481	
			V BASAL =	-32271.0636	
			MASA	76835.8658	

Fuente: Elaboración propia

Para este modelo la verificación por densidad mínima de muro cumple ya que el actual modelamiento respecto al modelo 1 varia en las cargas aledañas, es decir aumentará los esfuerzos de corte.

Finalmente, los resultados finales de acuerdo al software fueron los siguientes:

Tabla 33

*Resultados de cortantes máximos por muro en el primer nivel del segundo modelo*

<b>MUROS PORTANTES NIVEL 1</b>				
<b>v'm (kg/cm2)</b> <b>KING KONG</b> <b>ARTESANAL</b>	<b>5.1</b>	<b>SISMO PISCO MOD 2</b>		
	<b>ELEMENTO</b>	<b>V max (kg/m2)</b>	<b>V max (kg/cm2)</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
W1	1	148631.79	14.863179	NO CUMPLE
W2	4	125499.67	12.549967	NO CUMPLE
W3	10	72051.61	7.205161	NO CUMPLE
W10	28	78552.69	7.855269	NO CUMPLE
W26	79	160912.41	16.091241	NO CUMPLE
W27	82	92695.1522	9.26951522	NO CUMPLE
W28	85	65304.55	6.530455	NO CUMPLE
W29	88	42744.2	4.27442	SI CUMPLE
W46	9	44512.4	4.45124	NO CUMPLE
W30	91	58032.45	5.803245	SI CUMPLE
W31	94	80311.51	8.031151	SI CUMPLE
W32	97	18224.92	1.822492	SI CUMPLE
W41	7	123152.78	12.315278	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

*Resultados de cortantes máximos por muro en el segundo nivel del segundo modelo*

<b>MUROS PORTANTES NIVEL II</b>				
<b>v'm (kg/cm2)</b> <b>KING KONG</b> <b>ARTESANAL</b>	<b>5.1</b>	<b>SISMO PISCO MOD 2</b>		
	<b>ELEMENTO</b>	<b>V max (kg/m2)</b>	<b>V max (kg/cm2)</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
W1	3	115286.43	11.528643	NO CUMPLE
W2	6	56847.91	5.684791	SI CUMPLE
W10	30	104400.3	10.44003	NO CUMPLE
W46	33	175771.14	17.577114	NO CUMPLE
W57	65	140014.3	14.00143	NO CUMPLE
W64	41	42795.85	4.279585	SI CUMPLE
W65	42	63339.58	6.333958	SI CUMPLE
W74	108	34787.76	3.478776	SI CUMPLE
W30	93	13887.51	1.388751	NO CUMPLE
W31	96	45603.58	4.560358	SI CUMPLE
W32	99	48457.92	4.845792	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Evaluación de la vivienda reforzada

#### 3.2.1. Refuerzo por malla electrosoldada

Para el diseño de la malla electrosoldada W1, el cual se tomó como ejemplo se asumió que el refuerzo de acero deberá absorber la carga producida por el agrietamiento diagonal de la albañilería. Para el cálculo se tomó los siguientes datos:

$$f' m = 27 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (Resistencia a compresión de pilas)}$$

$$E m = 59500 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (Módulo de elasticidad)}$$

$$G m = 13000 \text{ (Módulo de corte)}$$

##### 3.2.1.1. Sección transformada

Según la Norma Técnica de albañilería E.070, para determinar las propiedades de un muro, como por ejemplo el momento de inercia se deberá aplicar el criterio de sección transformada. Por lo que se deberá obtener los siguientes datos:

Tabla 35

*Datos para el cálculo de rigidez de muro*

<b>f'm</b>	<b>f'c</b>	<b>fy</b>	<b>Lc</b>	<b>Em</b>	<b>Lm</b>	<b>t</b>	<b>h</b>	<b>Nro</b>
kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm	Confinamiento
35	175	4200	30	25800	340	11	250	2

Fuente: Elaboración propia

Se calcula  $E_c$  con la siguiente expresión:

$$E_c = 1500 * \sqrt{f'c} = 198431.3483 \text{ kgf/cm}^2$$

Luego.

$$G_m = 0.4 * E_m = 10320 \text{ kgf/cm}^2$$

Luego.

$$n = \frac{E_c}{E_m} = 7.691$$

Luego.

$$b = t * n = 11 * 7.69 = 84.60 \text{ cm}$$

Finalmente hallamos la inercia de la sección transformada:

$$I = \frac{11 * 340^3}{12} + 2 * \frac{84.60 * 30^3}{12} + 2 * 84.60 * 120^2 = 38,845,930.34 \text{ cm}^4$$

### 3.2.1.2. Cálculo de la rigidez lateral

Para el cálculo de la rigidez lateral elástica (K) del muro se asume que se comporta como un elemento en voladizo y se utilizó la siguiente fórmula:

$$K = \frac{E \cdot m}{\left(\frac{h^3}{3 \cdot I}\right) + \left(f \cdot h \cdot \frac{Em}{Gm \cdot A}\right)} = 3.187 \text{ tn/cm}$$

### 3.2.1.3. Fisuración en tracción por flexión

El esfuerzo de tracción resultante más crítico será la combinación del esfuerzo de flexión ocasionada por la carga lateral en conjunto con el esfuerzo de compresión generado por la carga vertical aplicada

$$\sigma_{\text{Traccion}} = \frac{2 * \sqrt{f \cdot c}}{n} 3.44 \text{ kg/cm}^2$$

Luego: La capacidad a tracción de concreto se obtiene de la siguiente manera:

$$F = \frac{\frac{2 * \sqrt{f \cdot c}}{n} + \frac{P_{\text{ver}}}{A}}{h * y} = 1.70 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

$\sigma$  traccion: Esfuerzo de tracción máximo.

F: Capacidad de tracción del concreto

n: E c / E m

y: Distancia al centroide de la fibra más traccionada.

M: Momento debido a la fuerza horizontal

f't: Resistencia a tracción por flexión del concreto.

P<sub>ver</sub>: Carga vertical

A: Área de la sección transversal del muro

### 3.2.1.4. Diseño de los elementos de confinamiento

Para el diseño tomamos la resistencia al agrietamiento según la norma E.070

$$V_m = 0.5 * V'_m * \alpha * t * L + 0.23 P_g$$

Se obtuvo datos con la ayuda del software Etabs 2016:

Tabla 36

*Datos para el diseño de los elementos de confinamiento*

<b>P<sub>g</sub> (ton)</b>	<b>V<sub>e</sub> (kg-f)</b>	<b>M<sub>e</sub> (kgf-m)</b>
15.42	14478	2037.10

Fuente: Elaboración propia

Luego hallamos  $\alpha$  que es el factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1$$

$$\alpha = \frac{15.42 * 3.40}{2037.10} = 2.416$$

La norma nos indica que  $\alpha$  tiene que ser mayor a 1/3 y menor que 1 por ello en el muro W1  $\alpha=1$

Además:

$$V_m = 0.5 * V'_m * \alpha * t * L + 0.23 P_g = 22.47 \text{ tn}$$

Finalmente hallamos la cantidad de acero requerido y colocado:

$$A_s = \frac{V'_m * S_{\text{cocada}}}{f_y * L} = \frac{22.47 * 15}{4.2 * 250} = 0.321 \text{ cm}^2$$

Luego, se asume un acero colocado de 0.5cm<sup>2</sup> correspondiente al acero de 8mm.

### 3.2.2. Refuerzo por fibra de carbono

Para el refuerzo de fibra de carbono, se debe obtener el número de bandas a colocar en un determinado espaciamiento. Por ello necesitamos en primer lugar hallar la resistencia a corte puro respecto al muro W1:

$$V_m = 0.5 * V'_m * \alpha * t * L + 0.23 P_g = 22.47 \text{ tn}$$

Luego debemos obtener los siguientes datos para hallar lo siguiente:

$$Ra = \frac{f'f a h}{S}$$

Donde:

$f'f$  = Resistencia a la tracción, 38000kg/cm<sup>2</sup>

$a$  = Grosor de la banda

$h$  = Ancho de la fibra de carbono a adoptar

$S$  = Factor de seguridad, considerar un valor elevador igual a 3 debido a la fragilidad de su falla

Para ello tenemos los siguientes datos:

Tabla 37

*Datos para el cálculo de la Resistencia admisible a la tracción*

a	h	S
0.0154	20.00	3.00

Fuente: Elaboración propia

Luego:

$$Ra = \frac{f'f a h}{S} = 3.90 \text{ tn}$$

Entonces, asumiendo que el 100% del cortante de agrietamiento debe de ser asumida por la banda, se obtiene el número de bandas a utilizar:

$$n = \frac{Vm}{Ra} = \frac{22.47}{3.90} = 5.76$$

Es decir, se necesitará 6 bandas de fibra de carbono de 20 cm de ancho.

### 3.2.3. Análisis de resultados

Para el análisis de resultados, en los acápite anteriores vimos que existen esfuerzos de corte que sobrepasaban lo admisible cuya cortante nominal de los muros de King Kong artesanal es de 5.1 kg/cm<sup>2</sup>. Por ello, se estableció el diseño del refuerzo mediante mallas electrosoldadas y fibras de carbono, la cual ofrecen mayor resistencia al corte, con la finalidad de que el muro vuelva y mejore sus condiciones iniciales. Para su comprobación tomaremos como ejemplo el diseño de las mallas electrosoldadas. Se ingresaron los datos obtenidos en el diseño estructural. De acuerdo a estudios respecto al uso de mallas electrosoldadas aumenta su esfuerzo cortante nominal a 10.13 kg/cm<sup>2</sup>.

Otro, acotación importante es que el diseño obtenido varía entre 20 y 35 toneladas de corte puro frente a desplazamientos moderados y severos como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

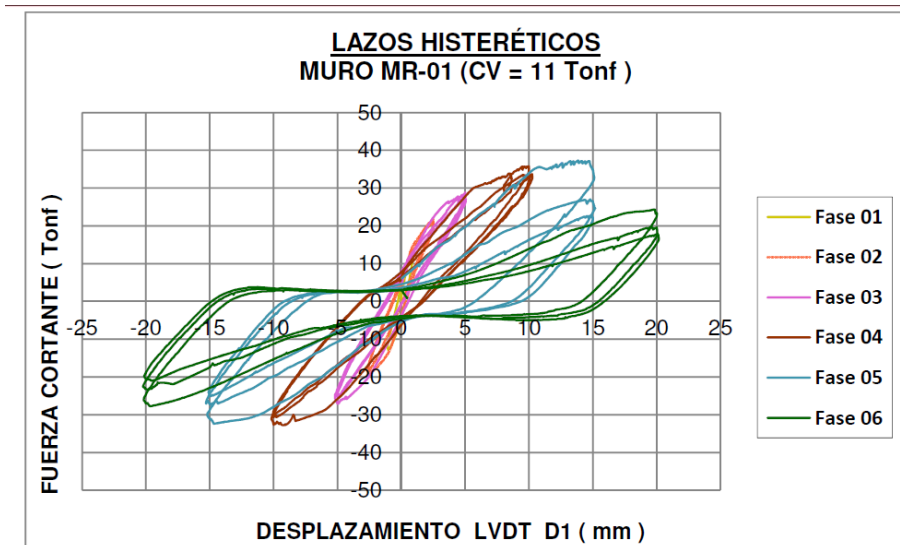


Figura 58. Resultados de las fuerzas de corte en tn de un muro reforzado con malla electrosoldada  
Fuente: Plinio, 2015

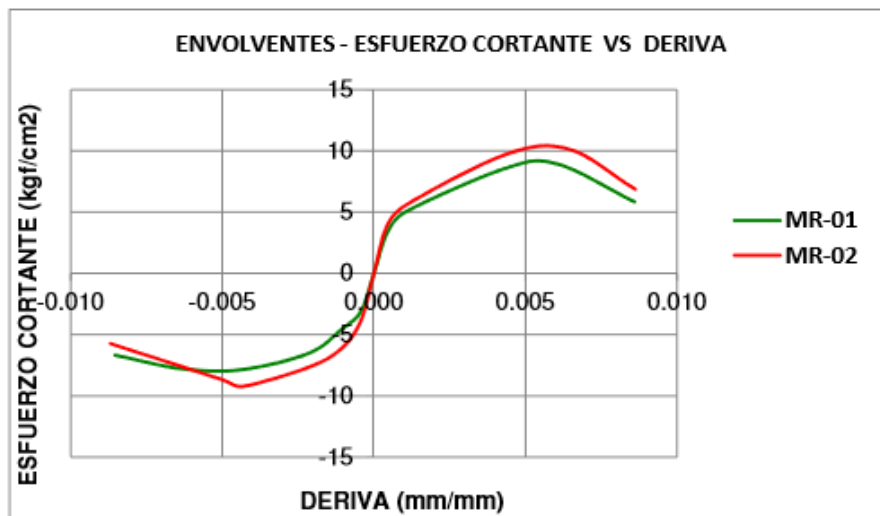


Figura 59. Resultados de los esfuerzos de corte de un muro reforzado con malla electrosoldada  
Fuente: Plinio, 2015



Como podemos apreciar, de acuerdo a la figura 59 los esfuerzos de corte aumentan sustancialmente, tomando en cuenta el grafico arroja valores de 10.13 kg/cm<sup>2</sup> como esfuerzo admisible.

Finalmente, el software nos indica los esfuerzos cortantes máximos luego de efectuar la reparación de los muros dañados:

Tabla 38

*Resultados de cortantes máximos por muro en el primer nivel del segundo modelo*

MUROS PORTANTES NIVEL I		SISMO ESTRUCTURA REFORZADA MOD 3		
5.1 v'm (kg/cm <sup>2</sup> ) King Kong Artesanal	5.1 ELEMENTO	Los ensayos arrojaron resistencias de hasta vm=10 kg/cm <sup>2</sup>		
		V max (kg/m <sup>2</sup> )	V max (kg/cm <sup>2</sup> )	CONCLUSIÓN
W1	1	92008.6511	9.20086511	SI CUMPLE
W2	4	86794.6403	8.67946403	SI CUMPLE
W3	10	78536.2549	7.85362549	SI CUMPLE
W10	28	85622.4321	8.56224321	SI CUMPLE
W26	79	75394.5269	7.53945269	SI CUMPLE
W27	82	81037.7159	8.10377159	SI CUMPLE
W28	85	71181.9595	7.11819595	SI CUMPLE
W29	88	46591.178	4.6591178	SI CUMPLE
W46	9	48518.516	4.8518516	SI CUMPLE
W30	91	63255.3705	6.32553705	SI CUMPLE
W31	94	87539.5459	8.75395459	SI CUMPLE
W32	97	19865.1628	1.98651628	SI CUMPLE
W41	7	94236.5302	9.42365302	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

*Resultados de cortantes máximos por muro del segundo nivel del segundo modelo*

MUROS PORTANTES NIVEL II		SISMO ESTRUCTURA REFORZADA MOD 3		
v'm (kg/cm <sup>2</sup> ) King Kong Artesanal	5.1 ELEMENTO	Los ensayos arrojaron resistencias de hasta vm=10kg/cm <sup>2</sup>		
		V max (kg/m <sup>2</sup> )	V max (kg/cm <sup>2</sup> )	CONCLUSIÓN
W1	3	95662.2087	9.56622087	SI CUMPLE
W2	6	61964.2219	6.19642219	SI CUMPLE
W10	30	113796.327	11.3796327	SI CUMPLE
W46	33	91590.5426	9.15905426	SI CUMPLE
W57	65	82615.587	8.2615587	SI CUMPLE
W64	41	46647.4765	4.66474765	SI CUMPLE
W65	42	69040.1422	6.90401422	SI CUMPLE
W74	108	37918.6584	3.79186584	SI CUMPLE
W30	93	15137.3859	1.51373859	SI CUMPLE
W31	96	49707.9022	4.97079022	SI CUMPLE
W32	99	52819.1328	5.28191328	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- La vivienda en estudio sufrió daños en los muros portantes luego de un sismo de 7.9 grados en la escala de Richter, para la evaluación rápida se utilizó la aplicación móvil para la recopilación de información y categorización de daños estructurales en la vivienda afectada por un sismo, por lo cual se determinó que los daños fueron moderados y es reparable.
- La vivienda en estudio fue modelada tras un levantamiento en campo en el software ETABS, para su modelamiento se consideró los muros de King Kong artesanal y sus características según la norma E-070; fuerzas de entrepiso por el efecto de golpeteo por las viviendas aledañas, espectro tiempo-historia según los acelerogramas del sismo de Ica; en un primer resultado los muros sufrieron un esfuerzo a corte mayor a 5.6 kg/cm<sup>2</sup>, la cual ocasiono fallas por corte a los muros portantes.
- Para su reparación, se verifico los muros bajo requerimientos de densidad mínima de muros y el análisis por carga vertical, cuyos resultados fueron ingresados al software ETABS para su modelamiento.
- Se propuso la reparación de los muros portantes mediante mallas electrosoldadas y fibras de carbono, con la ayuda del software ETABS se pudo determinar que el esfuerzo a corte incrementa a 10.13 kg/cm<sup>2</sup>, garantizando que el muro tras un sismo igual o mayor pueda resistir esfuerzos mayores a 5.6 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.2. Recomendaciones

- Para el modelamiento de una edificación solo se deberá tomar en cuenta los muros portantes con unidades de albañilería estructurales, los muros de pandereta u otro ladrillo de tabiquería deberán ser obviados para poder determinar con certeza cuanto esfuerzo a corte sufrirán los muros en estudio.
- Con el fin de evitar los daños que se puedan generar en las estructuras debido a eventos sísmicos, para investigaciones futuras se recomienda crear una aplicación complementaria que permita predecir si la edificación cuenta con suficiente rigidez para resistir las fuerzas de inercia de la estructura generada por las aceleraciones del suelo, esto se lograría mediante la comparación de la cortante basal en la estructura versus la cortante nominal proveniente de las columnas y muros de corte.

## 5. REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2016). *Manual de construcción para maestros de obra*. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com/manual-para-maestro-de-obra/albanileria-confinada/que-es-albanileria-confinada.html>. [consulta: 7 de abril de 2018].
- Aceros Arequipa. (2017). *Construyendo con Juan Seguro*. Recuperado de [http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion\\_21/mucho-ojo-al-reglamento-importancia-del-diafragma-rigido.html](http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_21/mucho-ojo-al-reglamento-importancia-del-diafragma-rigido.html) [consulta: 7 de abril de 2018].
- Aceros Arequipa. (2018). *Aceros arequipa*. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com/informacion-corporativa/productos/barras-de-construccion/detalle/article/ferro-corrugado-astm-a615-grado-60/chash/c6d33859632f417ec0cb49902a6a0223.html> [consulta: 7 de abril de 2018].
- Arancibia, f. (2012). *Columnas cortas en el diseño estructural*. Recuperado de <http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.pe/2012/11/columnas-cortas-en-el-diseno-estructural.html> [consulta: 7 de abril de 2018].
- Asocreto. (2017). *Grados en concreto*. Recuperado de <http://blog.360gradosenconcreto.com/corrosion-del-acero-de-refuerzo/>
- Bartolomé, A. (2010). Reparación fibra de carbono. *Blog pucp*. Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2011/08/reparacion-fibra-de-carbono.pdf> [consulta: 7 de abril de 2018].
- Bartolomé, A. (s.f.). Picado de grietas importantes (mayores a 3mm). *Reparación y reforzamiento de un muro de albañilería confinada*. PUCP: Lima.
- Carrillo, I. (2016). Seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/total/12.%20norma%20t%c3%a9cnica%20e.070%20alba%c3%b1iler%c3%ada.pdf> [consulta: 7 de abril de 2018].
- Coconsultores FI (2013). *Fomento e infraestructuras*. Recuperado de [https://www.carm.es/web/pagina?idcontenido=11436&idtipo=246&rastro=c2195\\$m36284,39429](https://www.carm.es/web/pagina?idcontenido=11436&idtipo=246&rastro=c2195$m36284,39429) [consulta: 7 de abril de 2018].

- Farias, C. (2017). Columna de sismología: ¿dónde podría producirse el siguiente gran terremoto en Chile? *La Tercera*. Recuperado de <http://www2.latercera.com/noticia/columna-sismologia-donde-podria-producirse-siguiente-gran-terremoto-chile/> [consulta: 28 de Julio de 2018].
- FHECOR Ingenieros Consultores. (2013). *Guía para la restitución de la capacidad frente al sismo de elementos estructurales, tabiques, cerramientos, petos y escaleras de edificios dañados en el sismo de Lorca*. Recuperado de [https://www.carm.es/web/pagina?idcontenido=11436&idtipo=246&rastr=c2195\\$m36284,3942915](https://www.carm.es/web/pagina?idcontenido=11436&idtipo=246&rastr=c2195$m36284,3942915) de abril del 2018 [consulta: 7 de abril de 2018].
- Geeks, C. (2018). Diferencias y comportamientos de diafragmas rígidos y flexibles. *Civil Geeks*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/08/21/diferencias-y-comportamientos-de-diafragmas-rigidos-y-flexibles/> [consulta: 7 de abril de 2018].
- Gonzales, L. (2014). *Proyecto INDECI – PNUD PER / 02/ 051*. Recuperado de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_cs/region\\_ancash/ancash/huaraz\\_mp.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_cs/region_ancash/ancash/huaraz_mp.pdf) [consulta: 7 de abril de 2018].
- Hermosa, C. (2003). *Mapa de peligros de la ciudad de Huaraz y sus áreas de expansión*. Recuperado de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_cs/region\\_ancash/ancash/huaraz\\_mp.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_cs/region_ancash/ancash/huaraz_mp.pdf) 12 de junio del 2018 [consulta: 7 de abril de 2018].
- Ingenieros Civiles del Perú (2018). *Losa aligerada con acero de viga corroído*. Recuperado de <https://www.facebook.com/groups/ingenieroscivilesdelperu/photos/> [consulta: 29 de abril de 2018].
- Ingenieros F. (2013). *Descubrimiento del acero para el llenado de concreto con muestra de detalle*. Region de Murcia: Lorca.
- Kuroiwa, J. y Salas, J. (2009). *Manual para la reparación y reforzamiento de viviendas de albañilería confinada dañadas por sismos*. Recuperado de [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/estudios\\_normalizacion/manuales\\_guias/manual\\_alba\\_confi.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/estudios_normalizacion/manuales_guias/manual_alba_confi.pdf) [consulta: 20 de abril de 2018].
- Medina, R. y Blanco, A. (2018). *Manual de construcción para maestros de obra*. Recuperado de

[http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/aceroscorporacion/pdf/manual\\_maestro\\_obra.pdf](http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/aceroscorporacion/pdf/manual_maestro_obra.pdf) 20 de julio del 2018

Mendoza, C. (06 de abril de 2012). El silencio sísmico nos hace más vulnerables. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/archivo/622284-el-silencio-sismico-nos-hace-mas-vulnerables> [consulta: 25 de abril de 2018].

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009). *Manual para la reparación y reforzamiento de viviendas de albañilería confinada dañadas por sismos*. Recuperado de <http://eird.org/publicaciones/doc18144-contenido.pdf> [consulta: 29 de abril de 2018].

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Decreto supremo que modifica la norma técnica e.030 “diseño sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo n° 011-2006-vivienda, modificada con decreto supremo n° 002-2014-vivienda*. El Peruano: Perú.

Pinto, A. y Torres, R. (2016). *Evaluación postísmica de edificaciones afectadas por terremotos*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/jatsrepo/5075/507551271007/507551271007.pdf> [consulta: 5 de mayo de 2018].

Plinio, Q. (2015). *Comportamiento mecánico de muros de albañilería tubular confinada reforzados con malla electrosoldada ante cargas sísmicas y gravitacionales* (Disertación Doctoral, Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú 2015)

Redacción La República (20 de abril de 2016). IGP advierte que hay un silencio sísmico de 270 años entre chimbote y pisco. *La República*. Recuperado de: <https://larepublica.pe/sociedad/761444-igp-advierete-que-hay-un-silencio-sismico-de-270-anos-entre-chimbote-y-pisco> [consulta: 7 de abril de 2018].

Salinas, R. (2014). *La albañilería tubular y su uso en viviendas en zonas sísmicas*. Lima.

SENCICO. (2012). *Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería*. Recuperado de <http://www.munlima.gob.pe/images/descargas/gerencias/gdu/salt/manual-de-autoconstruccion-y-mejoramiento-de-vivienda.pdf> [consulta: 7 de abril de 2018].

SIKA. (2018). *Building trust sika*. Recuperado de [https://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/mercados\\_sika/soluciones-sika-reparacion/productos-para-reparacion-y-](https://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/mercados_sika/soluciones-sika-reparacion/productos-para-reparacion-y-)

[proteccion-de-estructuras-de-concreto/reparacion-fisuras.html](http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2018/01/12/890946/la-rotacion-de-la-tierra-puede-provocar-grandes-sismos.html) [consulta: 7 de abril de 2018].

Tomas, H. (12 de enero de 2018). La desaceleración de la tierra y el aumento de terremotos: ¿una simple coincidencia? *Emol Tecnología*. Recuperado de <http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2018/01/12/890946/la-rotacion-de-la-tierra-puede-provocar-grandes-sismos.html> [consulta: 7 de abril de 2018].

Vargas, L. (2013). Evaluación probabilística de la capacidad, fragilidad, daño sísmico de edificios de hormigón armado. *Science Direct*, 63-78.

# 6. ANEXOS

## Anexo 1: Verificaciones del primer modelo

### 1. REVISIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS X, Y

$\sum (L_i/A_p) \geq Z.U.S.N / 56$	0,45
U =	1
C =	2,5
S =	1,15
N =	2
Z.U.S.N / 56 =	0,01848214

### 2. ANALISIS POR CARGA VERTICAL

#### REVISIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS

##### PORTANTE SEGUNDO PISO

KK ARTESANAL	F'm	h	L	t	Lt	Pm (ETABS)	cm = Pm/Lt	Fa	0.15 F'm	CUMPLE / NO CUMPLE
W1	3	350	2,5	3,4	0,23	15,4214	19,7204604	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W2	4	350	2,5	3,85	0,23	29,333	33,1259176	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W10	30	350	2,5	3,55	0,23	17,1275	20,9767099	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W46	31	350	2,5	3,55	0,23	13,701	16,7801592	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W57	65	350	2,5	3,4	0,13	13,2508	29,9791855	48,86728656	52,5	CUMPLE
W64	41	350	2,5	2,15	0,23	65,3605	132,174824	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W65	42	350	2,5	4,98	0,23	71,7155	62,6117514	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W74	108	350	2,5	3,54	0,13	45,2013	98,2209909	48,86728656	52,5	CUMPLE
W30	93	350	2,5	3,05	0,13	12,6603	30,4168979	48,86728656	52,5	CUMPLE
W31	96	350	2,5	2,15	0,13	12,6444	45,239356	48,86728656	52,5	CUMPLE
W32	99	350	2,5	3,05	0,13	10,63	26,8095839	48,86728656	52,5	CUMPLE

##### PORTANTE PRIMER PISO

KK ARTESANAL	F'm	h	L	t	Lt	Pm (ETABS)	cm = Pm/Lt	Fa	0.15 F'm	CUMPLE / NO CUMPLE
W1	1	350	2,5	3,4	0,23	21,156	27,0537084	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W2	4	350	2,5	3,87	0,23	38,5614	43,7944051	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W3	10	350	2,5	3,6	0,3	41,5549	38,4767593	66,03174603	52,5	NO CUMPLE
W10	28	350	2,5	3,55	0,23	27,3542	33,5017759	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W26	70	350	2,5	2,6	0,23	41,9162	70,0939799	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W18	35	350	2,5	1,55	0,23	40,2761	112,976438	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W29	88	350	2,5	2,3	0,13	43,1487	144,310033	48,86728656	52,5	CUMPLE
W46	9	350	2,5	3,55	0,23	28,4948	34,888714	63,24871726	52,5	NO CUMPLE
W30	91	350	2,5	3,05	0,13	27,2819	68,8086096	48,86728656	52,5	CUMPLE
W31	94	350	2,5	2,15	0,13	17,3289	61,9994422	48,86728656	52,5	CUMPLE
W32	97	350	2,5	3,05	0,13	17,7164	44,6815672	48,86728656	52,5	CUMPLE
W41	7	350	2,5	7,28	0,23	41,4037	24,7274845	63,24871726	52,5	NO CUMPLE

$\sum (L_i/A_p) \geq Z.U.S.N / 56$

#### SEGUNDO NIVEL

$\sum (L_i) =$	6,9151
Ap2 =	142,13
$\sum (L_i/A_p) =$	0,04865335
Z.U.S.N / 56 =	0,01848214
CONCLUSION:	CUMPLE

#### PRIMER NIVEL

$\sum (L_i) =$	8,3855
Ap2 =	142,13
$\sum (L_i/A_p) =$	0,0589988
Z.U.S.N / 56 =	0,01848214
CONCLUSION:	CUMPLE

#### ANÁLISIS POR CARGA VERTICAL

V/M	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton-m)	alfa	alfa por norma	Vm (ton)	0.55 Vm	Ve es menor que 0.55 Vm
5,1	15,4214	14,478	20,371	2,41643513	1,00	5,543022	3,047562	NO CUMPLE
5,1	29,333	24,963	32,055	2,9888766	1,00	9,086131	4,925282	NO CUMPLE
5,1	17,1275	35,733	15,224	8,3323798	1,00	6,0214	3,3177	NO CUMPLE
5,1	13,701	82,004	33,665	8,64738452	1,00	5,233305	2,8781778	NO CUMPLE
5,1	13,2508	3,26	4,036	2,74628345	1,00	4,174784	2,2961312	NO CUMPLE
5,1	65,3605	36,143	44,691	1,73877179	1,00	16,29389	8,9616398	NO CUMPLE
5,1	71,7155	43,031	58,903	3,6380984	1,00	19,415335	10,6784343	NO CUMPLE
5,1	45,2013	3,89	6,197	2,32213975	1,00	11,56899	6,3633496	CUMPLE
5,1	12,6603	4,656	5,913	2,40162354	1,00	3,784944	2,0817159	NO CUMPLE
5,1	12,6444	6,354	8,487	1,60965005	1,00	3,620937	1,99151538	NO CUMPLE
5,1	10,63	2,134	10,3	0,06094262	0,33	2,78158798	1,52987338	NO CUMPLE
5,1	21,156	17,072	25,469	2,27903726	1,00	6,85999	3,772988	NO CUMPLE
5,1	38,5614	12,868	17,471	2,85038979	1,00	11,235477	6,17951228	NO CUMPLE
5,1	41,5549	57,482	76,786	2,69496002	1,00	12,311627	6,77139458	NO CUMPLE
5,1	27,3542	24,298	44,829	1,92415401	1,00	8,373541	4,60544759	NO CUMPLE
5,1	41,9162	14,125	16,249	2,26013909	1,00	11,165626	6,1410943	NO CUMPLE
5,1	40,2761	6,037	44,011	0,31261389	0,33	9,56624098	5,26142374	NO CUMPLE
5,1	43,1487	6,037	44,011	0,31549158	0,33	10,1780969	5,9795327	NO CUMPLE
5,1	28,4948	6,069	289,59	0,07439811	0,33	7,24714948	3,88592424	NO CUMPLE
5,1	27,2819	57,482	44,146	3,97137	1,00	7,285911	4,0072548	NO CUMPLE
5,1	17,3289	7,663	10,13	1,59491268	1,00	4,688372	2,5841046	NO CUMPLE
5,1	17,7164	2,444	3,083	2,41783977	1,00	5,085847	2,79721158	CUMPLE
5,1	41,4037	16,327	27,281	4,35889884	1,00	13,792571	7,58591408	NO CUMPLE



## Anexo 2: Verificaciones del segundo modelo

N = 2  
 Z.U.S.N / 56 = 0,01848214

### REVISIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS

#### PORTANTE SEGUNDO PISO

KK ARTESANAL	f'm	h	L	t	L.t	
W1	3	35	2,5	3,4	0,23	0,782
W2	6	35	2,5	3,85	0,23	0,8855
W10	30	35	2,5	3,55	0,23	0,8165
W46	33	35	2,5	3,55	0,23	0,8165
W57	65	35	2,5	3,4	0,13	0,442
W64	41	35	2,5	2,15	0,23	0,4945
W65	42	35	2,5	4,98	0,23	1,1454
W74	108	35	2,5	3,54	0,13	0,4602
W30	93	35	2,5	3,05	0,13	0,3965
W31	96	35	2,5	2,15	0,13	0,2795
W32	99	35	2,5	3,05	0,13	0,3965
$\Sigma (L.t) =$						<b>6,9151</b>

#### PORTANTE PRIMER PISO

KK ARTESANAL	L	t	L.t		
W1	35	2,5	3,4	0,23	0,782
W2	35	2,5	3,87	0,23	0,8901
W3	35	2,5	3,6	0,3	1,08
W10	35	2,5	3,55	0,23	0,8165
W26	35	2,5	2,6	0,23	0,598
W28	35	2,5	1,55	0,23	0,3565
W29	35	2,5	2,3	0,13	0,299
W46	35	2,5	3,55	0,23	0,8165
W30	35	2,5	3,05	0,13	0,3965
W31	35	2,5	2,15	0,13	0,2795
W32	35	2,5	3,05	0,13	0,3965
W41	35	2,5	7,28	0,23	1,6744
$\Sigma (L.t) =$					<b>8,3855</b>

$$\Sigma (L.t/Ap) \geq Z.U.S.N / 56$$

#### SEGUNDO NIVEL

$\Sigma (L.t) =$  6,9151  
 $Ap2 =$  142,13  
 $\Sigma (L.t)/Ap =$  0,04865335  
 $Z.U.S.N / 56 =$  0,01848214  
**CONCLUSIÓN:** CUMPLE

#### PRIMER NIVEL

$\Sigma (L.t) =$  8,3855  
 $Ap2 =$  142,13  
 $\Sigma (L.t)/Ap =$  0,0589988  
 $Z.U.S.N / 56 =$  0,01848214  
**CONCLUSIÓN:** CUMPLE

# Anexo 3: Verificaciones del tercer modelo

## 1. REVISIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS X, Y

$$\sum (L_t / A_p) \geq Z.U.S.N / 56$$

Z =	0,45
U =	1
C =	2,5
S =	1,15
N =	2
Z.U.S.N / 56 =	0,01848214

## 4. DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA AL CORTE

### CONTROL DE FISURAS

$$V_m = 0.5 \cdot v' \cdot m \cdot \text{Alfa} \cdot T \cdot L + 0.23 P_g$$

V'm =	Resistencia característica a corte puro de la albañilería
Pg =	Carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida
t =	Espesor efectivo del muro
L =	Longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de los muros confinados)
alfa =	factor i por efectiva al corte reducción de resisten
Ve =	
Me =	

## REVISIÓN DE LA DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS

### PORTANTE SEGUNDO PISO

KK ARTESANAL	f'm	h	L	t	L.t	V'M	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton-m)	alfa	Vm (ton)	0.55 Vm	Ve es menor que 0.55 Vm	
W1	3	35	2,5	3,4	0,23	0,782	9,1	1,54214	0,14478	203,71	0,00241644	0,36329012	0,19980956	CUMPLE
W2	6	35	2,5	3,85	0,23	0,8855	9,1	2,9333	0,24962	320,55	0,00299809	0,68673837	0,3777061	CUMPLE
W10	30	35	2,5	3,55	0,23	0,8165	9,1	1,71275	0,215733	152,24	0,00503056	0,4126214	0,22694177	CUMPLE
W46	33	35	2,5	3,55	0,23	0,8165	9,1	1,3701	0,162004	336,65	0,00170834	0,32146963	0,1768083	CUMPLE
W57	65	35	2,5	3,4	0,13	0,442	9,1	1,32508	0,0326	40,36	0,00274628	0,31029145	0,1706603	CUMPLE
W64	41	35	2,5	2,15	0,23	0,4945	5,1	6,53605	0,36143	446,91	0,00173877	1,50548405	0,82801623	CUMPLE
W65	42	35	2,5	4,98	0,23	1,1454	5,1	7,17155	0,43031	589,03	0,00363809	1,66008252	0,91304539	CUMPLE
W74	108	35	2,5	3,54	0,13	0,4602	5,1	4,52013	0,0389	61,97	0,00222214	1,0422376	0,57323068	CUMPLE
W30	93	35	2,5	3,05	0,13	0,3965	5,1	1,20603	0,04656	59,13	0,00240162	0,27981512	0,15389832	CUMPLE
W31	96	35	2,5	2,15	0,13	0,2795	5,1	1,26444	0,06354	84,87	0,00160965	0,29196844	0,16058264	CUMPLE
W32	99	35	2,5	3,05	0,13	0,3965	5,1	1,063	0,02124	1063	6,0943E-05	0,24455162	0,13450339	CUMPLE
					$\sum (L.t) =$	6,9151								

### PORTANTE PRIMER PISO

KK ARTESANAL	L	t	L.t	V'M	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton-m)	alfa	Vm (ton)	0.55 Vm	Ve es menor que 0.55 Vm			
W1	1	35	2,5	3,4	0,23	0,782	5,1	2,1156	0,17072	254,69	0,00227904	0,49113263	0,27012295	CUMPLE
W2	4	35	2,5	3,87	0,23	0,8901	5,1	3,89814	0,12868	174,71	0,00285039	0,90304189	0,49667304	CUMPLE
W3	10	35	2,5	3,6	0,3	1,08	5,1	4,15549	0,5182	767,86	0,00242951	0,96245356	0,52934946	CUMPLE
W10	28	35	2,5	3,55	0,23	0,8165	5,1	2,73542	0,24298	448,29	0,00192415	0,63315283	0,34823406	CUMPLE
W26	79	35	2,5	2,6	0,23	0,598	5,1	4,19162	0,14125	162,49	0,00226014	0,96751909	0,5321355	CUMPLE
W28	85	35	2,5	1,55	0,23	0,3565	5,1	4,02761	0,06037	440,11	0,00021261	0,92654358	0,50959897	CUMPLE
W29	88	35	2,5	2,3	0,13	0,299	5,1	4,31487	0,06037	440,11	0,00031549	0,99266065	0,54596336	CUMPLE
W46	9	35	2,5	3,55	0,23	0,8165	5,1	2,84948	0,06069	2895,9	7,4398E-05	0,6555353	0,36054442	CUMPLE
W30	91	35	2,5	3,05	0,13	0,3965	5,1	2,72819	0,57482	441,46	0,00397137	0,63449905	0,34732448	NO CUMPLE
W31	94	35	2,5	2,15	0,13	0,2795	5,1	1,73289	0,07663	103,3	0,00159491	0,39970143	0,21983579	CUMPLE
W32	97	35	2,5	3,05	0,13	0,3965	5,1	1,77164	0,02444	30,83	0,00241784	0,40992182	0,225457	CUMPLE
W41	7	35	2,5	7,28	0,23	1,6744	5,1	4,14037	0,16327	272,81	0,0043569	0,97088784	0,53398831	CUMPLE
					$\sum (L.t) =$	8,3855								

$$\sum (L_t / A_p) \geq Z.U.S.N / 56$$

### SEGUNDO NIVEL

$\sum (L.t) =$	6,9151
Ap2 =	142,13
$\sum (L.t) / A_p =$	0,04865335
Z.U.S.N / 56 =	0,01848214
CONCLUSIÓN:	CUMPLE

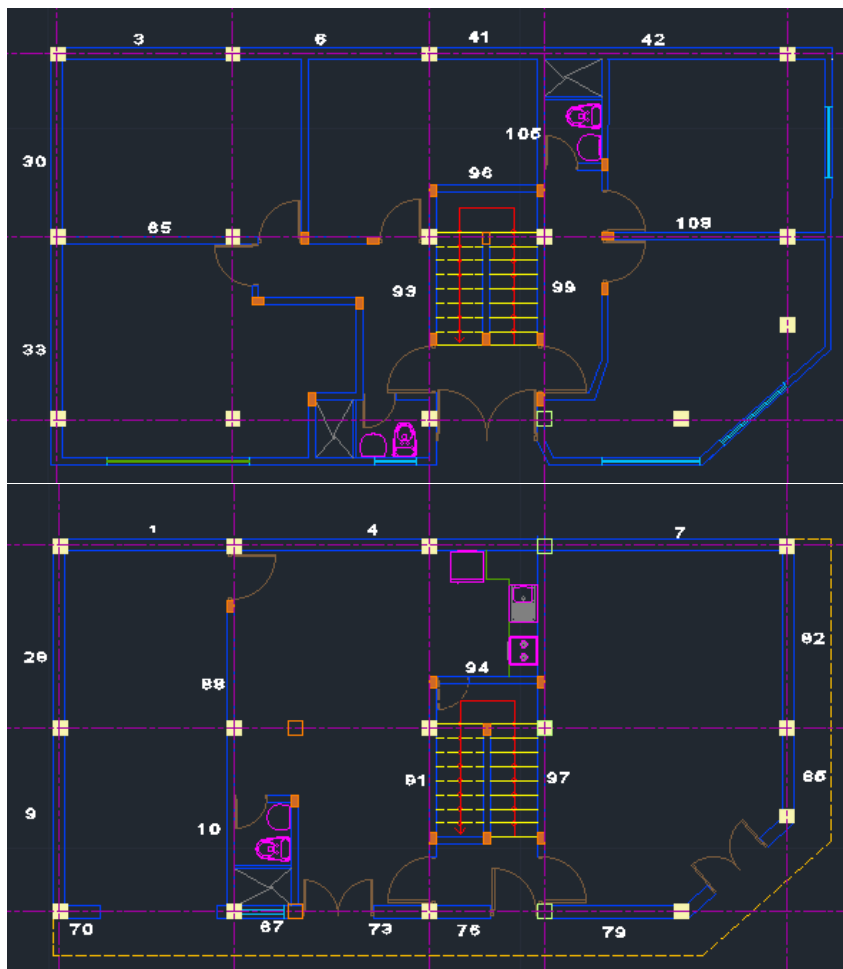
### PRIMER NIVEL

$\sum (L.t) =$	8,3855
Ap2 =	142,13
$\sum (L.t) / A_p =$	0,0589988
Z.U.S.N / 56 =	0,01848214
CONCLUSIÓN:	CUMPLE

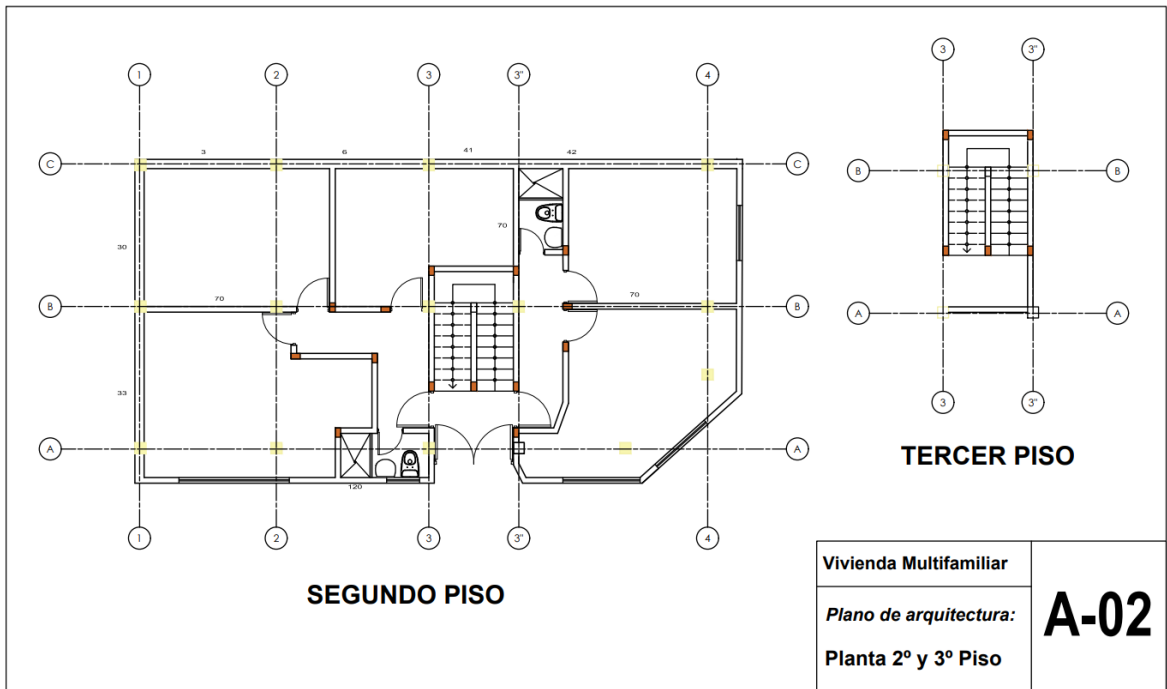
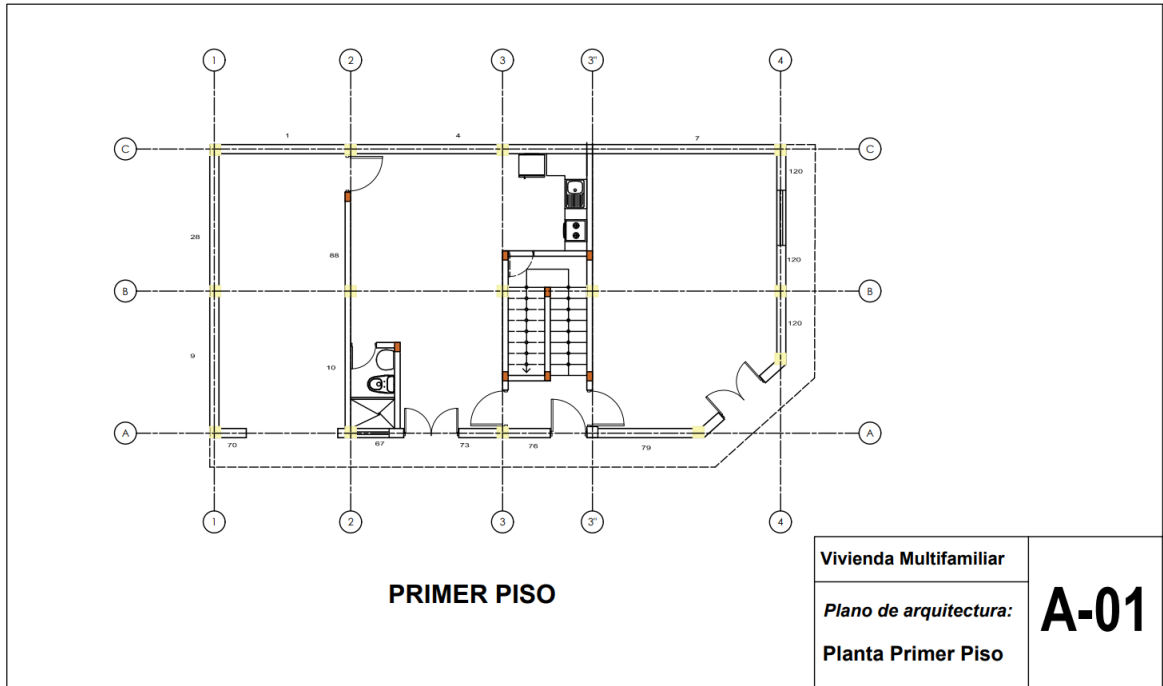


## Anexo 5: Cuadro de análisis comparativo

MUROS PORTANTES NIVEL II								SISMO ESTRUCTURA REFORZADA MOD 3		
v'm (kg/cm2)	5,1	SISMO NORMA E030 MOD 1			SISMO PISCO MOD 2			Los ensayos arrojaron resistencias de hasta vm=10kg/cm2		
king kong artesanal	ELEMENTO	V max (kg/m2)	V max (kg/cm2)	CONCLUSIÓN	V max (kg/m2)	V max (kg/cm2)	CONCLUSIÓN	V max (kg/m2)	V max (kg/cm2)	CONCLUSIÓN
W1	3	126311,76	12,631176	NO CUMPLE	115286,43	11,528643	NO CUMPLE	95662,2087	9,56622087	SI CUMPLE
W2	6	71435,9	7,14359	SI CUMPLE	56847,91	5,684791	SI CUMPLE	61964,2219	6,19642219	SI CUMPLE
W10	30	111178,77	11,117877	NO CUMPLE	104400,3	10,44003	NO CUMPLE	113796,327	11,3796327	SI CUMPLE
W46	33	181660,54	18,166054	NO CUMPLE	175771,14	17,577114	NO CUMPLE	91590,5426	9,15905426	SI CUMPLE
W57	65	87296,63	8,729663	SI CUMPLE	140014,3	14,00143	NO CUMPLE	82615,587	8,2615587	SI CUMPLE
W64	41	64899,38	6,489938	SI CUMPLE	42795,85	4,279585	SI CUMPLE	46647,4765	4,66474765	SI CUMPLE
W65	42	59932,92	5,993292	SI CUMPLE	63339,58	6,333958	SI CUMPLE	69040,1422	6,90401422	SI CUMPLE
W74	108	48693,04	4,869304	SI CUMPLE	34787,76	3,478776	SI CUMPLE	37918,6584	3,79186584	SI CUMPLE
W30	93	30457,7	3,04577	SI CUMPLE	13887,51	1,388751	NO CUMPLE	15137,3859	1,51373859	SI CUMPLE
W31	96	55563,66	5,556366	SI CUMPLE	45603,58	4,560358	SI CUMPLE	49707,9022	4,97079022	SI CUMPLE
W32	99	70876,12	7,087612	SI CUMPLE	48457,92	4,845792	SI CUMPLE	52819,1328	5,28191328	SI CUMPLE
MUROS PORTANTES NIVEL I								SISMO ESTRUCTURA REFORZADA MOD 3		
v'm (kg/cm2)	5,1	SISMO NORMA E030 MOD 1			SISMO PISCO MOD 2			Los ensayos arrojaron resistencias de hasta vm=10 kg/cm2		
king kong artesanal	ELEMENTO	V max (kg/m2)	V max (kg/cm2)	CONCLUSIÓN	V max (kg/m2)	V max (kg/cm2)	CONCLUSIÓN	V max (kg/m2)	V max (kg/cm2)	CONCLUSIÓN
W1	1	169216,31	16,921631	NO CUMPLE	148631,79	14,863179	NO CUMPLE	92008,6511	9,20086511	SI CUMPLE
W2	4	146359,12	14,635912	NO CUMPLE	125499,67	12,549967	NO CUMPLE	86794,6403	8,67946403	SI CUMPLE
W3	10	87485,78	8,748578	NO CUMPLE	72051,61	7,205161	NO CUMPLE	78536,2549	7,85362549	SI CUMPLE
W10	28	99111,59	9,911159	NO CUMPLE	78552,69	7,855269	NO CUMPLE	85622,4321	8,56224321	SI CUMPLE
W26	79	197023,48	19,702348	NO CUMPLE	160912,41	16,091241	NO CUMPLE	75394,5269	7,53945269	SI CUMPLE
W27	82	94586,89	9,458689	NO CUMPLE	92695,1522	9,26951522	NO CUMPLE	81037,7159	8,10377159	SI CUMPLE
W28	85	82333,73	8,233373	NO CUMPLE	65304,55	6,530455	NO CUMPLE	71181,9595	7,11819595	SI CUMPLE
W29	88	50502,69	5,050269	SI CUMPLE	42744,2	4,27442	SI CUMPLE	46591,178	4,6591178	SI CUMPLE
W46	9	49086,61	4,908661	SI CUMPLE	44512,4	4,45124	NO CUMPLE	48518,516	4,8518516	SI CUMPLE
W30	91	76378,6	7,63786	NO CUMPLE	58032,45	5,803245	SI CUMPLE	63255,3705	6,32553705	SI CUMPLE
W31	94	93593,25	9,359325	NO CUMPLE	80311,51	8,031151	SI CUMPLE	87539,5459	8,75395459	SI CUMPLE
W32	97	29364,01	2,936401	SI CUMPLE	18224,92	1,822492	SI CUMPLE	19865,1628	1,98651628	SI CUMPLE
W41	7	144575,75	14,457575	NO CUMPLE	123152,78	12,315278	NO CUMPLE	94236,5302	9,42365302	SI CUMPLE



Anexo 6: Plano arquitectónico de vivienda



Anexo 7: Plano estructural de vivienda de vivienda

