



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del Reforzamiento Estructural con Malla de Acero Corrugado para Reducir el Riesgo Sísmico de una Vivienda de Albañilería Confinada, Ate-2019.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Br. Yanina, Alcántara Verde (ORCID: 0000-0003-1508-7383)

ASESOR:

Mg. John Nelinho, Tacza Zevallos (ORCID: 0000-0002-1763-9375)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A Dios, por la bendición de siempre, por iluminar mi camino y poder lograr mis objetivos.

A mi Sr. padre SIXTO ALCÁNTARA GAMIZ y mi Sra. madre SILVERIA VERDE ANDRÉS, por brindarme su amor infinitamente e inculcarme de valores.

A mis seis hermanos Adela, Jhon, Klever, Albina, Guisela y Alexander, por sus sabios consejos, apoyo infinito y la confianza brindada hacia mi persona.

A mis sobrinos Yesica, Alinda, Giovana, Natalia, Yoisi, Jefferson, Daniel, Neymar, Luana, Stiven, Alessia y Sebastián por ser mi inspiración y llenarme de amor.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por darme salud, sabiduría y poder culminar la carrera con éxito.

Al Ing. JOHN NELINHO TACZA ZEVALLOS y al ing. JUAN ALFREDO MANCHEGO MEZA por sus consejos, tiempo y el apoyo que me brindaron para hacer posible esta investigación.

Un agradecimiento especial a mi hno. ALEXANDER ALCÁNTARA VERDE, por brindarme su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

Declaratoria de Autenticidad

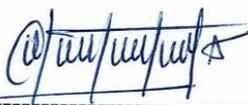
Declaratoria de Autenticidad

Yo Yanina Alcántara Verde, con DNI N° 76935292, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

De igual manera, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente investigación son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de julio del 2019



Yanina Alcántara Verde

DNI: 76935292

Presentación

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “EVALUACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, ATE-2019” en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo y esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniera Civil.

El Autor

Índice

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tablas	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. Trabajos previos.....	3
1.3. Teorías relacionadas al tema	6
1.4. Justificación del estudio	29
1.5. Hipótesis.....	29
1.6. Objetivo.....	30
II. MÉTODO.....	30
2.1. Tipo y diseño de investigación	30
2.2. Operacionalización de variables.....	31
2.3. Población, muestra y muestreo.....	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	33
2.5. Método de análisis de datos	38
2.7. Aspectos éticos	68
III. RESULTADOS.....	68
IV. DISCUSIÓN.....	111
V. CONCLUSIONES	112
VI. RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS	114
ANEXOS	118

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Concentración de la población censada en capitales de departamento, 2007 y 2017	1
<i>Figura 2.</i> Tipo de viviendas según su material de construcción	2
<i>Figura 3.</i> Factores que influyen en la vulnerabilidad estructural de edificaciones	7
<i>Figura 4.</i> Curva de respuesta estructural para sistema sujetas a cargas horizontales	9
<i>Figura 5.</i> Envoltorio del comportamiento histerético de muros de mampostería confinada	10
<i>Figura 6.</i> Evolución del daño estructural en muros de mampostería confinada	10
<i>Figura 7.</i> Cortante sísmico en la base	11
<i>Figura 8.</i> Teoría del rebote elástico.....	16
<i>Figura 9.</i> Ondas de cuerpo y ondas de superficie.....	17
<i>Figura 10.</i> Desempeño estructural típica y estados de daño asociadas	20
<i>Figura 11.</i> Deriva de entrepiso.....	21
<i>Figura 12.</i> Curva de esfuerzo / deformación	23
<i>Figura 13.</i> Esfuerzo / deformación.....	24
<i>Figura 14.</i> Tipos de esfuerzos internos en una estructura.....	24
<i>Figura 15.</i> Falla por corte en muros	27
<i>Figura 16.</i> Falla por deslizamiento en muros	27
<i>Figura 17.</i> Falla por flexión en muros.....	28
<i>Figura 18.</i> Falla por aplastamiento en muros	28
<i>Figura 19.</i> Ficha de encuesta	37
<i>Figura 20.</i> Mapa de microzonificación sísmica del Perú	40
<i>Figura 21.</i> Coeficiente de reducción sísmica R.....	42
<i>Figura 22.</i> Ficha de reporte	56
<i>Figura 23.</i> Ubicación de la extracción de muestras de pilas y muretes	59
<i>Figura 24.</i> Transporte de la muestra hacia el laboratorio	60
<i>Figura 25.</i> Ensayo de compresión diagonal en muretes	61
<i>Figura 26.</i> Ubicación para la extracción de muestras de ensayos por esclerometría y diamantina ..	62
<i>Figura 27.</i> Preparación de la superficie para la extracción de muestra.....	63
<i>Figura 28.</i> Proceso de extracción de la muestra	64
<i>Figura 29.</i> Esquema del ensayo de diamantina	64
<i>Figura 30.</i> Esquema del ensayo de diamantina	65
<i>Figura 31.</i> Posición y ángulo de impacto del esclerómetro	65
<i>Figura 32.</i> Ubicación para la extracción de la muestra del suelo	67
<i>Figura 33.</i> Ubicación geográfica de la vivienda.....	68
<i>Figura 34.</i> Definición de propiedades de los materiales.....	84
<i>Figura 35.</i> Definición de dimensiones de columnas.....	85
<i>Figura 36.</i> Definición de dimensiones de la viga	85
<i>Figura 37.</i> Definición de propiedades de la losa aligerada.....	87
<i>Figura 38.</i> Dibujo de los elementos estructurales	87
<i>Figura 39.</i> Patrones de carga creadas	88
<i>Figura 40.</i> Patrones de carga en X & Y	88
<i>Figura 41.</i> Asignación de carga aplicada en la estructura	88
<i>Figura 42.</i> Carga distribuida del tabique y alfeizar	90
<i>Figura 43.</i> Espectro de sismo S_a/g	92

<i>Figura 44.</i> Espectro de respuesta generado en el programa	93
<i>Figura 45.</i> Creación del espectro sísmico en X-X y en Y-Y	93
<i>Figura 46.</i> Combinación de carga inelástica	94
<i>Figura 47.</i> Modelo de discontinuidad en sistemas resistentes	96
<i>Figura 48.</i> Modos de vibración en los modos 1, 2 y 3.	99
<i>Figura 49.</i> Definición de muro reforzado.....	100
<i>Figura 50.</i> Modificador de factores de rigidez	101
<i>Figura 51.</i> Procesos de toma de decisiones	104
<i>Figura 52.</i> Alternativas de reforzamiento en muros	105
<i>Figura 53.</i> Varilla de acero de diámetro 4.7mm.....	107
<i>Figura 54.</i> Técnica para reforzar muros de albañilería.....	107
<i>Figura 55.</i> Desplazamiento del muro sin reforzamiento	108
<i>Figura 56.</i> Desplazamiento del muro sin reforzamiento en el eje Y-Y	108
<i>Figura 57.</i> Modificadores de rigidez del muro	109
<i>Figura 58.</i> Desplazamiento del muro con reforzamiento en el eje Y-Y	109

Índice de Tablas

Tabla 1. Límites para la distorsión de entrepisos	22
Tabla 2. Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$	26
Tabla 3. Operacionalización de variables	32
Tabla 4. Factor de zona "Z"	40
Tabla 5. Categoría de las edificaciones y factor "U"	41
Tabla 6. Factor de suelo "S"	41
Tabla 7. Periodos "Tp y TL"	41
Tabla 8. Coeficiente básico de reducción según el sistema estructural	43
Tabla 9. Irregularidades estructurales en altura	44
Tabla 10. Irregularidades estructurales en planta	45
Tabla 11. Coeficientes de momentos para muros arriostrados en sus cuatro lados	50
Tabla 12. Coeficientes de momentos para muros con tres bordes arriostrados	50
Tabla 13. Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica.....	52
Tabla 14. Rango numérico para evaluar la vulnerabilidad sísmica	53
Tabla 15. Parámetros para evaluar el peligro sísmico.....	53
Tabla 16. Rango numérico para la para evaluación del peligro sísmico	53
Tabla 17. Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$	58
Tabla 18. Incremento de $f'm$ y $v'm$ por edad	61
Tabla 19. Correlación del rebote promedio vs resistencia a la compresión del equipo utilizado....	66
Tabla 20. Análisis del área mínima existente de muros en "X"	71
Tabla 21. Análisis del área existente de muros en "Y"	71
Tabla 22. Coeficiente de momentos para el primer y segundo piso.....	72
Tabla 23. Coeficiente de momentos para el tercer piso	72
Tabla 24. Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica.....	75
Tabla 25. Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica	75
Tabla 26. Parámetros para evaluar el peligro sísmico.....	76
Tabla 27. Rango numérico para la para evaluación del peligro sísmico	76
Tabla 28. Clasificación de suelos C-2	77
Tabla 29. Límites de consistencia.....	78
Tabla 30. Factores intervinientes para la determinación del perfil del suelo.....	78
Tabla 31. Resistencia a la compresión corregida ($f'c$) según ensayo de diamantina	81
Tabla 32. Rebote según ensayo de esclerómetro	82
Tabla 33. Peso propio del aligerado para cada espesor de losa	86
Tabla 34. Carga distribuida del alfeizar	89
Tabla 35. Carga distribuida de la tabiquería	90
Tabla 36. Espectro de sismo	91
Tabla 37. Irregularidad de rigidez e irregularidad extrema de rigidez en X-X.....	94
Tabla 38. Irregularidad de rigidez e irregularidad extrema en Y-Y.....	95
Tabla 39. Irregularidad de masa o peso.....	95
Tabla 40. Irregularidad torsional y torsional extrema en X-X	96
Tabla 41. Irregularidad torsional y torsional extrema en Y-Y.....	97
Tabla 42. Masa participativa en los modos de vibración	98
Tabla 43. Rigidez lateral por cada piso en X-X y Y-Y sin reforzamiento.....	98

Tabla 44. <i>Desplazamiento relativo de entrepiso sin reforzamiento</i>	99
Tabla 45. <i>Rigidez lateral por cada piso en X-X y Y-Y con reforzamiento</i>	101
Tabla 46. <i>Desplazamiento relativo de entrepiso con reforzamiento</i>	102
Tabla 47. <i>Comparativo de incremento de rigideces según el material de reforzamiento</i>	105
Tabla 48. <i>Comparativo de costos según el material de reforzamiento</i>	106
Tabla 49. <i>Comparativo de tiempos según el material de reforzamiento</i>	106
Tabla 50. <i>Rigidez lateral inicial (K_0) y final (K) del muro original y el muro reforzado</i>	108

RESUMEN

El sistema de albañilería confinada es de suma importancia porque en gran cantidad las viviendas existentes en Lima Metropolitana han sido construidas con este sistema y es el principal sistema estructural para construcciones de bajo costo y de baja altura como el caso de las viviendas. La importancia de la investigación se da porque durante mucho tiempo se viene construyendo de forma inadecuada sin asesoría profesional; es por ello, que en gran parte, la capital presenta viviendas con altas probabilidades del colapso.

El presente trabajo se enfocó en la evaluación del reforzamiento estructural utilizando la malla de acero corrugado como refuerzo incrementando la rigidez en los muros de albañilería y lograr reducir el riesgo sísmico de la vivienda evaluada. Para el cual se extrajeron muestras de muros de albañilería del estado actual de la vivienda para determinar el grado y nivel de vulnerabilidad que presenta una vivienda existente.

En general, para determinar la evaluación del reforzamiento de una edificación se aplica metodologías que requiere de estudios muy costosos en mucho de los casos no resultan factibles, en algunos de los casos puede ser inadecuado o innecesario si se topase con una edificación de baja o hasta no vulnerable. Por otro lado, aplicar metodologías simplificadas podría excluir aspectos importantes para la determinación del comportamiento de una edificación, es por ello que; la evaluación planteada integra ambas metodologías para explotar sus ventajas.

Para implementar el reforzamiento de la vivienda se persiguió tanto la metodología cualitativa y cuantitativa. Por un lado, la metodología cualitativa utiliza un método simplificado para evaluar de manera textual a través de entrevistas o encuestas, para la determinación de la vulnerabilidad por este método se evaluó a través fichas de encuestas y finalmente se desarrolló las ecuaciones de la densidad de muros. Por otro lado, la metodología cuantitativa se trata de utilizar la investigación a través de experimentos y el análisis numérico para comprobar la información, para la determinación de la vulnerabilidad por este método se realizó ensayos a los elementos estructurales del sistema de albañilería para obtener datos exactos de la vivienda y reafirmar el resultado simplificado. Finalmente verificar el aumento de la rigidez lateral en los muros de albañilería utilizando malla de acero corrugado.

Palabras claves: Albañilería confinada, acero corrugado, vulnerabilidad estructural.

ABSTRACT

Confined masonry system is very important because in large quantities, existing homes in metropolitan Lima have been built with this system and that is the main structural system for building low-cost and low rise as the case of housing. The importance is that long is being constructed improperly without professional advice; it is for this reason that much of the capital has homes with a high probability of collapse.

This work focused on the implementation of the mesh structural reinforcement using corrugated steel as reinforcement to increase the rigidity in the masonry and achieve reduce seismic risk housing evaluated. For which samples masonry of the current state of housing were removed to determine the extent and level of vulnerability that has an existing home.

In general, to determine the reinforcement of building methodologies that requires very expensive studies in many of the cases not feasible in some cases may be inappropriate or unnecessary if it stumbled on a building low or even no vulnerable applies. On the other hand, applying simplified methodologies may exclude important aspects for determining the behavior of a building, which is why the proposed implementation integrates both methodologies to exploit its advantages.

To implement the strengthening of housing was pursued both qualitative and quantitative methodology. On one hand, the qualitative methodology uses a simplified assessing textually through interviews or surveys, to determine the vulnerability by this method was evaluated through tabs surveys and finally equations wall density developed. Furthermore, the quantitative method is based on using research through experiments and numerical analysis to check the information, for determining the vulnerability by this method tests the structural elements of system masonry was performed to obtain accurate data housing and reaffirm the simplified result.

Keywords: confined masonry, corrugated steel, structural vulnerability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En nuestro país, el uso de muros de albañilería confinada es tradicionalmente utilizado en la construcción de viviendas de pequeña altura (2 a 4 pisos). Sin embargo, su construcción no se ha dado de manera sistematizada, es decir; las viviendas han sido autoconstruidas o construcciones informales, esto se debe a los diferentes factores como la tasa de crecimiento poblacional, necesidad de tener una vivienda y el factor económico (Vizconde, 2016).

Los muros portantes de albañilería son elementos estructurales de gran importancia dentro de la estructura esto se debe a que estos elementos son eficientes en la transmisión de cargas verticales y proporcionan rigidez lateral a la edificación (Rougier, 2007, p.1).

Lima Metropolitana se mantiene como el primer aglomerado que reúne la mayor cantidad de la población con un porcentaje de 32,5%, en el 2007 el porcentaje fue 30,9%. En otras principales ciudades capitales con 22,1%, en el 2007 fue 19,8%, por otro lado; el resto urbano proporciona un 24,7%, en el 2007 fue 21,8% (ver figura 1), (INEI, 2017).

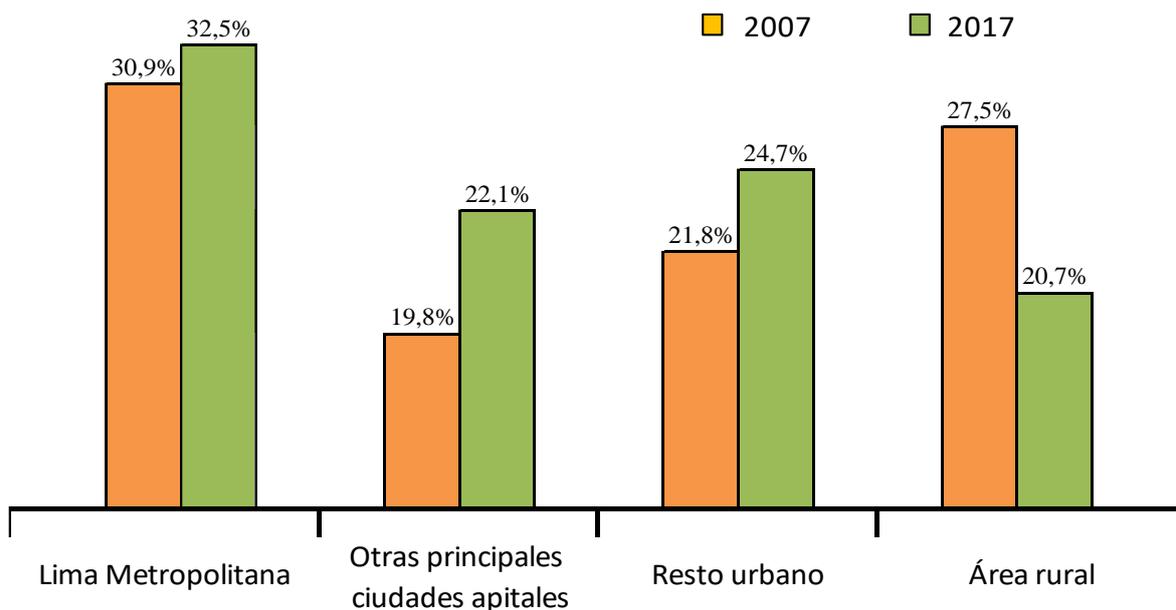


Figura 1. Concentración de la población censada en capitales de departamento, 2007 y 2017

Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo cuentan con viviendas informales alarmantes, se determinó que el 84% de las viviendas tienen un riesgo sísmico alto, el 16% tienen un riesgo

sísmico medio. Esto conlleva la inseguridad de las viviendas y los posibles daños significativos causados por un sismo raro de 0.4g (Mosqueira y Tarque, 2005, p.1).

Las consecuencias que trae consigo un sismo sobre los elementos estructurales siempre fueron y serán tema de nunca terminar debida a los resultados de pérdida en la economía y pérdidas de vidas humanas.

El sismo de pisco fue de magnitud 7.9 Mw (en la escala de momento) y 7.0 ML (escala de Richter), fue denominada como el sismo de Pisco, el epicentro ubicada a 60 km al Oeste de la ciudad. El sismo obtuvo consecuencias graves en gran cantidad de viviendas aproximadamente un 80% del total (IGP, 2007).

Bajo los argumentos señalados nace la necesidad de investigar acerca del reforzamiento utilizando la malla de acero corrugado para reducir el riesgo sísmico de una vivienda de albañilería confinada para aumentar su rigidez de la misma. Esto se debe, que las viviendas en el Perú tienen como material predominante los ladrillos o bloques de cemento, la cual representa un 55.8% en el último Censo Nacional 2017 (ver figura 2) (INEI, 2017).

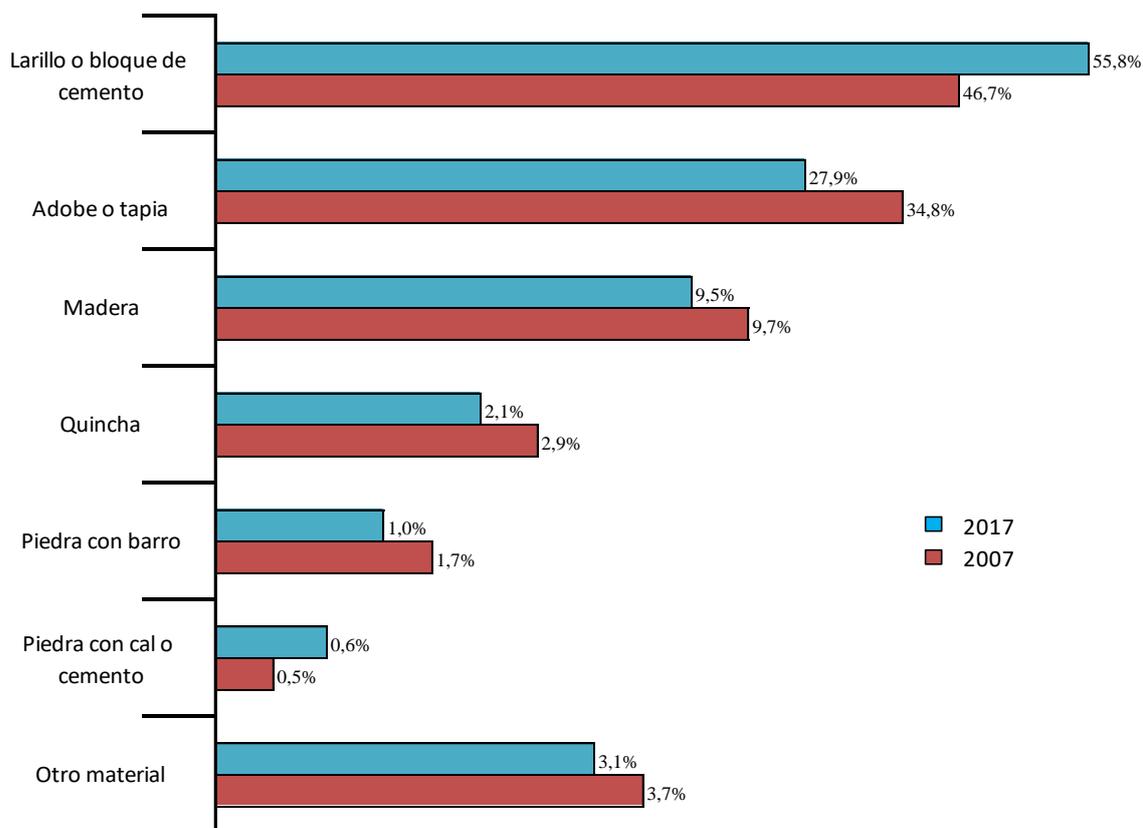


Figura 2. Tipo de viviendas según su material de construcción

1.2. Trabajos previos

Internacionales

Ramírez, Arturo (2014). Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis para optar el grado de magister en ingeniería. “Reforzamiento de malla de fibra de vidrio en trabajos de aplanados en exteriores”. Propone investigar el comportamiento de la malla de fibra de vidrio en la fase constructiva pertenece a las actividades de albañilería en el ámbito de aplanados exteriores. Concluyó deduciendo que la malla de fibra de vidrio propuesta cumplió con el objetivo de disminuir las fisuras sobre la cara externa del aplanado.

Sepulveda, Leonardo (2016). Universidad de Chile. Memoria para optar el título de ingeniero civil. “Estudio experimental de soluciones de reparación y refuerzo para muros de albañilería de ladrillos confinada”. Plantea metodología para estudiar cómo se comporta la reconstrucción de muros de albañilería frente a la alteración de las formas de reconstrucción y del nivel de carga vertical, los que son significativos para los resultados de reforzar la teoría que posibilitará que las reparaciones estudiadas puedan ser trasladados al ámbito de ampliación práctica.

Ghobarah, Almed (2015). Universidad Mc Máster. Artículo de investigación “en los límites de deriva asociados con diferentes niveles de daño”. La finalidad de la investigación es desarrollar el enfoque para cuantificar los límites de deriva asociados con diferentes niveles de daño por algunos sistemas estructurales de hormigón reforzados tales como momento resistente marcos y paredes. Llega a la conclusión que los diferentes conjuntos de límites de deriva asociados con diversos niveles de daño se definieron para el momento resistente marcos, paredes estructurales de flexión y muros de corte en cuchillas.

Build Change (2015). Manual de Evaluación y reforzamiento sísmico para la reducción de la vulnerabilidad en viviendas. Planteó como su objetivo aportar parámetros para evaluar la resistencia a futuros terremotos de edificaciones con o sin daños y reparaciones.

Nacionales

Pariona, Eduar (2014). Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. “Una propuesta para determinar el reforzamiento de edificaciones existentes”. El objetivo principal es reducir el riesgo sísmico y llega a la conclusión que la propuesta planteada brinda un procedimiento que mediante filtros que nos permiten detener el proceso en cada etapa, a fin de no realizar trabajos exhaustivos de buscar el reforzamiento en edificaciones donde la solución más económica es demoler y reemplazar una estructura nueva.

Cevallos, Oscar y Díaz, Víctor (2018). Pontificia Universidad Católica del Perú. Tesis para optar el título de ingeniero civil. “Reforzamiento Estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electrosoldada”. Planteó como su objetivo principal cooperar a la población sísmica de las viviendas habituales construidas sin orientación de un especialista. Llegó a conclusión que el comportamiento de muros edificados con ladrillos pandereta incorporado malla para el tarrajeo y malla electrosoldada como reforzamiento es satisfactorio.

Vega, Carlos (2018). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. “Evaluación y reforzamiento de dos edificios contiguos construidos en la década del 60 en el centro de Lima”. El propósito del objetivo principal es demostrar la importancia de reforzar una estructura que incumpla con los estándares actualizados y proporcionar una propuesta de guía metodológica de reforzamiento de edificaciones que debe tener el Perú. Y llegó a la conclusión que las estructuras que incumplan con la norma E.030 deberían cumplirlas al pie de la letra.

Luján, Martín (2018). Pontificia Universidad católica del Perú. Tesis para optar el título de ingeniero civil. “Reforzamiento de los muros de albañilería confinado con malla de acero”. Tiene como finalidad cooperar con la reducción del riesgo sísmico de viviendas de albañilería confinada para la mejorar de la resistencia sísmica. Con el reforzamiento aumentó la ductilidad en un 36% y la resistencia máxima en un 32%, en comparación con los muros que se encuentran sin reforzar.

Vera, Roxana (2017). Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis para optar el título de ingeniero civil. “Evaluación del Comportamiento Estructural de una Vivienda Autoconstruida en el año 2012, sector camino real, Calle tres marías”. Plantea como su

objetivo general evaluar el comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida en el año 2012. Al realizar la evaluación llega a la conclusión que la vivienda no cumple los requerimientos exigidos por la Norma Técnica E-030.

Cueto, Pavel (2018). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. “Reforzamiento de la albañilería confinada más utilizada en Arequipa con malla electrosoldada”. Plantea como objetivo general estudiar el comportamiento mecánico de la albañilería confinada, a través de pilas y muretes realizadas con unidades de albañilería hueca sin reforzamiento y reforzada con malla electro soldada. Y llegó a la conclusión que, la prueba realizada en los prismas fabricados con unidades huecas y reforzadas con malla, presenta un comportamiento beneficioso ya que se genera un aumento de ductilidad, y como producto final no se generó una falla frágil y explosiva.

Narro, Wilder (2013). Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. “Evaluación del Comportamiento Estructural Sismo resistente del edificio principal de la UNC – Sede Jaén”. Tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento estructural sismo resistente del edificio principal UNC Sede Jaén. Y llega a la conclusión que la capacidad de resistencia de los elementos estructurales no será eficiente frente a un acontecimiento sísmico, porque el acero existente es insuficiente según los cálculos analizados por medio del modelamiento en el programa SAP 2000, es por ello que la estructura del edificio no obtendrá como resultado un adecuado comportamiento estructural sismo –resistente, aun así cuando las dimensiones de los elementos tales como vigas, columnas y cimiento cumplan con el RNE y la resistencia del concreto, $f'c=280$ Kg/cm², sin embargo la viga de cimentación junto con la zapata controla los asentamientos diferenciales.

Aguilar, Julio y Aguilar, Carlos (2017). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. “Evaluación y reforzamiento estructural del edificio de la escuela profesional de Obstetricia, Tacna”. Formuló su objetivo general evaluar y reforzar estructuralmente el edificio de la escuela profesional de obstetricia de la UNJBG. Llegó a la conclusión que del análisis sísmico realizado en base a la norma E.030 las derivas de entrepiso obtenidos del análisis en ambos ejes ortogonales son de hasta 16,9%, superando a 5% del máx. Permitido por la norma sismo resistente para albañilería.

Bazán, Joen (2007). Pontificia Universidad Católica del Perú. Tesis para optar el grado académico de magister en ingeniería civil. “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca”. Tiene como objetivo principal ampliar el alcance de estudios de riesgos, respecto de la situación actual de las viviendas en nuestro país. Y llegó a la conclusión que la falta de conocimientos técnicos de construcción en los maestros de obra y obreros encargados trae consecuencias la precariedad en la construcción.

Huamán, Arotoma (2018). Universidad Peruana los Andes. En su tesis para optar el título de ingeniero civil. “Análisis estructural de los sistemas de albañilería confinada de ductilidad limitada en la construcción de un condominio”. Propuso como su objetivo general determinar como el análisis estructural del sistema de albañilería confinada y muro de ductilidad limitada en la construcción del condominio El Pando. Y finalizó mencionando que si se conoce el análisis estructural del sistema de muro de ductilidad limitada entonces se conocerá el mejor sistema estructural y a un menor costo, de los resultados de las máximas distorsiones.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Vulnerabilidad

“Es el grado de daño que sufre una estructura producto de un movimiento sísmico de determinadas características” (Vizconde, 2004, p.37).

Probabilidad de que ocurran daños en la economía, el medio ambiente y la vida humana, debidos a la intensidad del movimiento y la inconsistencia de elementos de una estructura generalmente expuestos.

Vulnerabilidad estructural

Es la susceptibilidad de que los elementos estructurales de una edificación pueden ser afectados frente a las fuerzas sísmicas que actúan en ella. Los elementos estructurales son apoyos de una edificación y su función es soportar y transmitir cargas hacia la cimentación y esta hacia el terreno que la soporta (Vizconde, 2004, p.38).

Son valores que permiten clasificar a las estructuras de acuerdo al tipo de daño estructural, modalidad de falla y la capacidad de resistencia de una estructura dentro de un rango bajo, media y alta ante las condiciones de un evento sísmico.

En gran parte, las pérdidas generadas a consecuencias de terremotos dependen de la capacidad de respuesta del terreno donde se encuentra ubicada una edificación.

Vulnerabilidad sísmica

“La vulnerabilidad sísmica de una estructura puede definirse como el límite en el que sobrepasa el grado de reserva por el nivel de capacidad de respuesta previsto disponible ante una amenaza sísmica conocida” (Alonso, 2014, p.39).

Existen diversos estudios que permiten conocer cuan vulnerable se encuentra una determinada estructura, asimismo es importante el estudio preliminar y realizar estudios profundos a partir de ellos, para conocer el nivel de vulnerabilidad en la que se encuentra la estructura y si será capaz de soportar la fuerza del sismo y mantenerse en estado normal. Para dar inicio al estudio de vulnerabilidad se debe conocer la naturaleza y alcance, por ello es necesario conocer algunos factores que intervienen como el tipo de daño, modo de fallo, capacidad resistente en la estructura, nivel y tipo de amenaza en el lugar de estudio y escoger el método adecuado.

En general, los daños pueden ser causados por cinco factores que afectan a la estructura y la vuelven más vulnerable ante cualquier suceso, en la (Figura 3) se muestra un esquema de los factores influyentes en cualquier edificación.

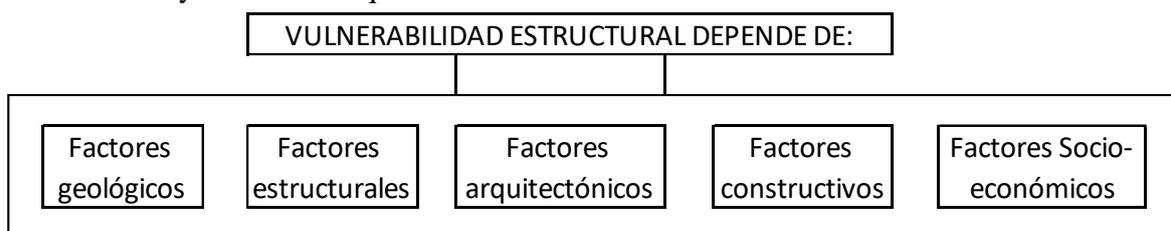


Figura 3. Factores que influyen en la vulnerabilidad estructural de edificaciones

Es importante conocer el comportamiento sísmico de los elementos estructurales porque nos permite determinar los mecanismos y acciones de refuerzo solicitados para reducir las consecuencias que incitan los sismos. Para nuevas construcciones, pueden proyectarse nuevos sistemas de construcción y/o nuevas filosofías de diseño que certifican el buen desempeño de cada elemento expuesto (Bonett, 2003, p.187).

Para determinar la vulnerabilidad estructural, existen sistemas de análisis cualitativo y cuantitativo o analítico de diferentes grados de complejidad, de acuerdo al objeto de estudio, (OPS, 2004). En el presente estudio se desarrollará el método cualitativo para la evaluación

preliminar que mediante su aplicación nos indica la capacidad resistente actual de la vivienda evaluada, además se desarrollará el método cuantitativo para un estudio más profundo y determinar el reforzamiento requerido bajo las condiciones del RNE E.030.

- **Métodos Cualitativos**

Para estudiar la vulnerabilidad en edificaciones se han desarrollado diferentes metodologías las cuales hacen que la evaluación sea más rápida y sencilla. Estos métodos permiten obtener el resultado estimativo de vulnerabilidad en edificaciones y nos permite conocer el comportamiento de un determinado lugar cuando en esta ocurre un evento natural, proporcionando una herramienta importante para la planificación y mitigación de desastres que puedan ocurrir (Llanos, 2003, p. 12).

- **Métodos Cuantitativos**

El método cuantitativo se trata de realizar un análisis, que no necesariamente son más concisos, normalmente son extensiones producidos por técnicas de análisis y diseño antisísmico sugeridos por las leyes actuales (OPS, 2004).

Métodos de Análisis detallados

Análisis dinámico lineal, “la estructura se modela con un sistema de Múltiples Grados de Libertad (MGDL) con una matriz de rigidez elástica lineal y una matriz de amortiguamiento viscoso equivalente. La acción sísmica se modela utilizando un análisis espectral modal o un análisis temporal. Un análisis espectral modal supone que la respuesta dinámica de una estructura se puede determinar considerando de forma independiente, la respuesta de cada natural de vibración utilizando un espectro de respuesta elástico. Solo se consideran los modos que contribuyen considerablemente a la respuesta de la estructura [...]” (Corsanego y Petrini, 1990, p.14).

Rigidez

Es la capacidad que tiene un elemento estructural o un grupo de elementos de resistir desplazamientos producidos por fuerzas externas y se expresa en fuerza y desplazamiento.

Rigidez lateral

Es la capacidad que tiene una estructura o un elemento de la estructura para soportar fuerzas internas horizontales sin sufrir deformaciones significativas, Por ello es indispensable añadir elementos estructurales que añaden rigidez lateral en sus dos direcciones.

Las deformaciones significativas que se genera debido a un sismo, generan mayor efecto de pánico en habitantes, grandes destrucciones en los elementos no estructurales por ello, los efectos serán perjudiciales. “Las estructuras flexibles tienen la ventaja de ser más fáciles de analizar y de alcanzar la ductilidad deseada” (Reyes, 2013, p.16).

Los factores que intervienen en la curva de respuesta estructural para sistemas sujetos a cargas horizontales se expresa de la siguiente manera; F es la fuerza originada por el sismo, δ desplazamiento y K_i es la rigidez. Asimismo, al estar en el rango o el punto máximo de V_y , significa que existirá un daño leve, en V_i significa que se encuentra en un daño medio, logra un daño controlado para luego llegar al colapso (Elnashaiy Di Sarno, 2008) (Figura 4).

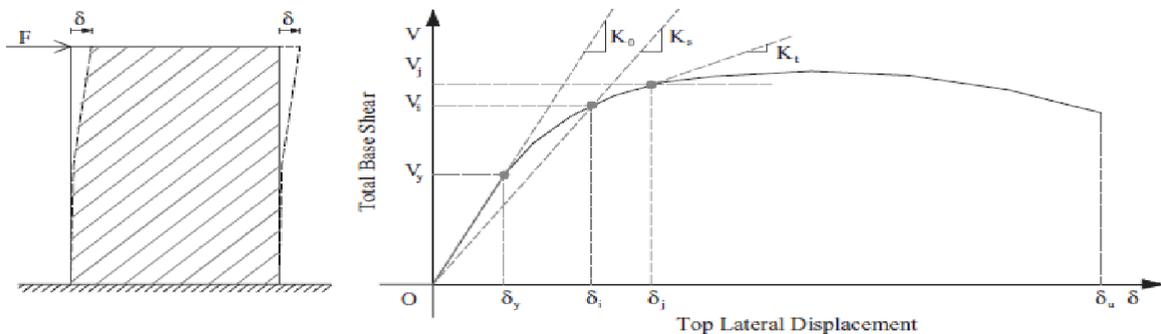


Figura 4. Curva de respuesta estructural para sistema sujetas a cargas horizontales

Comportamiento de muros de mampostería ante carga lateral

A causa de los excesivos daños que se observaron en estructuras de mampostería luego de que ocurra un sismo de cualquier intensidad, se llegó a la conclusión que no es un material sismoresistente, a pesar de ello diferentes países experimentaron y demostraron que con el debido cuidado del diseño y el proceso de construcción estas estructuras de mampostería si podían ser una buena alternativa sismoresistente (Zúñiga y Terán, 2008, p.28).

Envolvente del comportamiento histerético

La gráfica de la envolvente muestra el comportamiento relevante de los muros de albañilería o mampostería que están sujetas a cargas laterales cíclicas. La envolvente compete a los puntos máximos asociados a cada periodo de carga que se aplicó de manera experimental.

Debido al comportamiento de la mampostería se somete a la componente de deformación por corte, el resultado se caracteriza por deformarse relativamente pequeña (Sánchez et al. 1996, p.28).

La envolvente de comportamiento histerético permite caracterizar el comportamiento de los elementos estructurales, cuando los lazos de la envolvente son finos y pasan por el origen del sistema de referencia se dice que los sistemas disipen poca energía, degradando rigidez y resistencia (Figura 5).



Figura 5. Envolvente del comportamiento histerético de muros de mampostería confinada. En el comportamiento elástico; se producen pequeños desplazamientos y esfuerzos por la existencia de agrietamiento horizontal donde se confina el muro, con un mínimo agrietamiento, los muros muestran un comportamiento elástico (Figura 6a). Asimismo, se origina la degradación de rigidez; cuando logra un agrietamiento diagonal, los muros muestran una pendiente post-elástica efectiva es mínimo con respecto a la rigidez inicial, esto permiten lograr una máxima resistencia mayor al primer caso (Figura 6b). Finalmente ocurre la degradación de rigidez y resistencia; cuando logra una resistencia máxima, la mampostería muestra una pendiente negativa (Figura 6c), esto señala la pérdida de resistencia y rigidez que llegan a fallar los muros (Figura 6d) (Flores y Alcocer, 1995).

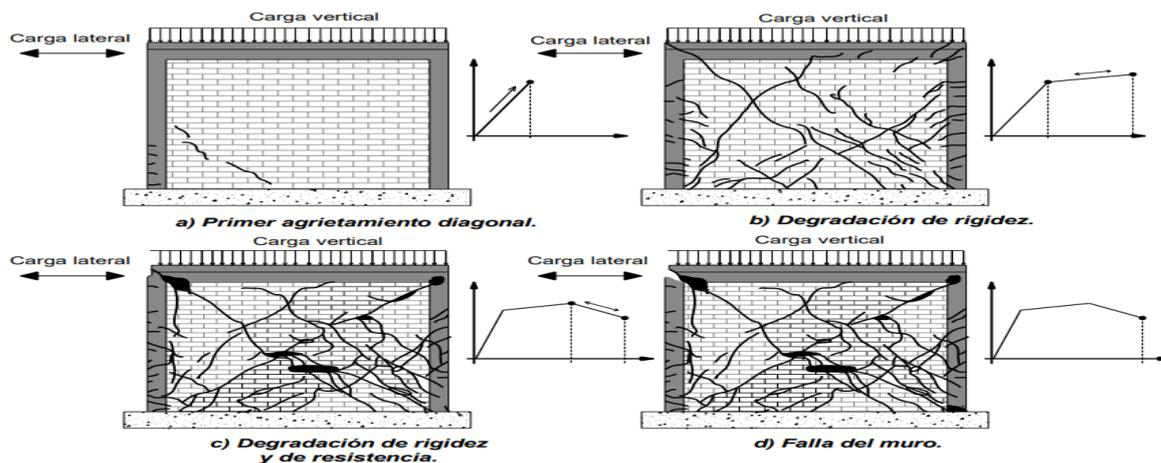


Figura 6. Evolución del daño estructural en muros de mampostería confinada

1.3.2. Peligro sísmico

“Se define como la probabilidad de que, en un lugar específico ocurra un sismo de una magnitud determinada. La magnitud puede ser reemplazada por el valor de aceleración, valor espectral de la velocidad, valor espectral del desplazamiento o de la intensidad. Si los sismos ocurren durante un buen tiempo, entonces son dependientes de la acumulación de energía para producir un sismo de gran magnitud, por ello es baja la probabilidad que ocurran grandes sismos en corto tiempo” (Tavera et al. 2011, p.27).

Es la posibilidad de que pueda originarse en un punto específico la ocurrencia de un movimiento sísmico de cualquier intensidad que puede manifestarse en una edificación.

Cortante basal

“Cortante sísmico en la base (V), es el resultado de la fuerza lateral total de los efectos de las fuerzas de inercia horizontales que se induce a un sistema estructural de un número de grados de libertad para distribuirlo, en los diferentes pisos de la estructura” (Araque, 2015, p. 60).

Es la fuerza de reacción en la base que se produce en los marcos de una determinada estructura debido al movimiento sísmico o la fuerza del viento. Como muestra la (figura 7), la cortante basal es calculada como la sumatoria de fuerzas horizontales que actúan sobre los pórticos de cada entrepiso de un edificio.

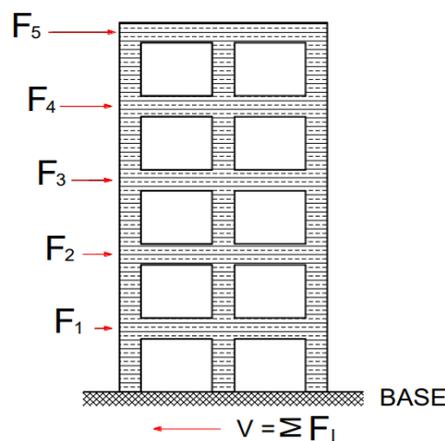


Figura 7. Cortante sísmico en la base

Consideraciones sísmicas

Todas las edificaciones deben ser diseñadas y construidas para soportar un sismo tal como lo describe el RNE E.030, asimismo se debe considerar los efectos del sismo en la tabiquería,

parapetos y todos los elementos estructurales para obtener un buen comportamiento estructural de la edificación.

Zonificación “Z”

“El territorio peruano se divide en cuatro zonas según su sismicidad, a cada zona se le asigna un factor Z, que viene ser la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años” (RNE E.030).

Análisis estructural

Según el RNE E.030, diseño sismorresistente. “El análisis para estructuras regulares se podrá realizar con un total de la fuerza sísmica que actúa independientemente en dos direcciones ortogonales, mientras que; para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño”.

Estimación del peso

Según el RNE E.020, cargas. “El peso se determina aumentando un porcentaje de la carga viva o S/C a la carga permanente o carga muerta, las viviendas se consideran como edificaciones comunes, por lo tanto se asume el 25% de la carga viva”.

Estimación de la masa

“La representación de los sismos son las fuerzas de tipo inercial y es proporcionalmente a su peso, por ello se debe especificar la cantidad y distribución de las masas” (Pariona, 2014, p. 116). Se incluyeron las masas de las losas, vigas, columnas, tabiquería, acabados de piso y techo más 25% de la sobrecarga para todos los pisos.

Análisis dinámico modal espectral

Cualquier tipo de estructura podrá diseñarse haciendo uso del análisis dinámico por combinación modal espectral según señala la norma E.030 diseño sismorresistente.

Aceleración espectral

Según el RNE E.030, diseño sismorresistente. “Para cada dirección horizontal que se analiza, se utilizará un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por:”

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Cuando analizamos en el lado vertical utilizaremos los 2/3 del espectro utilizado en el lado horizontal.

Fuerza cortante mínima

Según el RNE E.030. “Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante del entrepiso no podrá ser menor que el 80% del valor calculado para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares”.

Excentricidad accidental

Según el RNE E.030. “La ubicación de los centros de masa, se estimará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. Se debe considerar el más desfavorable”.

1.3.3. Reforzamiento estructural

El reforzamiento de estructuras es el proceso donde se incrementa la capacidad de carga y obtener un buen comportamiento estructural. Se realizan cuando se presentan inexactitudes en el diseño o deficiencia de mano de obra durante su construcción.

“Los métodos de reforzamientos pueden causar cambios en la rigidez, ductilidad y resistencia de los edificios. Estas propiedades deben ser tomadas en consideración cuando se modifica la capacidad de carga de la estructura” (Valdivia, 2014, p. 6).

El reforzamiento estructural, permite aumentar la capacidad de la estructura, aumentando elementos estructurales o utilizando materiales para reforzar, el refuerzo debe mejorar las características originales de la estructura (Dussan, 2014, p. 12).

Requisitos estructurales que debe cumplir una edificación de albañilería confinada

Para que un edificio sea apropiado para su uso, la estructura debe cumplir tres cláusulas fundamentales:

- **Rigidez**

“Es la capacidad de un elemento para soportar una fuerza sin producirse deformaciones” (Federación de enseñanza de CC. OO de Andalucía, 2011, p.2). Capacidad para resistir fuerzas sin deformarse o tener desplazamiento lateral mínimo.

- **Resistencia**

Ocurre en el momento que, la carga actúa y se genera una deformación en el elemento. Es la capacidad de un elemento para aguantar una fuerza permaneciendo en una deformación (Federación de enseñanza de CC. OO de Andalucía, 2011, p. 2).

Capacidad de soportar las fuerzas horizontales y verticales del sismo y cualquier otro fenómeno. Se da cuando se aplica una carga a un elemento, generando una reacción y un conjunto de esfuerzos intrínsecos en los elementos que integran, por ello los elementos estructurales deben poseer la resistencia conveniente para soportar estos esfuerzos y no fisurarse.

- **Ductilidad**

Capacidad de deformarse o de fisurarse sin llegar al colapso. Probabilidad de la estructura a experimentar deformaciones más allá del rango elástico y sin reducir su rigidez.

Materiales para la construcción de muros de albañilería confinada

La selección de los materiales para la construcción es de gran importancia, por ello estas deben de estar en buen estado, de buena calidad, ya que con el tiempo puede traer consecuencias que afectan a la estructura.

- **Cemento**

Son materiales con propiedades de adherencia y cohesión imprescindible para juntar agregados y constituir una mezcla sólida de resistencia y durabilidad apropiado (Bedoya, 2005, p.72).

- **Agregados**

El agregado que será útil para el mortero debe ser duro, impermeable, libre de impurezas orgánicas, limpio y resistente (Bedoya, 2005, p.73).

- **Agua**

Es de gran importancia para la preparación de la mezcla del mortero y el curado, el agua debe ser fresca, libre de impurezas, turbiedad, sustancias orgánicas u otras soluciones que pueden provocar la corrosión del acero (Bedoya, 2005, p.77).

- **Unidad de albañilería**

Se denomina unidad de albañilería o ladrillo a aquella que puede ser manipulado fácilmente debido a su medidas y peso, estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares que se fabrican de manera artesanal o industrial (NTE 070, 2006).

- **Acero de refuerzo**

Debe ser corrugado y cumplir con los requisitos para barras corrugadas. (NTE 060, 2006).

- ASTM A615 de grado 60 y NTP 341.031 de grado 60.

1.3.4. Riesgo sísmico

“Es el grado de pérdidas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica” (Bonett, 2003, p.19).

“Riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico” (Kuroiwa, 2002, p.127). “Riesgo es el resultado de la exposición de la construcción hecha por el hombre, con el grado de vulnerabilidad que es inherente, frente al peligro al que se verá sometida” (Kuroiwa, 2016, p. 12). Es decir, viene ser el resultado socioeconómico potencialmente ocasionadas por un terremoto, producto de las fallas estructurales donde el fuerte movimiento sísmico excede su capacidad resistente.

Límites para la distorsión del entrepiso - Derivas

Una vivienda no presente riesgo sísmico durante un movimiento telúrico, cuando se encuentra por debajo del máximo permitido con respecto a los límites de la distorsión del entrepiso, en caso de viviendas construidas con sistemas de albañilería la deriva máxima permitida será 0.005.

Peligrosidad sísmica

Es la probabilidad que ocurra un fenómeno físico producto de un terremoto, interrumpiendo la actividad humana, los fenómenos a generarse pueden ser, falla del terreno, licuefacción, tsunamis e inundaciones.

Los sismos

El sismo es el desastre natural más mortífero y con ello trae consecuencias graves, entre el 2004 y 2011 los sismos dejaron cerca de 170 000 muertos en Haití, Japón, Indonesia y Pakistán. Para entender cómo se originan los sismos se debe conocer la teoría de la placa tectónica, donde las fallas (zonas de ruptura de la roca) se concentran la actividad sísmica, estas placas chocan acumulando su energía para luego liberarse y dar origen a los sismos.

El movimiento referente en medio de las placas tectónicas origina la concentración de considerables esfuerzos en sus límites para luego deformarse. Estos funcionan como grandes resortes que acumulan energía potencial o también conocida como energía sísmica, el exceso de acumulación de esta energía rompe o fractura el límite elástico del medio generando un movimiento del terreno llamado sismo. Este procedimiento elástico y dinámico fue estudiado por geofísico estadounidense Harry F. Reid, posteriormente del sismo de San Francisco, observando la falla de San Andrés, le accedieron plantear formalmente la teoría del rebote elástico (Espíndola y Pérez, 2018, p.11).

La teoría del rebote elástico se da cuando el choque de las placas tectónicas (Figura 8a) origina el desplazamiento continuo (una sobre otra) de las placas, generando tensiones de fricción que alcanzan el límite de desplazamiento (Figura 8b) para llegar a liberar la acumulación de energía de tensión generándose el fenómeno llamado sismo (Figura 8c), donde la energía se propaga a través de las ondas (Figura 8d).

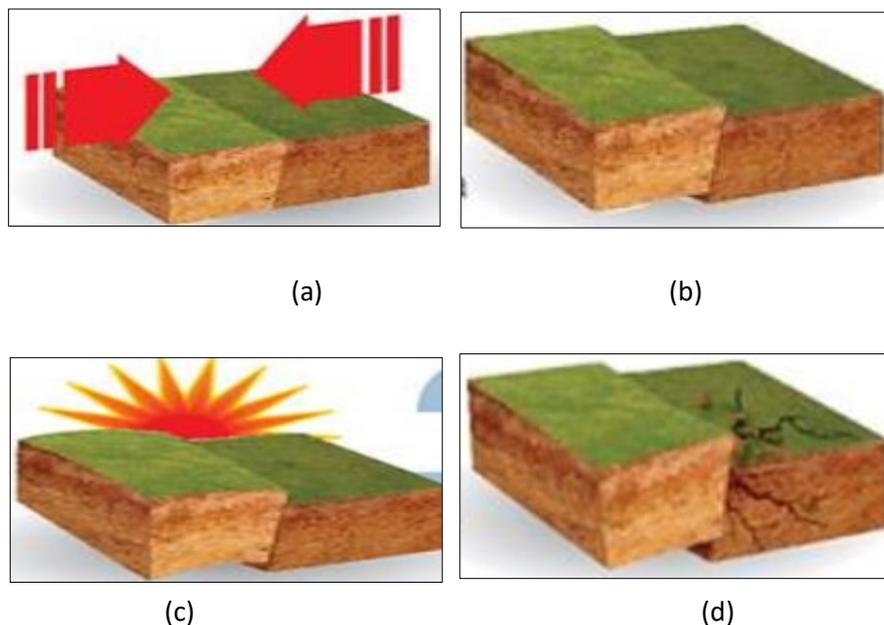


Figura 8. Teoría del rebote elástico

Ondas sísmicas

Las ondas de cuerpo y las ondas de superficie se originan cuando ocurre el fenómeno llamado sismo. Las ondas sísmicas se dividen en ondas de cuerpo y ondas de superficie. Las ondas de cuerpo P (ondas primarias) y las ondas S (ondas secundarias) se desplazan por el centro de la tierra (Udíaz, 2000). Asimismo, las ondas P comprimen y amplifican la intensidad del sismo en la dirección de su propagación (Figura 9a). A diferencia de las ondas S, el suelo se desplaza perpendicularmente en sentido de la propagación (Figura 9b).

Las ondas de tipo Rayleigh y love, se originan debido a la propagación de las ondas de cuerpo, generando por un movimiento de propagación vertical hacia la corteza terrestre (Kramer, 1996). Las ondas Rayleigh son las que viajan sobre la superficie terrestre y produciendo un movimiento elíptico (Figura 9c). Las ondas love viajan por la superficie originando con un movimiento horizontal originando cortes en la superficie (Figura 9d).

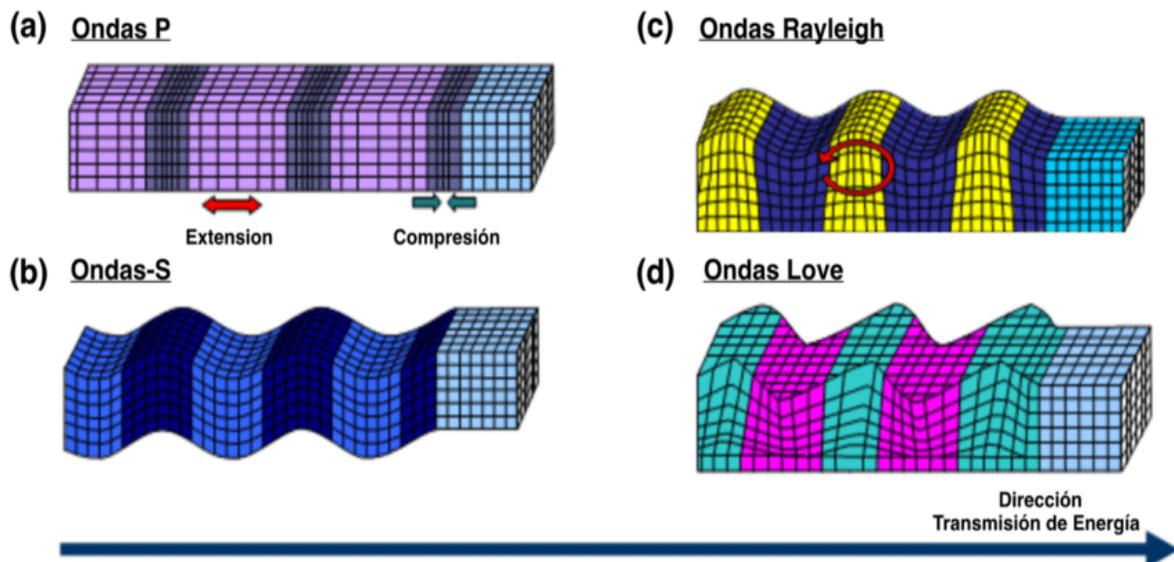


Figura 9. Ondas de cuerpo y ondas de superficie

Sismicidad

“En la actualidad la evolución científica permitió desarrollar el entendimiento con relación al origen, tamaño y forma de propagación, entre diferentes particularidades de los terremotos que se generan al interior de la corteza terrestre. Los terremotos se originan en el tiempo que, el esfuerzo generado en el planeta supera la resistencia de la roca, causando que fallen o se deslicen violentamente, estos esfuerzos pueden actuar perpendicularmente a la falla empujando las rocas para que estas choquen entre sí, o paralela a la falla moviendo rocas unas contra otras. La resistencia de la falla está relacionada con el tamaño de los esfuerzos

y el coeficiente de fricción del material que la forma, cuando el esfuerzo exorbitante se acumula excediendo la resistencia de la falla, puede acontecer un terremoto produciendo el choque de las rocas perdiendo el equilibrio y liberando la energía almacenada en forma de ondas sísmicas”.

Es por ello, previo a la evaluación de la peligrosidad sísmica se debe calificar los sectores sísmo-tectónicas, para deducir la particularidad de los terremotos. En general, cuando se realiza la evaluación se emplean metodologías probabilísticas simplificados de cálculos que se basan en el establecimiento de normativas que definen el comportamiento telúrico de un sector, las fuentes sísmicas y la mitigación del movimiento del terreno, las consecuencias expresado en aspecto de posibilidad de ocurrencia de las diferentes envergaduras de los terremotos.

Magnitud e intensidad de un sismo

“Las escalas de magnitud e intensidad se utilizan para cuantificar y medir los temblores. [...]. La magnitud de momento sísmico se determina a partir de la cantidad proporcional al área de ruptura (el tamaño de la falla geológica que se rompe) y al deslizamiento que ocurre en la falla” (Espíndola y Pérez, 2018, p. 12).

Aceleración del suelo

La aceleración sísmica es una medición directa de la aceleración que afecta a la superficie del suelo. Durante un terremoto la tierra tiembla y las ondas sísmicas se producen en distintas velocidades. La magnitud de un terremoto se manifiesta en intervalo de aceleración del suelo. El diseño que plantea un ingeniero debe contar con la aceleración máxima posible del suelo para soportar los movimientos en toda dirección.

1.3.5. Desempeño estructural

Diseño de estructuras por sismos

Los métodos convencionales de diseño sísmico tienen como objetivo proporcionar resistencia y ductilidad para la seguridad de vida de los habitantes y el control de los daños (límite de capacidad de servicio de deriva).

El diseño basado en rendimiento en una filosofía de diseño general donde los criterios de diseño se manifiestan en lograr los objetivos de rendimientos establecidos cuando la

estructura se somete a los niveles indicados de riesgo sísmico. Los objetivos de rendimiento pueden ser un nivel de estrés que no debe sobrepasarse, una carga, un desplazamiento, un estado límite o un estado de daños de destino (Ghobarah, 2001, p. 2).

Los objetivos del rendimiento están plasmados en la curva de capacidad, asimismo los estados de daños se pueden identificar en la curva de capacidad. La estructura puede estar en un estado de: no sufrir daños, sufrir daños leves o la fisuración del hormigón. Si la estructura se encuentra en el rango de fisuración del hormigón y refuerzo de acero, el tamaño de las grietas será menores a 2mm normalmente y se considera un daño reparable. Mientras que, si se encuentra en un rango de la fluencia del acero, las grietas serán mayores a 2mm y se considera un daño irreparable.

La respuesta estructural en términos de desplazamientos puede relacionarse con el estado límite basado en la tensión, a su vez se relaciona a los daños. El rendimiento de la estructura se define como un estado de daño, la tensión o deformación muestra un mejor indicador de daño de tensiones. Sin embargo, en relación límite de desplazamiento y deriva de la estructura a los daños es una simplificación excesiva debido que el nivel de daño es influenciado por varios otros factores como el sistema estructural, la distribución del daño estructural, modo de falla de los elementos, componentes, duración del sismo y los niveles de aceleración en sistemas secundarios (Ghobarah, 2015, p.2).

En este estudio el estado de daño se define en: no hay daño, daño reparable, daño irreparable (grave).

- **No hay daño**, pueden existir algunas grietas leves, pero no se observa ningún daño estructural.
- **Daño reparable**, daño ligero originando fisuras en vigas y columnas cerca de las articulaciones (uniones) y paredes. Es un daño moderado con grietas por flexión y corte en vigas, columnas y muro. Algunos elementos pueden alcanzar el rendimiento del acero.
- **Daño irreparable**, rendimiento de refuerzo de acero se origina en muchos elementos. Las grietas sobrepasan a 2 mm de abertura y puede producirse una deformación residual, fallas en las columnas y grietas severas.

- **Extrema**, se origina el colapso parcial de la carga lateral y la gravedad que conlleva a los elementos de la estructura, las fallas de corte de vigas y columnas que causan la falla de los rellenos, asimismo los muros de hormigón armado pueden fallar.
- **Reducir**, la estructura puede estar al borde del colapso como puede experimentar un colapso total.

En la (Figura 10), se muestra la curva de rendimiento donde se relaciona los objetivos de rendimiento y daños.

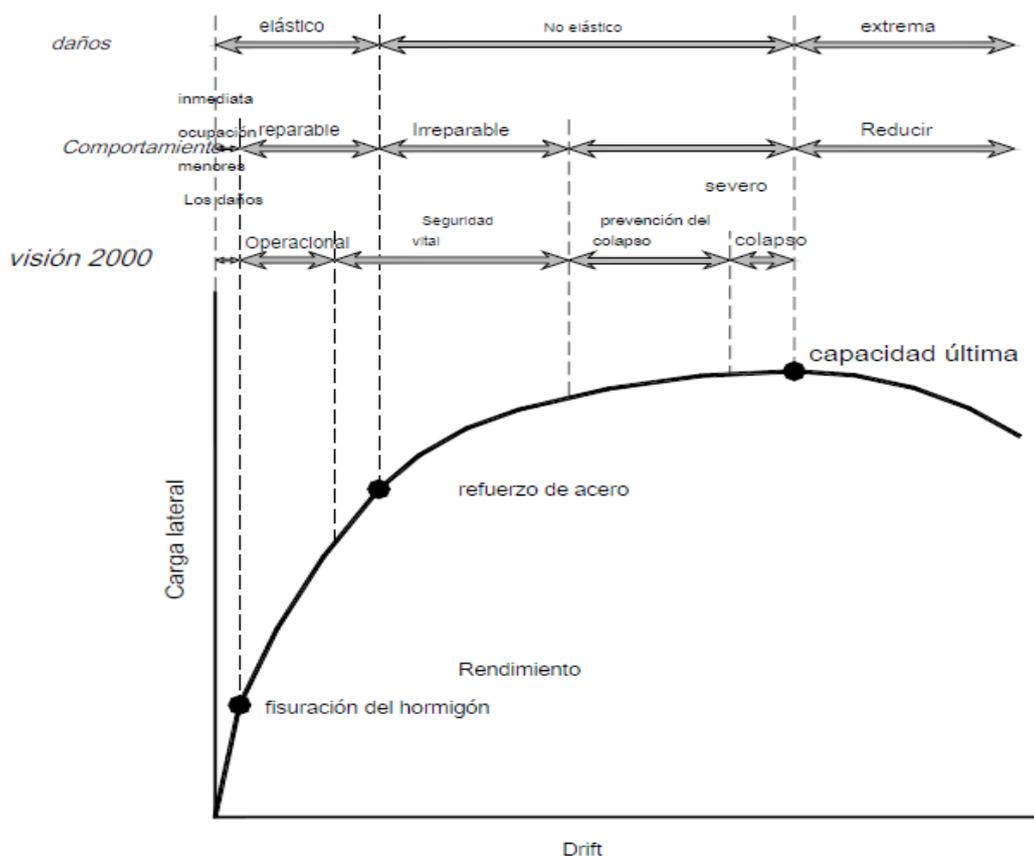


Figura 10. Desempeño estructural típica y estados de daño asociadas

Determinación desplazamientos laterales

En caso de estructuras regulares, los desplazamientos laterales se obtendrán con la siguiente multiplicación $0.70 * R$ los resultados se obtienen del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas; por otro lado, para las estructuras irregulares, los desplazamientos se obtienen de la multiplicación del producto que se determina del análisis lineal elástico por R .

Distorsión de entrepiso (DRIFT)

Para el caso de tres niveles; capacidad de servicio, control de daños y de seguridad de vida o prevención de colapso, existen tres características estructurales como es la rigidez, resistencia y capacidad de deformación y dominar al rendimiento. Cuando se seleccionan más niveles de rendimiento intermedio, hace difícil definir qué característica estructural dominan el rendimiento. Diferentes objetivos de desempeño pueden imponer exigencias contradictorias sobre la fuerza y la rigidez (Alcocer et. al. 2013).

Distribución de desplazamientos que se genera por cada entrepiso debido a las fuerzas sísmicas, los desplazamientos irán incrementando para los niveles superiores de entrepiso (figura 11).

$$\delta_3 = (\Delta_3 - \Delta_2)/(H_3 - H_2)$$

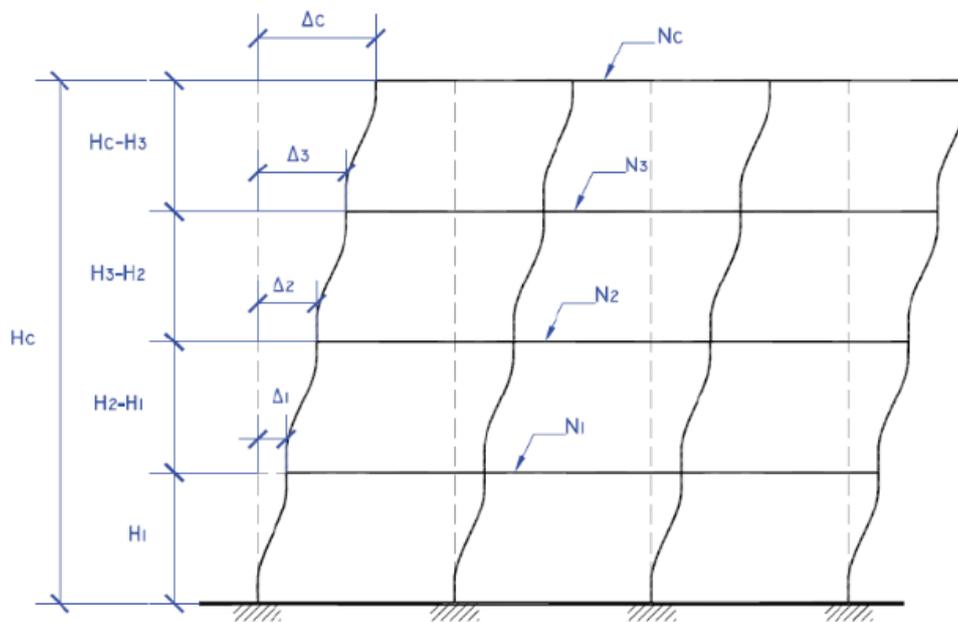


Figura 11. Deriva de entrepiso

Desplazamientos laterales relativos admisibles

Según Norma E.030. “El desplazamiento relativo máximo de entrepiso, no deberá ser mayor a la fracción de la altura de entrepiso (distorsión)” como indica la siguiente (tabla 1).

$$\text{Distorsión de entrepiso (deriva)} = \frac{\Delta_i - (\Delta_i - 1)}{h_i - (h_i - 1)}$$

Dónde: Δi : Desplazamiento lateral

h_i : Altura de entrepiso

Tabla 1. *Límites para la distorsión de entrepisos*

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DE ENTREPISOS	
Material predominante	$(\Delta i / h_i)$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente. Norma E.030 diseño sismoresistente

Deformación

Cambio en la medida o la forma del elemento por motivo a los esfuerzos internos que se producen por fuerzas del sismo, induciendo el desplazamiento ante las partes que lo constituyen (Federación de Enseñanza de CC. OO de Andalucía, 2011, p. 3).

La deformación lineal y espacial puede diferenciar la deformación en dos:

- **Deformación elástica**, el cuerpo o el elemento recupera su forma original al ser movida la fuerza que actúa en él, provocando su deformación.
- **Deformación plástica**, el material o el elemento no recupera su forma original al ser retirada la carga. Esto sucede porque en la deformación plástica, los esfuerzos originan tensiones que superan el valor del límite elástico del elemento.

Deformaciones en estructura sometidas a esfuerzos

Las deformaciones en las estructuras se originan debido a su propio peso, cargas muertas y acciones del entorno.

La edificación conlleva a una deformación distinta dada por la acción de las cargas de uso, por la puesta en servicio, es así que, con la deformación se puede medir con el comportamiento elástico de la estructura (Beltrán, 2006, p. 33).

Para realizar el diseño de debe determinar la resistencia y rigidez de los materiales, estos implica someter a una carga axial (fuerza axial), producto de ello se genera una deformación. También se dice que un material dúctil resiste grandes deformaciones antes de llegar a la rotura y los materiales frágiles resisten deformaciones mínimas llegando rápidamente a la rotura.

La carga es directamente proporcional a la deformación, si se aplica mayor carga al elemento, mayor será la deformación. Se puede ver una línea recta que va desde cero hasta el límite de proporcionalidad (a) para dejar de ser proporcional. (b) Límite de elástico es el punto donde el material no recupera su forma original y queda con una deformación permanente. (c) punto de fluencia, donde el material se deforma sin haber incrementado la carga. (d) esfuerzo máximo, el punto máximo para soportar deformaciones para que le material llegue a la rotura (e) (Figura 12).

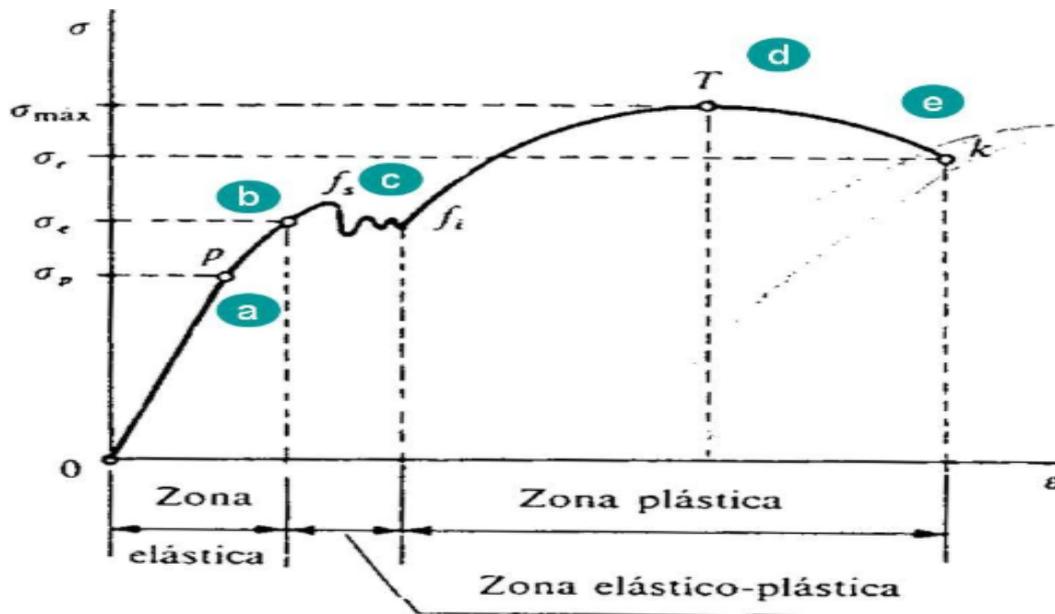


Figura 12. Curva de esfuerzo / deformación

La relación entre la tensión y la deformación se da en el límite de proporcionalidad (a). Mientras que en el límite de elasticidad (b) se origina un alargamiento o fluencia del material. Tensión donde el material no recupera su forma original y queda con una deformación residual se origina en el punto (c) comportándose de manera plástica. Una vez superada el límite máximo en la curva de esfuerzo y deformación llega al punto de fractura, donde verdadero esfuerzo generado en un material llegue a la rotura (figura 13).

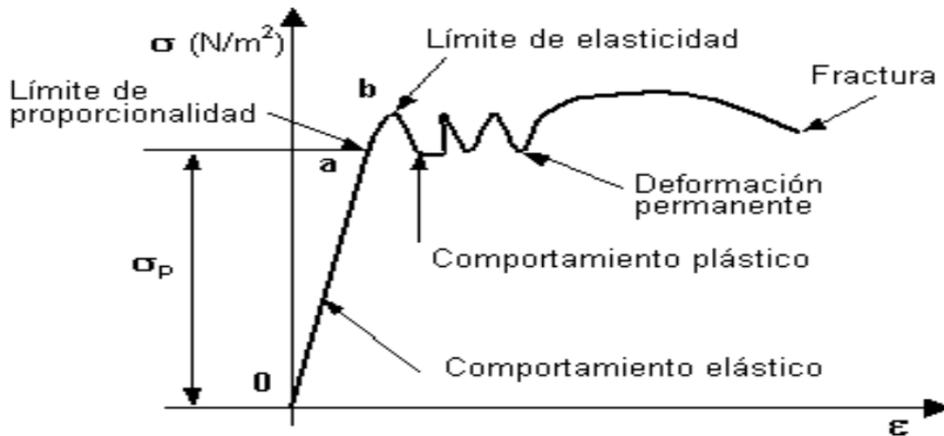


Figura 13. Esfuerzo / deformación

Esfuerzos

Son fuerzas que ejercen los elementos estructurales para no deformarse por las cargas.

Estos esfuerzos pueden ser:

- **Esfuerzos compuestos**, en el tiempo que una pieza se encuentra sujeta consecuentemente a diversos esfuerzos simples, sobreponiéndose sus actos.
- **Esfuerzos variables**, aquellos esfuerzos que cambian de valor o hasta de signo. En el momento que la disconformidad entre el máximo número y el mínimo es 0, al esfuerzo también se le llama alterado.

Esfuerzos internos

“Son aquellas fuerzas que actúan sobre la rebanada, es así que la rebanada tiene que estar en equilibrio, los esfuerzos internos son parejas de fuerzas o momentos en sentidos iguales o contrarios, que actúan sobre las dos caras de la rebanada” (Delgado et. al. 2005).

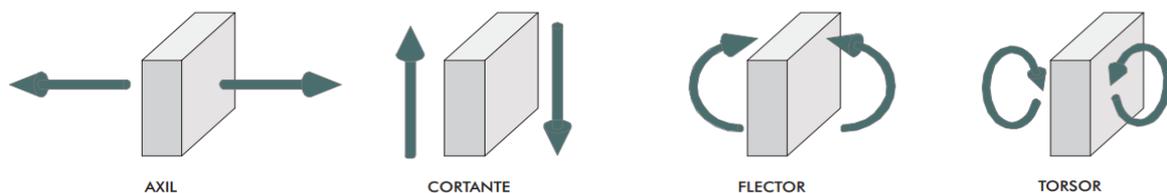


Figura 14. Tipos de esfuerzos internos en una estructura

Estos esfuerzos también se presentan individualmente, en las columnas se origina un esfuerzo a compresión, en las vigas el esfuerzo flexión y en tensores el esfuerzo a tracción (Bernal, 2005, p.227). Los cuatro tipos de esfuerzos según la dirección de las fuerzas o momentos son:

- **Esfuerzo axial**, se origina cuando en el elemento actúan dos fuerzas paralelas a la directriz de la barra, pueden ser de dos tipos:
Compresión, cuando las fuerzas comprimen las vigas
Tracción, cuando las fuerzas estiran a la viga.
- **Esfuerzo cortante**, es cuando dos fuerzas perpendiculares a la directriz de la barra actúan sobre la rebanada.
- **Momento flector**, es cuando actúan dos momentos en el plano de la barra sobre la rebanada.
- **Momento torsor**, es cuando dos momentos contenidos en su carga actúan la rebanada.

1.3.6. Sistemas de albañilería confinada

Las viviendas con este sistema de albañilería confinada cuentan con una técnica de estructuras donde el proceso de construcción inicia por el asentado de muros de unidades de albañilería y posteriormente la construcción de columnas y vigas de amarre en todo su perímetro. Es importante conocer el proceso constructivo de estos muros para no perder la adherencia al momento de ser arriostrados.

Albañilería arriostrada con elementos de concreto armado en todo su alrededor, la cual es construida posterior a la construcción de la albañilería. El confinamiento horizontal para el primer piso viene ser la cimentación de concreto (NTP E.070, 2018).

Elementos estructurales de una vivienda de albañilería confinada

Partes de una edificación que son capaces de soportar cargas que ejercen sobre ella. Los elementos de una estructura son:

- **Columnas**, son aquellos elementos estructurales de concreto armado capaces de transmitir cargas axiales de compresión hacia la cimentación. Puede desempeñarse como arriostre o confinamiento.
- **Vigas**, aquellos elementos estructurales de concreto armado que transmiten cargas al largo de su longitud hacia los muros
- **Muros de ladrillo**, son elementos capaces que transmitir cargas de la losa y vigas a pisos inferiores y estas hacia la cimentación.
- **Cimiento**, son estructuras que soportan cargas de toda la estructura y transmiten sus cargas al suelo que las soportan.

Propiedades mecánicas de la albañilería

“La resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) y a corte ($v'm$), se determinará de manera empírica recurriendo a registros históricos de resistencia de las unidades, o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre” (Norma E.070 Albañilería. 2018).

Tabla 2. Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$

Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$									
Resistencia característica	Edificios de 1 a 2 pisos			Edificios de 3 a 5 pisos			Edificios de más de 5 pisos		
	Zona sísmica			Zona sísmica			Zona sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$f'm$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$v'm$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente. Norma E.070 Albañilería

- A. Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.
- B. Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio.

Mortero

Es la composición de conglomerantes inorgánicos (cemento), agregados, agua y posibles aditivos. La función del mortero es otorgar una base uniforme para asentar las unidades de albañilería (Quispe, 2006, p. 50).

$$\text{Cemento} + \text{Agregado fina} + \text{Agua} = \text{Mortero}$$

Propiedad fundamental del mortero

La adhesividad

El mortero tiene que ser trabajable, retentivo y fluido. Donde el agua aporta trabajabilidad, la cal aporta repetividad, fluidez, cohesión y trabajabilidad y el cemento aporta resistencia a la mezcla (Quispe, 2006, p. 51).

1.3.7. Tipos de fallas en muros de albañilería

Falla por corte

Este defeco se reconoce por un agrietamiento diagonal del paño de albañilería, tal y como se muestra en la (figura 15), es el resultado de las tensiones de tracción diagonal que se obtienen en el paño.

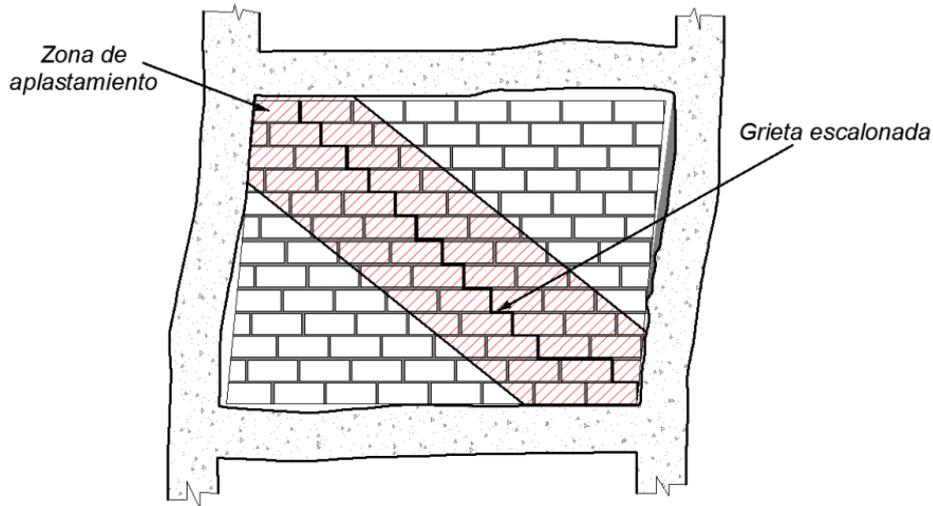


Figura 15. Falla por corte en muros

Falla por deslizamiento

Este defecto se reconoce por la presencia de un deslizamiento horizontal a lo largo del paño de albañilería, tal y como se muestra en la (figura 16), esta se produce debido al problema de adherencia por corte en la junta y como consecuencia se origina un mecanismo de columna corta.

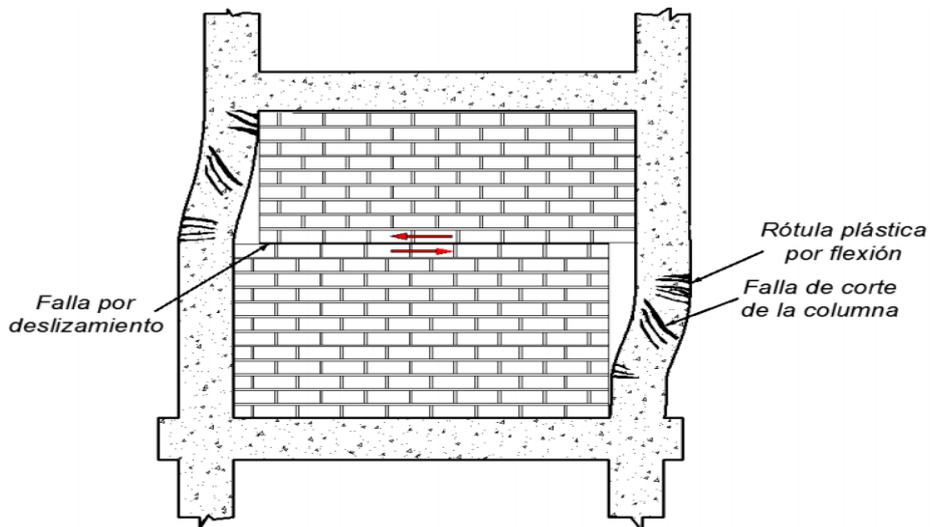


Figura 16. Falla por deslizamiento en muros

Falla por flexión

Las fallas por flexión pueden producirse en muros esbeltos, ocurren cuando en las columnas se generan grandes tracciones que logran abrir o aplastar al talón comprimido para deslizarse. Estas fallas normalmente se visualizan en la parte inferior de la columna (ver figura 17).

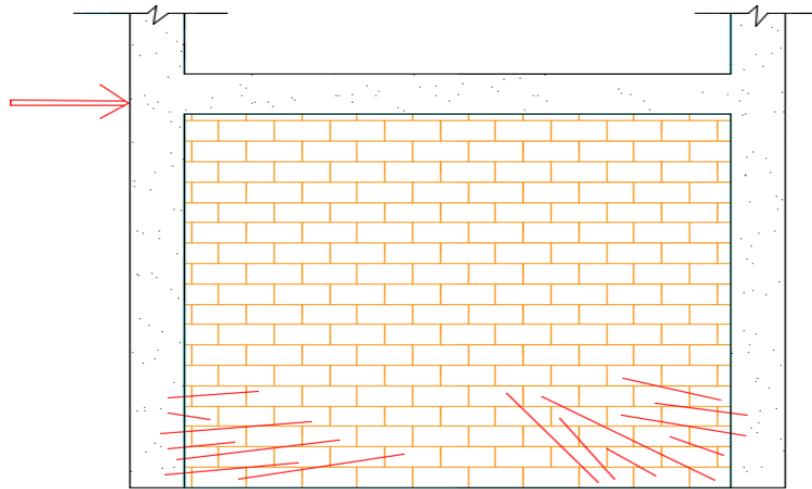


Figura 17. Falla por flexión en muros

Falla por aplastamiento

Esta falla es producto de la carga axial muy elevada provocando la deformación transversal en el paño de albañilería, estas fallas se visualizan como grietas en la parte baja del paño (ver figura 18).

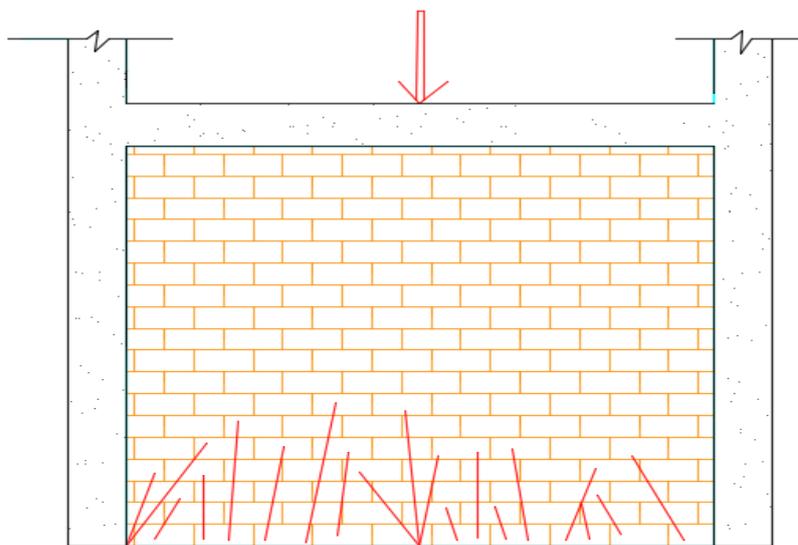


Figura 18. Falla por aplastamiento en muros

Formulación del problema

Problema general

- ¿En qué medida el reforzamiento estructural de muros con malla de acero corrugado reduce el riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada, Ate-2019?

Problemas específicos

- ¿Cuán vulnerable se encuentra la estructura de la vivienda de albañilería confinada?
- ¿De qué manera el reforzamiento de muros de albañilería confinada empleando la malla de acero corrugado, permitirá incrementar la rigidez lateral de la vivienda?
- ¿Cuál será el nivel del peligro sísmico de la vivienda de albañilería confinada?

1.4. Justificación del estudio

En el presente estudio, se pretende profundizar el conocimiento acerca de la vulnerabilidad estructural de una determinada edificación, conocer el método práctico para su evaluación e implementar una metodología rápida y sencilla llevando a cabo un reforzamiento estructural si esta lo necesite.

En gran parte, las viviendas en la capital son de albañilería confinada, que fueron construidas sin asesoría técnica ni profesional por ende presentan problemas estructurales; es por ello que esta investigación presenta una metodología para implementar un refuerzo utilizando malla de acero corrugado en los muros portantes y aumentar su rigidez lateral. Asimismo, se pretende que utilicen como guía de reforzamiento aquellas viviendas que presenten insuficiente densidad de muros, aportando soluciones coherentes para que estas viviendas regulen la informalidad y pueda soportar sismos sin dañar la estructura.

1.5. Hipótesis

Hipótesis general

- El reforzamiento estructural de muros con malla de acero corrugado reducirá el riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada, Ate-2019.

Hipótesis específica

- La vivienda de albañilería confinada es altamente vulnerable ante un evento sísmico de 0.4g.
- El refuerzo con malla de acero corrugado, incrementará la rigidez lateral de la vivienda de albañilería confinada.
- La vivienda de albañilería confinada tiene un nivel de peligro sísmico alto.

1.6. Objetivo

Objetivo general

- Evaluar el reforzamiento estructural de muros con malla de acero corrugado para reducir el riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada, Ate-2019.

Objetivos específicos

- Evaluar la vulnerabilidad estructural de la vivienda de albañilería confinada.
- Implementar en el modelo numérico, el refuerzo de malla de acero corrugado en los muros de la vivienda para incrementar la rigidez lateral.
- Determinar el nivel de peligro sísmico sobre la vivienda de albañilería confinada.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de estudio

Se opta por una investigación de tipo descriptivo cuando se busca describir las características del objeto de estudio (Borja, 2012, p. 30). En este estudio se detallan las características de la vivienda vulnerable estructuralmente, para realizar una evaluación preliminar y cumplir con una de los objetivos específicos.

Diseño de investigación

Diseños no experimentales son investigaciones donde no se manipulan deliberadamente las variables, En su ámbito natural se observan los cambios del análisis realizado (Sampieri Carlos, 2018, p. 152).

En esta investigación el diseño es “no experimental” porque las variables serán medidas a través de un análisis numérico que se realizará mediante el software Etabs, el estudio no pretende modificar intencionalmente la variable independiente.

Método de investigación

“Es un proceso sistematizado que integra series de niveles, reconocimiento y descripción del problema, formulación de la hipótesis, recopilación de datos y las conclusiones de la constatación o rechazo de la hipótesis” (Gay, 1996, p. 6).

El estudio se realizó siguiendo el método científico porque se basa en fenómenos de la realidad que se observan, como son las consecuencias que trae un evento sísmico.

2.2. Operacionalización de variables

Variable

“Es una propiedad que puede variar, cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (Sampieri, 2018, p. 105).

Variable Independiente: Riesgo sísmico

Variable Dependiente: Reforzamiento estructural

Variable Interveniente: Vivienda de albañilería confinada

Tabla 3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Riesgo sísmico	Riesgo sísmico es el grado de pérdidas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett, 2003, p. 19).	Para determinar el riesgo sísmico en la vivienda se utilizará el software Etabs vs 16 para verificar las distorsiones de entrepiso.	Desempeño estructural	Distorsión de entrepiso
				Esfuerzos internos
Variable Dependiente: Reforzamiento estructural	El reforzamiento de estructuras es el proceso de incrementar la capacidad de carga y obtener un buen comportamiento estructural Se realizan cuando se presentan nuevos acontecimientos como errores en el diseño o deficiencia de mano de obra durante el proceso constructivo (Valdivia, 2014, p. 6).	Previo al reforzamiento estructural se realizará estudios preliminares y profundos, se realizará los ensayos de compresión de la albañilería y concreto para calcular la rigidez lateral y la resistencia del concreto para luego reforzar utilizando la técnica de la malla del acero corrugado y disminuir su riesgo sísmico.	Vulnerabilidad estructural	Densidad de muros
				Rigidez lateral
			Peligro sísmico	Cortante basal

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

“Población o universo se define como el conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (Borja, 2012, p. 30).

“La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (Tamayo, 2014, p. 180). En este estudio, la población constituye como escenario la vivienda de albañilería confinada de tres niveles.

Muestra

“Es el subconjunto por parte del universo o población seleccionado por diversos métodos como la representatividad del universo; es decir, la representativa si reúne las características de los individuos del universo. [...]” (Ñaupas et al. 2014, p. 246). En ésta investigación la muestra seleccionada son los muros portantes de albañilería confinada.

Muestreo

El muestreo puede ser probabilísticas y no probabilísticas, en el muestreo probabilística, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser seleccionados para la muestra, puede ser por elección aleatoria o tamaño de la muestra. Mientras que, en el muestreo no probabilística la elección no depende de la probabilidad porque no es posible calcular el nivel de confianza, sino que utiliza el criterio del investigador (Borja, 2012, p.32). En este estudio, el muestreo es no probabilística debido que la presente investigación tiene como objeto implementar un nuevo refuerzo para muros de albañilería confinada y aumentar la rigidez del muro, mas no se pretende justificar que todas las viviendas de albañilería confinada requieran de estos refuerzos. La elección de la muestra se dio intencionalmente.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la evaluación preliminar de la vulnerabilidad estructural de la vivienda se utilizará la ficha de encuesta y de reporte de la tesis del Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno y el ing. Sabino Nicola Tarque Ruiz, que fue validada para la aplicación en viviendas de albañilería confinada.

2.4.2. Ficha de encuestas

Las fichas de encuesta son documentos que se elaboran para obtener información acerca del estado arquitectónico, estructural y constructivo de lo que se quiera investigar, para este estudio estas fichas han sido elaboradas para conocer las características de las viviendas de albañilería confinada.

2.4.3. Aspectos técnicos de la vivienda

Según su uso, suelo de cimentación y las características de los elementos estructurales, en este punto se realizan anotaciones de estado del terreno de cimentación y lo catalogan como suelo rígido, intermedio o flexible, esta característica es importante debido que por medio de estos el sismo se propaga con mayor o menor intensidad hasta llegar a las estructuras. Así mismo se toman nota las longitudes de los elementos de la estructura que se encuentran en el edificio tales como las vigas, columnas, muros, cimientos y losas. Se describe todos aquellos problemas encontrados en cada elemento.

2.4.4. Esquema de la vivienda

Se realiza las mediciones de los elementos estructurales, distribución de ambientes y ubicación de los elementos y se plasma en un plano de arquitectura en planta y elevación. Se indican todas las irregularidades que se encuentra en los elementos al momento de la toma de datos.

2.4.5. Observaciones

Se considera una baja calidad de mano de obra, cuando encontramos problemas como junta en los muros que no cumplen con el mínimo establecido por el RNE E.070 de albañilería., uso de ladrillos no adecuados para su función, elementos estructurales no continuos etc. Se considera mano de obra de regular calidad cuando estos problemas se muestren lo menor posible en la vivienda y buena calidad cuando la vivienda no cuenta con estos problemas y cumplen con las medidas establecidas.

Problemas en el sistema estructural, se considera los errores primordiales en la estructura tales como inadecuada densidad de muros, muros sin viga solera, muros portantes sin confinar, muros inadecuados para soportar empujes laterales, tabiquerías no arriostradas,

Alfeizar no aislados de la estructura, muros portantes con ladrillos pandereta e insuficiencia de junta sísmica.

Problemas de degradación, se considera a las armaduras corroídas, muros con salitre y humedad, muros agrietados, estos factores pueden atenuar la resistencia de los elementos estructurales con el pasar del tiempo.

2.4.6. Fotografías

Las fotografías son muy importantes para evidenciar los problemas más relevantes del edificio.

VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

FICHA DE ENCUESTA

Fecha de evaluación: _____ Hora: _____

Nombre del evaluador: _____

DATOS GENERALES

Nombre del propietario	_____
DNI. N°	_____
Teléfono	_____
N° de personas en la vivienda	_____

DATOS GENERALES DE LA VIVIENDA

Ubicación	_____	Distrito:	_____
Área del terreno	_____	Largo:	_____
Altura de la	_____	1° nivel:	_____
		2° nivel:	_____
		3° nivel:	_____
Responsable de su	_____		
Tiempo de construcción	_____		
Año de inicio de	_____	Año de término de construcción	_____
N° de pisos	_____	N° de pisos proyectado	_____

DATOS TÉCNICOS

Parámetros del suelo

- Rígidos
- Suelos intermedios
- Suelos blandos

Observaciones: _____

Características de los principales elementos estructurales de la vivienda

1. Cimiento (m)

a. Cimiento Corrido	_____	b. Zapata	_____
Profundidad	_____	Profundidad	_____
Ancho	_____	Sección	_____
Observaciones:.....			

2. Muros (m)

a. Ladrillo macizo	_____	b. Ladrillo pandereta	_____
Dimensiones	_____	Dimensiones	_____
Juntas	_____	Juntas	_____
Observaciones:.....			

3. Columnas (m)

Concreto armado:	_____	Concreto armado:	_____
Dimensiones	_____	Dimensiones	_____
Observaciones:.....			

4. Vigas (m)

5. Techos (m)

Diafragma rígido:	_____
Tipo	_____
Peralte	_____
Observaciones:.....	

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS	
Problemas de ubicación	
<input type="checkbox"/> Vivienda sobre relleno natural <input type="checkbox"/> Vivienda en quebrada <input type="checkbox"/> Vivienda con pendiente pronunciada <input type="checkbox"/> Vivienda con nivel freático superficial	
Otros:.....	
Sistema Estructural	
<input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Losas no monolíticas <input type="checkbox"/> Insuficiencia de junta sísmica <input type="checkbox"/> Tabiquerías no arriostradas <input type="checkbox"/> Losa de techo a desnivel con vecino	<input type="checkbox"/> Cercos no aislados de la estructura <input type="checkbox"/> Reducción en planta <input type="checkbox"/> Muros portantes de ladrillos pandereta <input type="checkbox"/> Alfeizar o aislados <input type="checkbox"/> Espesor de junta sísmica no uniforme
Otros:.....	
Factores degradantes	
<input type="checkbox"/> Armaduras expuestas <input type="checkbox"/> Armaduras corroidas <input type="checkbox"/> Eflorescencia	<input type="checkbox"/> Humedad en muros <input type="checkbox"/> Muros agrietados
Otros:.....	
Mano de obra	
<input type="checkbox"/> Muy mala <input type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Buena
Otros:.....	
Materiales deficientes	
<input type="checkbox"/> Ladrillos kk, artesanal <input type="checkbox"/> Ladrillos pandereta	<input type="checkbox"/> Ladrillos macizos
Otros:.....	
OBSERVACIONES Y COMENTARIOS	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	

Figura 19. Ficha de encuesta

Validez y confiabilidad

“Es aquello que tiene valor y fuerza o eficacia para producir un efecto. La validez de un documento se refiere a la cualidad o capacidad para lograr su objetivo, el cumplimiento del contrato” (Ñaupas et al. 2014, p. 327).

2.5. Método de análisis de datos

Para el presente estudio se han realizado investigaciones en campo y teóricas. La investigación teórica consiste en realizar la encuesta y la toma de datos de la vivienda analizada. El estudio teórico trata del análisis de la encuesta y el desarrollo de la ficha de reporte para analizar el riesgo sísmico en la que se encuentra la vivienda y proponer un reforzamiento estructural. La metodología para desarrollar la investigación:

2.5.1. Método para la evaluación preliminar (densidad de muros)

Paso 1: El presente estudio inicia con la revisión de bibliografías de estudios realizados relacionados al riesgo sísmico en viviendas de albañilería confinada, la tesis nos ayudó como base para el estudio “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca”. Asimismo, se investigó sobre las diferentes formas para la evaluación preliminar de vulnerabilidad sísmica en viviendas.

Paso 2°: Se procedió a seleccionar la muestra para la evaluación, para este caso una vivienda de albañilería confinada, debido que el objeto de estudio es proponer una metodología de reforzamiento estructural en el muro de albañilería para incrementar su rigidez y reducir el riesgo sísmico. Se visitó la vivienda y previa coordinación se inició con la evaluación en campo mediante fichas de encuestas.

Paso 3°: Se procedió a medir INSITU las dimensiones de todos los elementos estructurales de la vivienda, las columnas, vigas, muros y los ambientes de la vivienda para plasmar en un plano de arquitectura y estructuras de acuerdo a los datos obtenidos en campo.

Paso 4°: En el presente estudio se realizó la evaluación por el método empírico en la vivienda de albañilería con el fin de conocer cuán vulnerable se encuentra la estructura ante un evento sísmico. La evaluación se dio utilizando las fichas de encuesta y de reporte. La ficha de encuesta permite evaluar las características de la vivienda. La ficha de reporte permite sintetizar la información recolectada para realizar el análisis de estas.

Paso 5°: Para el caso de muros portantes, el análisis sísmico de la vivienda se calculó mediante la densidad de muros de la edificación, y en caso de la tabiquería se analizó la estabilidad de muros por volteo, donde se obtiene como respuesta el inadecuado estado de la estructura y cuan vulnerable se encuentra ante un evento sísmico. Posteriormente se realizará una evaluación de vulnerabilidad mediante el método cuantitativo donde se realizará un análisis numérico para asegurar que la estructura requiera de refuerzo.

2.5.1.1. Ficha de reporte

La ficha de reporte es una hoja para el cálculo y el análisis de los datos recolectados de la vivienda previamente encuestada, donde se detalla de manera ordenada las características de arquitectura, estructural y constructiva de la vivienda.

2.5.1.2. Aspectos técnicos de la vivienda

En esta parte, se resumen los datos técnicos anotadas de la ficha de encuesta con las deficiencias en la estructura encontradas en la vivienda.

2.5.1.3. Análisis sísmicos

Según la Norma E.030, diseño sismorresistente. “En esta etapa, se realiza el análisis sísmico de la vivienda de albañilería confinada, se procede una comparación de la densidad de muros existentes y la densidad mínima de muros requerida para que la vivienda pueda soportar un sismo raro de (0.4 g)”.

(Norma E.030). “Para determinar el área mínima de muros que debe tener en el primer piso, se asume que la fuerza cortante, en consecuencia de un sismo raro, dividida entre el área de muros requerida debe ser menor a la sumatoria de las fuerzas cortantes resistentes de los muros, dividida entre el área existente de muros”. (Ec.2.1)

$$\frac{V}{A_m} \leq \frac{\sum V_R}{A_e} \quad \dots (2.1).$$

Dónde: V: Fuerza cortante basal actuante (KN)

VR: Fuerza de corte resistente de los muros (KN)

Am: Área requerida mínima o necesaria de muros (m²)

Ae: Área existente de muros confinados (m²)

(Norma E.030). La fuerza cortante basal (V) debido al efecto del sismo se denota como:

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} * P \dots (2.2).$$

El factor “Z” multiplicado por la aceleración de la gravedad representa la aceleración máxima del terreno en la base rocosa. De acuerdo al mapa de microzonificación, el territorio nacional está fraccionado en 4 zonas sísmicas como muestra la (figura 20). Según el RNE E.030, diseño sismoresistente. Lima está ubicada en la zona 4 por lo tanto, el factor Z es igual a 0.45 (tabla 4).



Figura 20. Mapa de microzonificación sísmica del Perú

Tabla 4. Factor de zona “Z”

FACTOR DE ZONA “Z”	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E.030, diseño sismoresistente

El factor de uso “U”, requiere del nivel de significancia del edificio. Mientras mayor es la significancia que tiene el edificio, mayor será el factor de uso.

Cada edificación debe ser catalogada de acuerdo a las clases señaladas en la (tabla 5). Para edificaciones como vivienda se encuentran ubicada en la categoría C, dentro de edificaciones comunes. Es por ello que, el factor “U” es equivalente a 1.0.

Tabla 5. *Categoría de las edificaciones y factor “U”*

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
C Edificaciones Comunes	Edificios comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0

Fuente: Norma E.030, diseño sismoresistente

“Factor suelo “S”, el suelo es el medio natural a través del cual se propagan las ondas sísmicas. En el proceso de propagación se producen cambios en las características del movimiento sísmico debido a las condiciones del suelo. Las amplificaciones sísmicas se dan cuando las condiciones del suelo no son favorables y para ello la norma propone los siguientes parámetros” (Norma E.030, diseño sismoresistente). Para una zona sísmica igual a 4 y asumiendo un suelo intermedio “S2” el factor de suelo “S” es igual a 1.05 (tabla 6).

Tabla 6. *Factor de suelo “S”*

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO 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: Norma E.030, diseño sismoresistente

Para un suelo intermedio “S2”, el periodo “Tp” es igual a 0.60 y Tl es igual a 2.0.

Tabla 7. *Periodos “Tp y TL”*

PERIODOS "Tp Y TL"				
	Perfil de suelo			
	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: Norma E.030, diseño sismoresistente

Para calcular del periodo fundamental del edificio “T”, se divide la siguiente ecuación:

$$T = \frac{Hn}{CT} = \frac{7.83}{60} = 0.13$$

Dónde: Hn: Altura de la estructura (m)

CT: 60, para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada. Norma E.030, diseño sismoresistente.

(Norma E.030). “Factor de amplificación sísmica “C”, se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo”. De la condición anterior se cumple que el periodo fundamental “T” es menor que el periodo “Tp” con ello se determina que factor de amplificación sísmica “C” igual a 2.5”.

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * [(T_p * T_L)(T_2)]$$

(Norma E.030). “Factor de reducción por ductilidad “R”, viene ser la que tiene un sistema estructural de absorber energía y soportar deformaciones inelásticas sin llegar al colapso. El factor R aumenta conforme aumenta la ductilidad de una estructura y la capacidad de disipación de energía potencial” (figura 21).

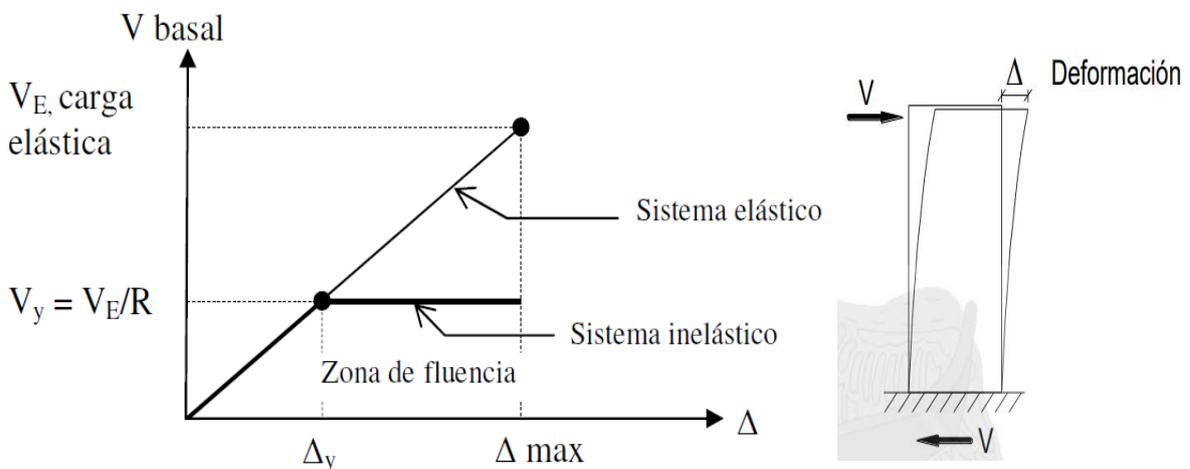


Figura 21. Coeficiente de reducción sísmica R

Para sistemas estructurales de albañilería confinada el coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_o) es igual a 3 (tabla 8).

$$R = R_o * I_a * I_p$$

Tabla 8. *Coeficiente básico de reducción según el sistema estructural*

SISTEMA ESTRUCTURALES	
Sistema estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinales Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinales Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera por esfuerzos admisibles	7

Fuente: Norma E.030, diseño sismoresistente

“Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares con el fin de determinar el procedimiento adecuado de análisis y los valores apropiados del factor de reducción de la fuerza sísmica (R)” (Norma E.030).

Las estructuras con irregularidad en altura son aquellas que presentan una o más características tal y como se indica en la (tabla 9).

Tabla 9. Irregularidades estructurales en altura

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad Ia
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</p> <p>Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que el 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales podrán calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso débil</p> <p>Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	<p>0.75</p>
<p>Irregularidad Extrema de rigidez (ver Tabla N° 10)</p> <p>Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.</p> <p>Irregularidades Extrema de Resistencia (Ver tabla N°10)</p> <p>Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	<p>0.50</p>
<p>Irregularidad de Masa o Peso</p> <p>Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que el 1.5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p>0.90</p>

<p>Irregularidad Geométrica Vertical</p> <p>La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p>0.90</p>
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</p> <p>Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	<p>0.80</p>
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver tabla N°10)</p> <p>Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	<p>0.60</p>

Fuente: Norma E.030, diseño sismoresistente

Las estructuras con irregularidad en planta son aquellas que presentan una o más características tal y como se indica en la (tabla 10).

Tabla 10. *Irregularidades estructurales en planta*

<p>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</p>	<p>Factor de Irregularidad I_p</p>
<p>Irregularidad Torsional</p> <p>Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{max}), es mayor que 1.2 veces desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}).</p> <p>Este criterio solo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que el 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla N°11.</p>	<p>0.75</p>

<p>Irregularidad Torsional Extrema (ver Tabla N° 10)</p> <p>Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{max}), es mayor que 1.5 veces desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}).</p> <p>Este criterio solo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que el 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla N°11.</p>	<p>0.60</p>
<p>Esquinas Entrantes</p> <p>La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	<p>0.90</p>
<p>Discontinuidad de Diafragma</p> <p>La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en la rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma.</p> <p>También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	<p>0.85</p>
<p>Sistemas no Paralelos</p> <p>Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	<p>0.90</p>

Fuente: Norma E.030, diseño sismoresistente

Para determinar el P (peso) de la vivienda se ha asumido que el peso está en función al área techada, que es aproximadamente $8 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$ para viviendas de albañilería confinada (Arango. 2002).

$$P = A_{\text{tt}} * \gamma \dots (2.3).$$

Dónde: A_{tt} : Sumatoria de áreas techadas de todos los pisos (m^2)

γ : Peso metrado por m^2 , (Arango $\gamma = 8 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$)

La fuerza de corte resistente de cada muro se expresa como:

$$V_R = 0.5 * v'm * \alpha * t * L + 0.23 * P_g \dots (2.4). \quad (\text{San Bartolomé})$$

Dónde:

$v'm$: Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería (San Bartolomé).

α : Factor de reducción por esbeltez varía entre $\frac{1}{3} \leq \alpha \leq 1$

t : Espesor del muro en análisis (m)

L : Longitud del muro en análisis (m)

P_g : Carga gravitacional de servicio más sobrecarga reducida (KN)

La condición más desfavorable para que las viviendas no colapsen se da cuando la fuerza sísmica (fuerza actuante) sea igual a la fuerza resistente de todos los muros de la estructura. Entonces ambos términos de la ecuación 2.1 serán iguales.

$$\frac{V}{A_m} = \frac{\Sigma V_R}{A_e} \dots (2.5).$$

Para hallar V_R se realiza la simplificación en la Ec. 2.4. Se considera que $\alpha = 1$ y $0.23 * P_g = 0$. La Ec. 2.5. Se reduce a:

$$V = 0.5 * v'm * t * L \dots (2.6).$$

Despejando A_m de la Ec. 2.5, y reemplazando las Ec. 2.2, 2.3 y 2.6, se obtiene lo siguiente:

Dónde: $\Sigma(t * L) = Ae$

$$\frac{Z * U * S * C}{R * Am} * Att * 8 = \frac{0.5 * v'm * \Sigma(t * L)}{Ae}$$
$$Am = \frac{Z * S * Att * 8}{300} \dots (2.7).$$

La Ec. 2.7 determina el área mínima que se requiere tanto en la dirección “X” y “Y” del primer nivel para tener un buen comportamiento ante un sismo, además (Am) está expresada en m².

Las fichas nos ayudan a calcular el (Am) con la Ec. 2.7 y el (Ae) con los datos obtenidos en la ficha de encuesta. Los factores se califican de la siguiente manera:

Si: $Ae / Am \leq 0.80$ <<>> La vivienda tiene inadecuada densidad los muros

Si: $Ae / Am \geq 1.10$ <<>> La vivienda tiene adecuada densidad los muros

Si: $0.80 \leq Ae / Am \leq 1.10$ <<>> Se necesita calcular con mayor detalle la suma de fuerzas cortantes resistentes de los muros de la vivienda (ΣVR) y cortante actuante (V).

Estabilidad de muros al volteo

Los muros no portantes son los tabiques, cercos y parapetos de la vivienda, son diseñados para dividir ambientes y soportar cargas de su propio peso.

Para analizar la estabilidad de muros al volteo se realiza una comparación del momento actuante (Ma) debido al sismo y el momento resistente (Mr) que actúa en los muros no portantes y el resultado de esta nos determina si el muro es estable o inestable.

Para calcular el (Ma) se establece la carga sísmica que actúa perpendicular al plano del muro durante un sismo.

$$V = Z * U * C1 * P \dots (2.11).$$

Dónde: Z: Factor de zona, para zona 4 igual a 0.45.

U: Factor de uso (vivienda: 1)

C1: Coeficiente sísmico

P: Peso del muro por unidad de área del plano del muro $\frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

El peso P está dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_m * t \dots (2.12).$$

Dónde: γ_m : Peso específico del muro

Para muro de ladrillo macizo γ_m : $18 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$

Para muro de ladrillo pandereta γ_m : $14 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$

t: Espesor del muro (m)

C1: Factor de amplificación sísmica

Parapetos C1: 1.3

Tabiques C1: 0.9

Cercos C1: 0.6

Para el C1, se da según la norma de diseño sismoresistente E.030.

Momento actuante (M_a) perpendicular al plano del muro está dado por la siguiente expresión: (San Bartolomé).

$$M_a = m * V * a^2 \dots (2.13).$$

Dónde: m: Coeficiente de momentos.

A: Dimensión crítica (m).

V: Carga sísmica perpendicular.

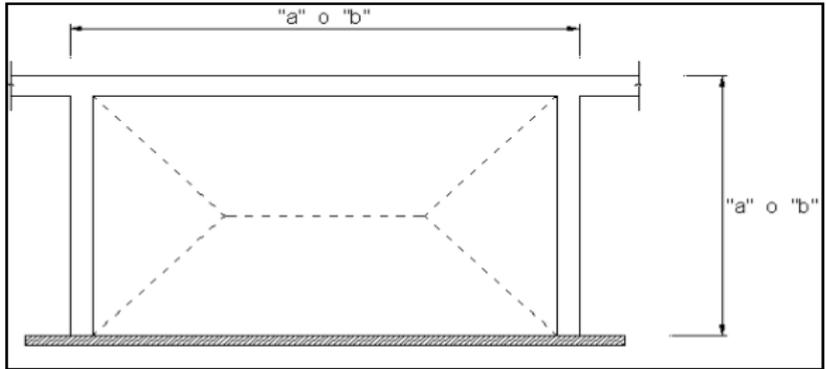
Los valores de los coeficientes de momentos “m” para cada valor de (b/a) son: (Norma E.030)

Para muros arriostrados en sus cuatro lados:

Tabla 11. *Coefficientes de momentos para muros arriostrados en sus cuatro lados*

a = Menor dimensión

b / a	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞
m	0.048	0.063	0.076	0.086	0.095	0.102	0.118	0.125

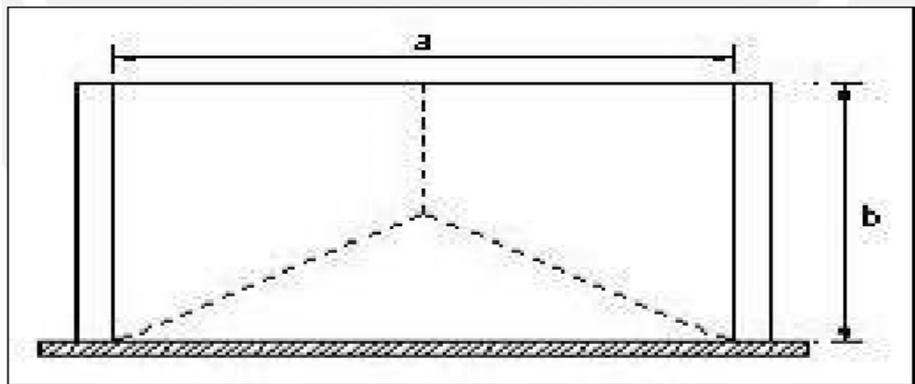


Para muros con tres bordes arriostrados

Tabla 12. *Coefficientes de momentos para muros con tres bordes arriostrados*

b = Muro con tres bordes arriostrados

b / a	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	∞
m	0.060	0.074	0.087	0.097	0.106	0.112	0.128	0.132	0.133



Para muros arriostrados en sus bordes horizontales

a: altura del muro, m: 0.125

Para muros en voladizo

a: altura del muro, m: 0.5

Al reemplazar la Ec. (2.11) en la Ec. (2.13) se tiene:

$$M_a = m * Z * U * C_1 * P * a^2 \quad \dots (2.14).$$

Para determinar el momento resistente tracción por flexión (M_r) del muro se sabe por resistencia de materiales que el esfuerzo de un elemento sometido a flexión es:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_r * c}{I} \dots (2.15).$$

Dónde: σ_{\max} : Esfuerzo por flexión ($\frac{KN}{m^2}$).

M_r : Momento resistente a tracción por flexión (KN-m).

c : Distancia del eje neutro a la fibra extrema (m).

I : Momento de inercia de superficie de la sección, paralela al eje neutro el momento (m^4).

El momento resistente a tracción por flexión se expresa:

$$M_r = \frac{f_t * I}{c} \dots (2.16).$$

Dónde: f_t : Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería ($100 \frac{KN}{m^2}$).

I : Momento de inercia de la sección del muro (m^4).

c : Distancia del eje neutro de la fibra extrema del muro (m).

Reemplazando el valor de (f_t) y desarrollando el momento de inercia para cada longitud de muro, se obtiene por cada metro de longitud el momento resistente y se expresa como:

$$M_r = 100 * \left(\frac{t^3}{12}\right) * \left(\frac{1}{\frac{t}{2}}\right)$$

$$M_a = \frac{100}{6} * t^2$$

$$M_r = 16.7 * t^2 \dots (2.17). \quad M_r \text{ expresado en } KN * \frac{m}{m}$$

Finalmente se compara el momento actuante (M_a) y el resistente (M_r), y se califican e la siguiente manera:

Si: $M_a \leq M_r <<>>$ El muro es estable.

Si: $M_a \leq M_r$ <<>> El muro es inestable, y fallará por volteo ante un sismo raro de 0.4 g.

Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica

Para determinar la vulnerabilidad sísmica se analizó la vulnerabilidad estructural y no estructural (Kuroiwa).

La vulnerabilidad estructural se considera en función de la densidad de muros en un 60%, ya que es calculada con datos reales obtenidos de la ficha, la calidad de mano de obra en un 30% debido que su evaluación es algo visual. La vulnerabilidad no estructural se estima en función de la estabilidad de muros al volteo en un 10% debido que solo se considera los muros no portantes como la tabiquería y parapetos (tabla 13).

Tabla 13. *Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica.*

Vulnerabilidad sísmica					
Estructural				No estructural	
Densidad	(60%)	Mano de obra	(30%)	Tabiquería y parapetos	(10%)
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

Los valores son llenados de acuerdo a la calificación que se muestra en la tabla 3, si la densidad es adecuada se calificará como 1, si es aceptable se calificará como 2 y si es inadecuada se calificará como 3, posteriormente será reemplazada en la Ecuación Ec. (2.18) y se determinará el valor numérico para luego determinar la vulnerabilidad sísmica.

Vulnerabilidad sísmica = $0.6 * \text{densidad de muros} + 0.3 * \text{mano de obra} + 0.1 * \text{estabilidad de muros}$... (2.18).

En la (tabla 14), se muestran los rangos numéricos para determinar si la vulnerabilidad sísmica es baja, media o alta.

Tabla 14. *Rango numérico para evaluar la vulnerabilidad sísmica*

Vulnerabilidad Sísmica	Rango		
Baja	1	a	1.4
Media	1.5	a	2.1
Alta	2.2	a	3

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

Parámetros para evaluar el peligro sísmico

El peligro sísmico se estima en función de la sismicidad en un 40%, ya que; se asume de acuerdo a los antecedentes de sismos ocurridos. El suelo en un 30% debido que su evaluación es algo visual. Topografía y pendiente en un 20% debido que se determina de manera visual.

Tabla 15. *Parámetros para evaluar el peligro sísmico*

Peligro sísmico					
Sismicidad (40%)		Suelo (40%)		Topografía y pediente (20%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

Peligro sísmico = $0.4 * \text{sismicidad} + 0.4 * \text{suelo} + 0.20 * \text{topografía y pendiente}$ (2.2).

En la (tabla 16), se muestran los rangos numéricos para calificar como vulnerabilidad sísmica baja, media y alta.

Tabla 16. *Rango numérico para la para evaluación del peligro sísmico*

Sismicidad	Peligro Sísmico	Rango		
Alta	Bajo	1.8		
	Medio	2	a	2.4
	Alto	2.6	a	3
Media	Bajo	1.4	a	1.6
	Medio	1.8	a	2.4
	Alto	2.6		
Bajo	Bajo	1	a	1.6
	Medio	1.8	a	2
	Alto	2.2		

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR EN VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

FICHA DE REPORTE

ANTECEDENTES:

Ubicación: AA.HH Andrés Avelino Cáceres MZ. C LT. 1
 Dirección técnica de diseño : Maestro de Obra
 Pisos construidos: 3 pisos
 Geografía y geología: Pendiente media, suelo intermedio (arena y roca)
 Estado de la vivienda: La vivienda presenta problemas de salitre en los muros.
 Fisuras en algunos de los muros portantes.
 Discontinuidad en elevación.
 Antigüedad de la vivienda: 22 años
 Pisos proyectados: 3 pisos
 Factor suelo: Intermedio S = 1.2
 Secuencia de construcción de la vivienda: La vivienda se construyó 1997 hasta el segundo nivel, y se terminó por construir el 2016 aproximadamente.

ASPECTOS TÉCNICOS:

ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA:

Elemento	Características
Cimiento (m)	Cimiento corrido de concreto ciclópeo tiene un ancho de 0.40m y una profundidad de 0.80m.
Muros (m)	Muros portantes con ladrillo King Kong 18 huecos 0.09mx0.13mx0.23m, algunos con ladrillos macizos y otros con pandereta de 0.09mx0.11mx0.22m.
Columnas (m)	De 0.25mx0.25m, algunas con refuerzo hasta 0.30mx0.30m.
Vigas (m)	Vigas de 0.20mx0.20m y vigas peraltadas de 0.20mx0.30m.
Techos (m)	Loz aligerada de 0.20 m de espesor para el primer y segundo nivel y de 0.17 m para el tercer nivel

DEFICIENCIAS DE LA ESTRUCTURA:

Problemas estructurales	Mano de Obra
Insuficiencia de junta sísmica	Junta sísmica no uniforme
Alfeizar no aislados de la estructura	Factores degradantes
Tabiquerías sin arriostres	Humedad en muros portantes
Muros portates con ladrillo pandereta	Muros agrietados
Espesor de junta sísmica no uniforme	Otros: Irregularidad en planta y elevación

ANÁLISIS POR SISMO RARO (Z=0.4g, U=1, C=2.5, R=3)

Z= 0.45 U= 1 C= 2.5 R= 3 S= 1.05

Fuerza permisible por corte(KN) = Ae (0.5 * v m * a + 0.23 * fa) α_r= 0.62 ; α_e= 0.97 Resistencia característica a corte (kPa): v m = 510

Área techada Piso 1 m2	Cortante Basal		Área de muros		Resultados		
	Peso acum kN/m2	V=ZUSCP/R kN	Requerida(Am) m2	Existente(Ae) m2	Densidad %	Ae/Ar adimensional	Estado
89.48	Análisis en el sentido "X"						
	1875	738.23	2.95	1.80	2%	0.61	INADECUADO
	Análisis en el sentido "Y"						
	1875	738.23	2.95	1.81	2%	0.61	INADECUADO

ANÁLISIS POR SISMO FRECUENTE (Z=0.2g)

Z= 0.2 U= 1 C= 2.5 R= 1 S= 1.2

Fuerza permisible por corte(KN)=Ae(0.5 * v m * a + 0.23 * fa) α_r= 0.62 ; α_e= 0.97 Resistencia característica a corte (kPa): v m = 510

Área techada Piso 1 m2	Cortante Basal		Área de muros		Resultados		
	Peso acum kN/m2	V=ZUSCP/R kN	Requerida(Am) m2	Existente(Ae) m2	Densidad %	Ae/Ar adimensional	Estado
89.48	Análisis en el sentido "X"						
	1875	1124.92	1.50	1.80	2%	1.20	ADECUADO
	Análisis en el sentido "Y"						
	1875	1124.92	1.50	1.81	2%	1.21	ADECUADO

ESTABILIDAD DE MUROS AL VOLTEO POR SISMO FRECUENTE (Z=0.4g)

Muro	Factores				Mom. Act.	Mom.res.	Resultado Ma:Mr	Muro	Factores				Mom. Act.	Mom.res.	Resultado Ma:Mr
	m	P	a	t	0.4 ClmPa2	16.7 t2			m	P	a	t	0.26 Pa2	16 t2	
	adim.	kN/m	m	m	KN-m/m	KN-m/m			adim.	KN/m	m	m	KN-m/m	KN-m/m	
M1	0.13	1.82	2.78	0.13	1.98	0.28	INESTABLE	M6	0.13	1.82	2.68	0.13	1.84	0.28	INESTABLE
M2	0.50	1.82	1.18	0.13	1.43	0.28	INESTABLE	M7	0.13	1.82	2.37	0.13	1.44	0.28	INESTABLE
M3	0.05	1.82	1.37	0.13	0.18	0.28	ESTABLE	M8	0.50	1.82	1.35	0.13	1.87	0.28	INESTABLE
M4	0.13	1.82	2.06	0.13	1.09	0.28	INESTABLE	M9	0.05	1.82	2.37	0.13	0.55	0.28	INESTABLE
M5	0.05	1.82	2.68	0.13	0.71	0.28	INESTABLE	M10	0.05	1.82	2.32	0.13	0.53	0.28	INESTABLE

FACTORES INFLUYENTES EN EL DIAGNÓSTICO

VULNERABILIDAD					PELIGRO SÍSMICO				
Densidad de Muros	Sismo		Estabilidad de Muros	Mano de Obra y materiales	Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente		
	Fr.	R							
Buena: Ae/Ar>=1.1	X		Todos estables	Buena calidad	Baja	Rígido	Plana		X
Regular: 0.8<Ae/Ar<1.1			Algunos inestables	Regular calidad	X	Media	X	Intermedio	X
Deficiente: Ae/Ar<0.8		X	Todos inestables	Mala calidad	Alta	Flexible	Pronunciada		

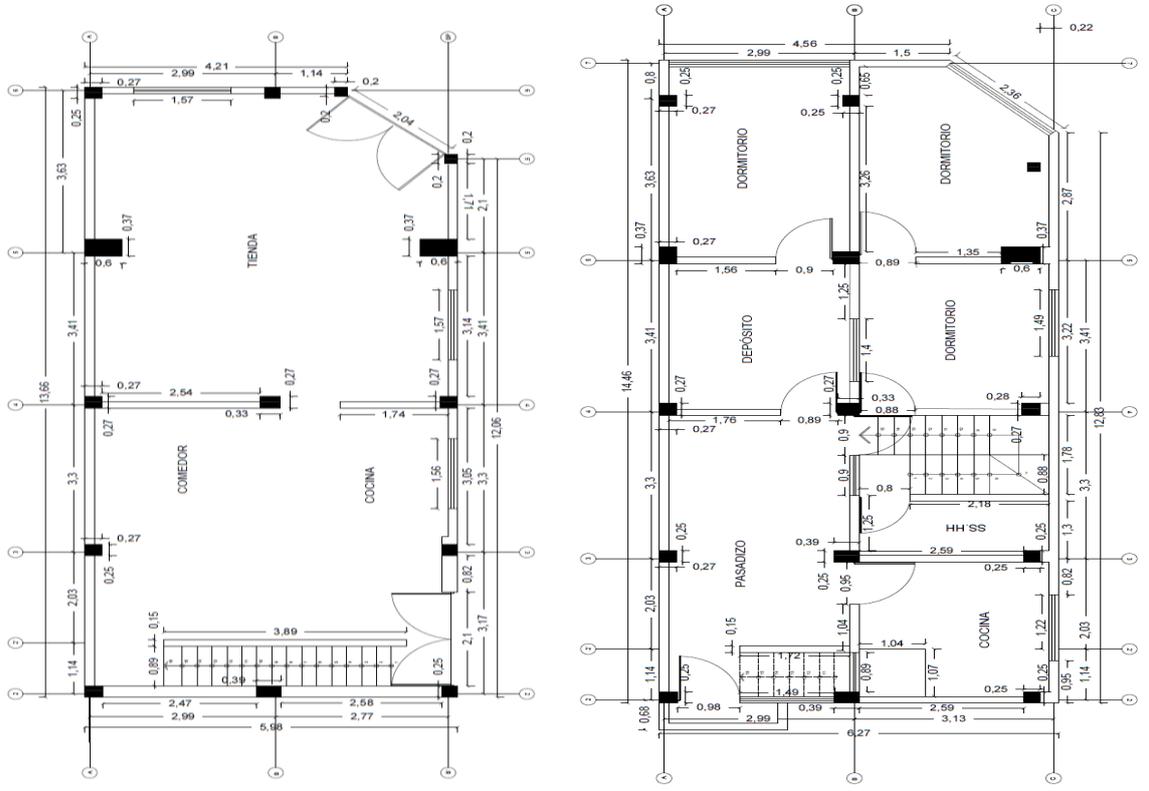
CALIFICACIÓN	
Vulnerabilidad	ALTA
Peligro sísmico	MEDIO

RESULTADO	
Riesgo sísmico	ALTO

DIAGNÓSTICO:

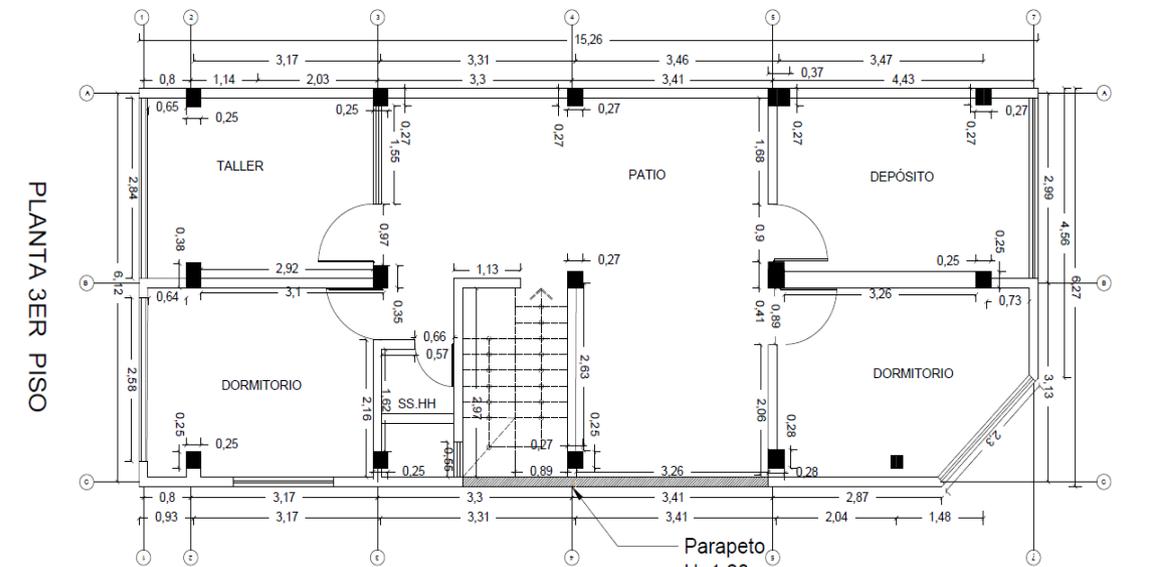
Sismo frecuente (0.2 g): La densidad de muros portantes en la dirección "X" y "Y" es adecuada.
 Sismo Raro (0.4 g): La densidad de muros portantes en la dirección "X" y "Y" es insuficiente y existen problemas de estabilidad al volteo en los muros de taquiería interior.

GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS:



PLANTA 1ER PISO

PLANTA 2DO PISO



PLANTA 3ER PISO

Parapeto
H=1.20 m

Fotografía

Se muestra la fachada de la vivienda evaluada, que consta de tres niveles, asimismo se muestra discontinuidad en elevación por ambos sentidos.

Muros portantes dañados diagonalmente.

Ladrillos pandereta utilizado para soportar cargas estructurales.

Muros portantes no continuos.

Se muestra los muros del segundo y segundo piso sin confinar.

Alfeizar no aislados



En la siguiente figura, se muestra la humedad en el muro portante que soporta carga estructural.



Muros interiores presentan fisuras muy representativas.

Muro que presenta grietas importantes



Figura 22. Ficha de reporte

2.5.2. Método para la evaluación profunda o detallada (rigidez lateral)

Para la evaluación más profunda y más exacta se determinará el peligro sísmico de la zona a estudiar, resistencia a compresión axial en pilas y resistencia a corte de muretes en la albañilería. Asimismo, la resistencia de compresión del concreto en columnas y vigas con esclerómetro, posteriormente se calculará la rigidez lateral y determinar la vulnerabilidad estructural de la vivienda con más precisión.

Cortante basal

Paso 6º: En esta etapa se determinará el factor de zona “Z” de acuerdo a la zonificación de la Norma E.030 diseño sismoresistente, los valores de “Z” están dadas en cuatro zonas sísmicas.

Paso 7º: Se determinará las condiciones geotécnicas, para este caso se realizará estudio de mecánica de suelos EMS, para determinar el perfil del suelo (S₀, S₁, S₂ o S₃) de la vivienda existente.

Paso 8º: Para el cálculo del factor suelo “S”, depende de la zona y el perfil del suelo. Para el cálculo del factor de amplificación sísmica “C”, depende del periodo y el perfil del suelo, el periodo fundamental de vibración denotada como “T” se calcula dividiendo la altura total de la edificación en (m) entre el coeficiente para estimar el periodo (C_T), el C_T para edificios de albañilería es 0.60.

Paso 9º: Para el cálculo del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”, se multiplicará el coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas “R₀”, el factor de irregularidad en altura I_a y el factor de irregularidad en planta “I_p”. El factor “I_a” e “I_p” dependerá de las irregularidades encontradas en la vivienda, según la Norma E.030.

Rigidez lateral

Paso 10º: Se realizará ensayos de pilas y muretes para calcular la resistencia a la compresión axial (f_m) y resistencia a la compresión a corte (v_m) respetivamente. Asimismo, se realizará ensayo de compresión del concreto (f_c) con esclerómetro para calcular la resistencia del concreto.

Paso 11º: Con los datos obtenidos anteriormente y con el uso del software Etabs Vs 16, se determinará la rigidez del muro de albañilería y por ende se conocerá si la vivienda se encuentra en una vulnerabilidad alta.

2.5.3. Análisis dinámico para el reforzamiento estructural

Paso 12°: Mediante el software Etabs Vs 16, se verificará el drift o distorsión de entrepiso y los esfuerzos internos que actúan en la estructura, si este valor no cumple con el valor máximo de distorsión conforme establece el RNE E.030, entonces se realizará el reforzamiento utilizando la técnica de malla de acero corrugado.

Paso 13°: Se realizará el modelamiento con Etabs y el respectivo análisis de los resultados, posteriormente se verificará nuevamente el drift o distorsión de entrepiso y los esfuerzos internos que actúan en la estructura para presentar un nuevo diseño de muros con la técnica de malla de acero corrugado.

2.6. Método de selección para la extracción de muestras

2.6.1. Muestras de pilas y muretes de albañilería

Método para determinar $f'm$ y $v'm$

“La resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) y a corte ($v'm$) se realizará mediante ensayos de prisma y de acuerdo a la importancia de la edificación y la zona sísmica donde se encuentre” (Norma E.070). Según se indica en la (tabla 17).

Tabla 17. Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona sísmica			Zona sísmica			Zona sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$(f'm)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(v'm)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: E.070, albañilería

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.605 y 399.621.

La vivienda analizada consta de tres pisos y se encuentra en la zona sísmica 4. Por lo tanto, en ($f'm$) y ($V'm$) serán determinadas por ensayos de compresión como menciona en el punto B.

Ubicación de la muestra

La ubicación de la muestra fue seleccionada debido a los siguientes puntos:

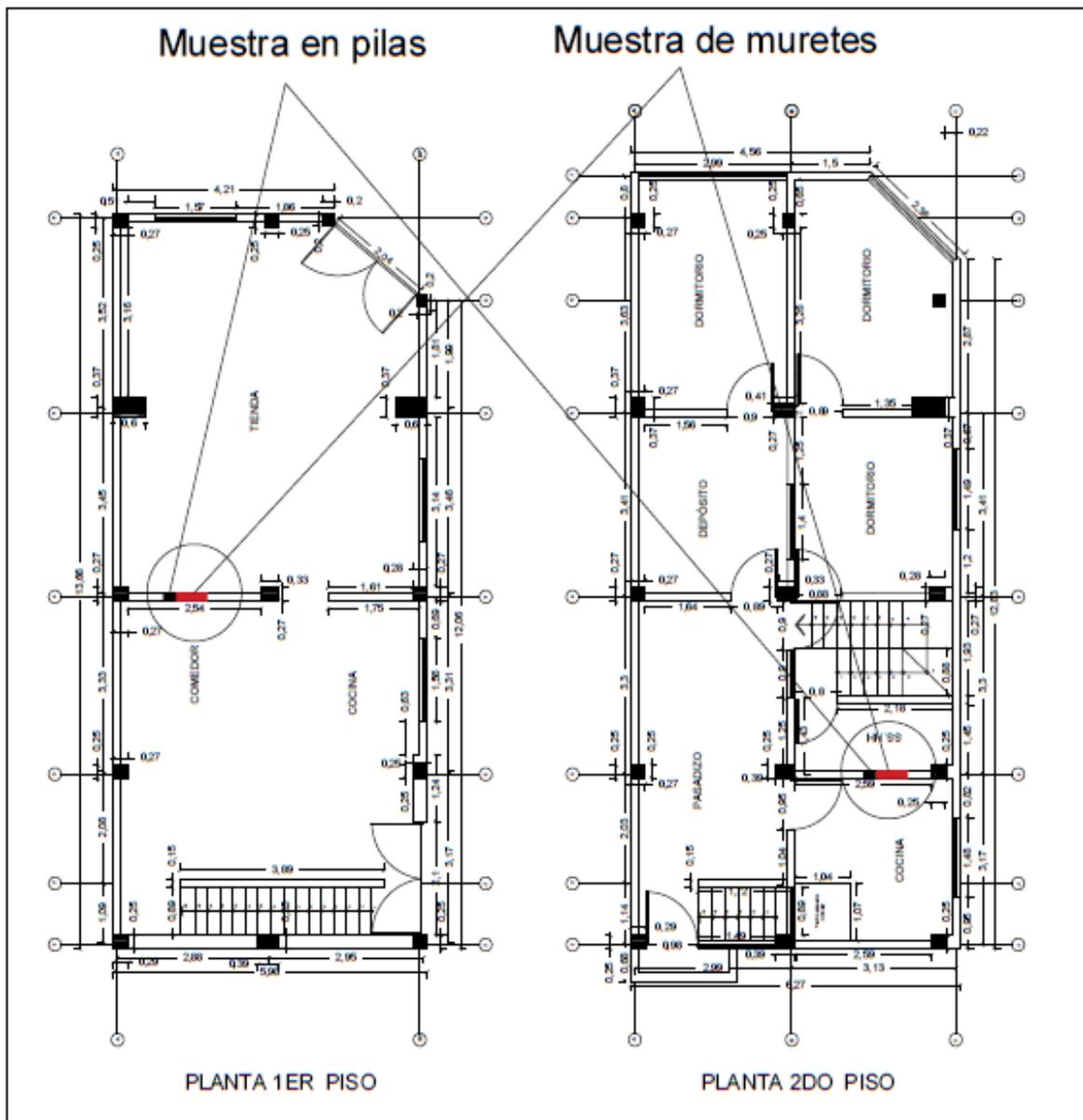


Figura 23. Ubicación de la extracción de muestras de pilas y muretes

- El muro debe ser portante, que sea capaz de soportar cargas verticales.
- Debido a la accesibilidad para extraer la muestra, se eligió muros portantes internos.
- A pesar que, en la edificación existen muros portantes construidos con dos tipos de ladrillos, King Kong de 18 huecos y ladrillos macizos, se optó por extraer 2 muestras del murete y 2 muestras en pilas construidos con ladrillos macizos y promediar la resistencia de estas, excepto del muro construido con ladrillo King Kong de 18 huecos debido a la denegación por parte del propietario.

- Se extrajeron dos muestras para el ensayo de compresión axial de pilas ($f'm$) y dos muestras para el ensayo de compresión diagonal de muretes ($V'm$) para promediar cada una de ellas y economizar el estudio. Sin embargo, la adherencia entre el mortero y la unidad de albañilería no fue suficiente y terminó por desunirse el murete de 0.60 x 0.60m en unidades sueltas, siendo utilizado para ensayo de compresión por unidades de albañilería (5 und).

Características de la muestra

Según la NTP 399.613, los prismas de albañilería representen las condiciones reales con la que cuenta la edificación existente. Para la extracción y transporte adecuado de los prismas, las dimensiones de la muestra serán mínimas para ser manejadas. Para el ensayo en pilas se recomienda que la altura del prisma sea mínimo tres hiladas y el ancho de un ladrillo puesta en soga. Por otro lado, para ensayos de muretes, se recomienda que las dimensiones del murete cuadrado sean de 60 cm * 60 cm en sus lados como mínimo para alcanzar un resultado que sea representativo.

Transporte de la muestra

La muestra es transportada hacia el Laboratorio N°1 de Ensayos de Materiales, en la Universidad Nacional de Ingeniería para ser ensayada a compresión axial y a corte, evitando que sean muy manipuladas durante su traslado.



Figura 24. Transporte de la muestra hacia el laboratorio

Ensayo en laboratorio

“Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor a 10°C durante 28 días, asimismo podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor a 14 días” (Norma E.070). En este caso se obtendrá aumentando por los factores mostrados en la (tabla 18).

Tabla 18. *Incremento de $f'm$ y $v'm$ por edad*

INCREMENTO DE $f'm$ Y $v'm$ POR EDAD			
EDAD		14 DÍAS	21 DÍAS
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1.10	1.00

Fuente: E.070, albañilería

El párrafo anterior hace referencia a ensayos de muestras que se realizarán en futuro como, menciona la norma E.070 albañilería, actualizada. Para esta investigación, el murete ha sido extraído de la vivienda existente por lo cual ha sido ensayada el mismo día de su extracción. Por otro lado, para la muestra en pilas se ha reconstruido el mortero para obtener tres hiladas de unidades de albañilería y ser ensayada a los 14 días de edad.



Figura 25. Ensayo de compresión diagonal en muretes

2.6.2. Selección de muestras de ensayos de diamantina y esclerometría

Método para determinar el f'_c del hormigón en columnas

El método que se persiguió para la presente investigación fue, realizar ensayos de esclerometría para determinar la resistencia del hormigón a bajo costo y el ensayo de diamantina para aumentar la confiabilidad en la determinación de la resistencia en columnas.

Una vez seleccionada el elemento, se realizó la extracción de una muestra para el ensayo de diamantina y realizó el ensayo con esclerometría de cuatro columnas de la vivienda.

Ubicación de la muestra

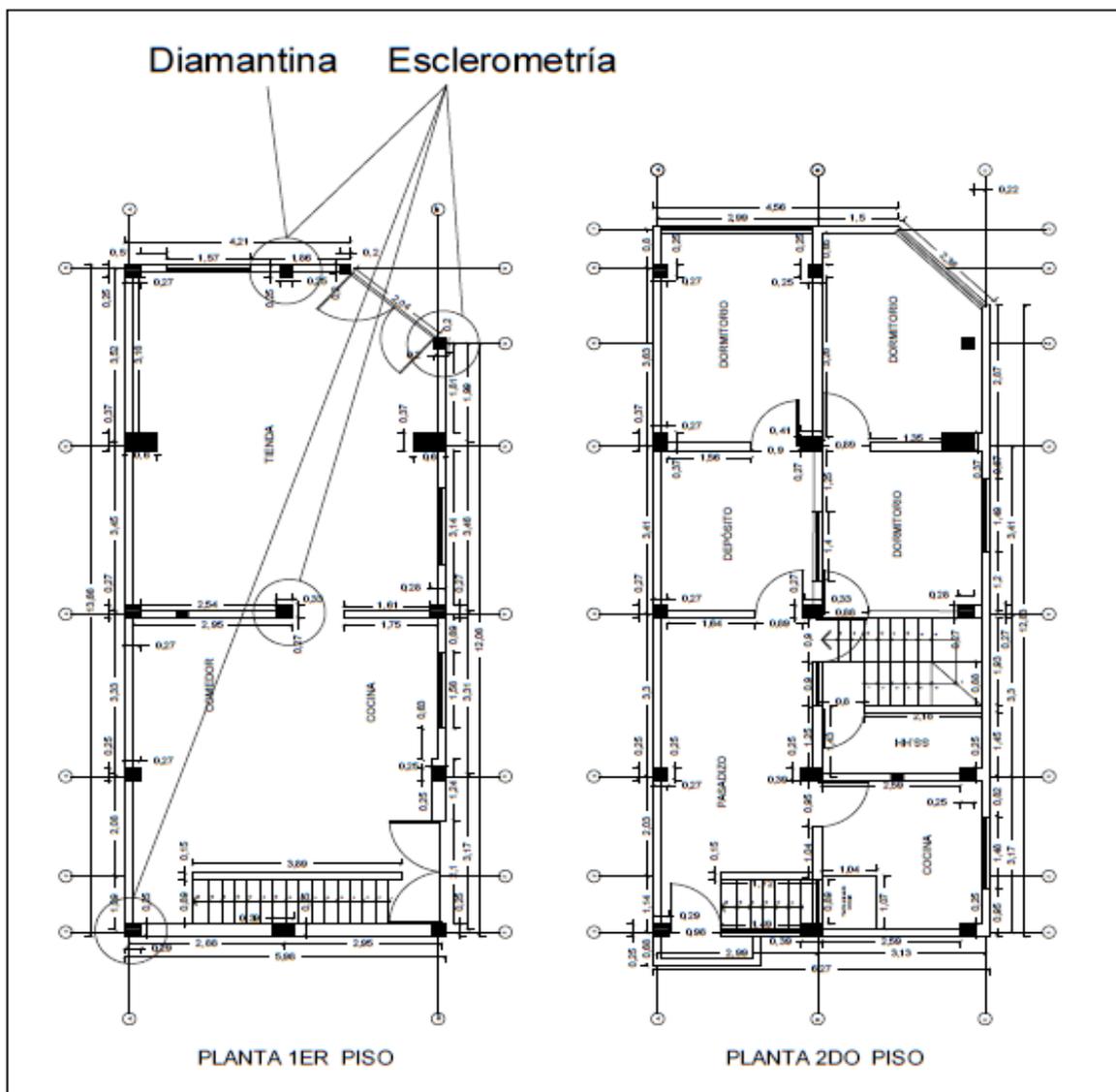


Figura 26. Ubicación para la extracción de muestras de ensayos por esclerometría y diamantina

La ubicación de la muestra fue seleccionada debido a los siguientes puntos:

- La columna debe ser continua, del primer hasta el tercer piso.
- Columnas ubicadas en el perímetro, centro y esquinas de la vivienda.
- Debido a la denegación por parte del propietario, se extrajo la muestra de los muros seleccionados.

Transporte de la muestra

La muestra será transportada hacia el laboratorio para ser ensayada, evitando que sean muy manipuladas durante su traslado.

Procedimiento del ensayo por diamantina

La extracción del espécimen de concreto endurecido a través del Ensayo de diamantina se realiza de acuerdo al ASTM C- 39/C M-04 a.

- **Preparación de la superficie:** Se fijó el equipo perpendicular a la superficie del elemento.



Figura 27. Preparación de la superficie para la extracción de muestra

- **Proceso de la extracción:** Se realizó una extracción de concreto endurecido por medio de una sonda rotatorio de forma perpendicular. El testigo extraído cuenta con una altura de 11cm y 7 cm de diámetro.



Figura 28. Proceso de extracción de la muestra

- **Desarrollo del ensayo:** Esquema del procedimiento que se persiguió para el ensayo de diamantina

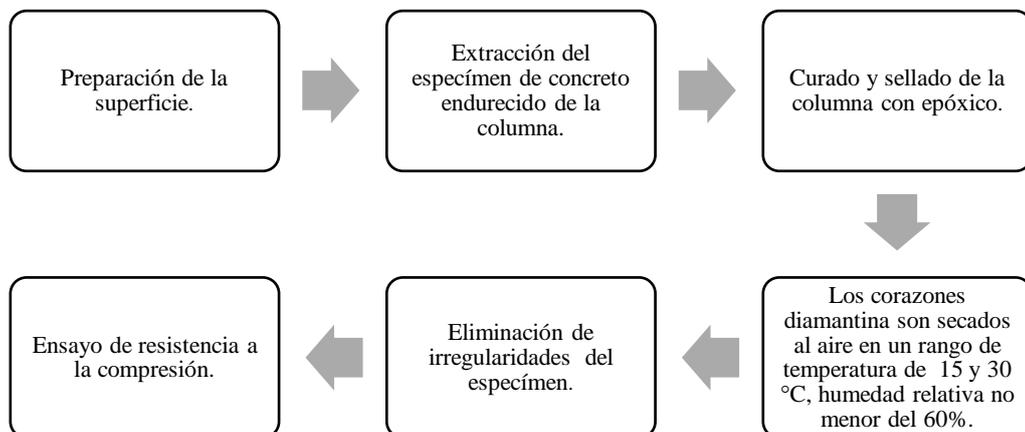


Figura 29. Esquema del ensayo de diamantina

Procedimiento del ensayo por esclerometría

El siguiente ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.181: 2013, persiguiendo el siguiente procedimiento:

- **Preparación de la superficie:** Antes de realizarse el ensayo, se eliminó la superficie defectuosa del elemento que puede afectar el índice de rebote y a la vez se efectuó el pulido superficial en la zona hasta 5mm.

- **Desarrollo del ensayo:** Asimismo se resume como se desarrolló el ensayo.

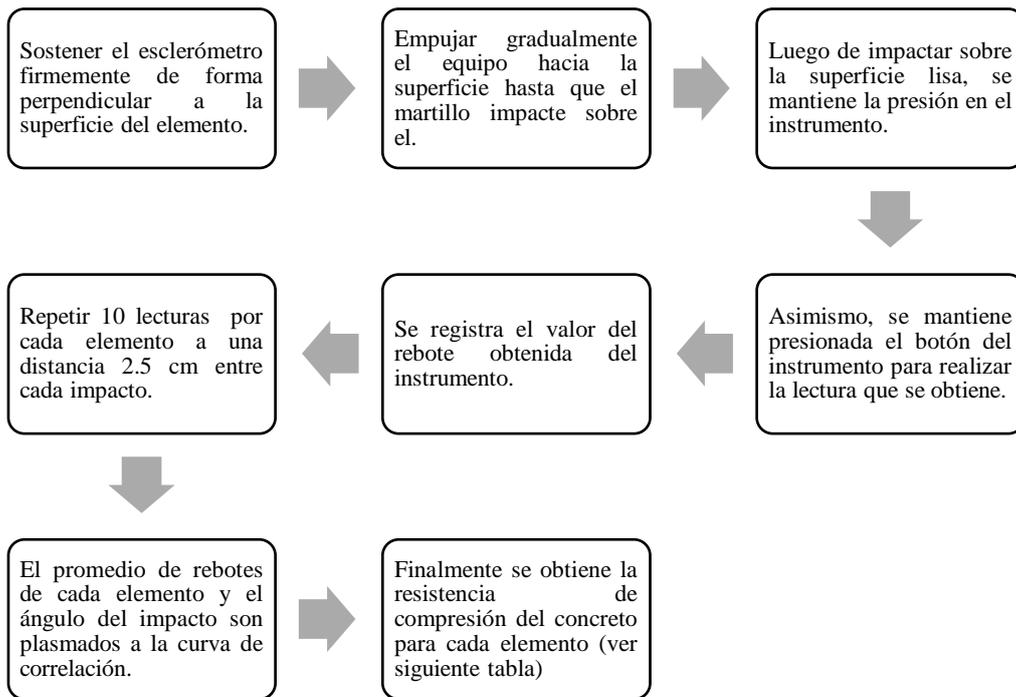


Figura 30. Esquema del ensayo de diamantina

Generalmente los ensayos realizados en columnas se realizan perpendicularmente a la superficie del elemento, es por ello que se utilizó un ángulo de 0° para empujar el equipo y obtener el valor del rebote. En caso del ángulo -90° es utilizado para ensayos que estén por debajo de la superficie estas pueden ser zapatas y ángulo $+90^\circ$ es adecuado para elementos estructurales como vigas etc. (figura 31).

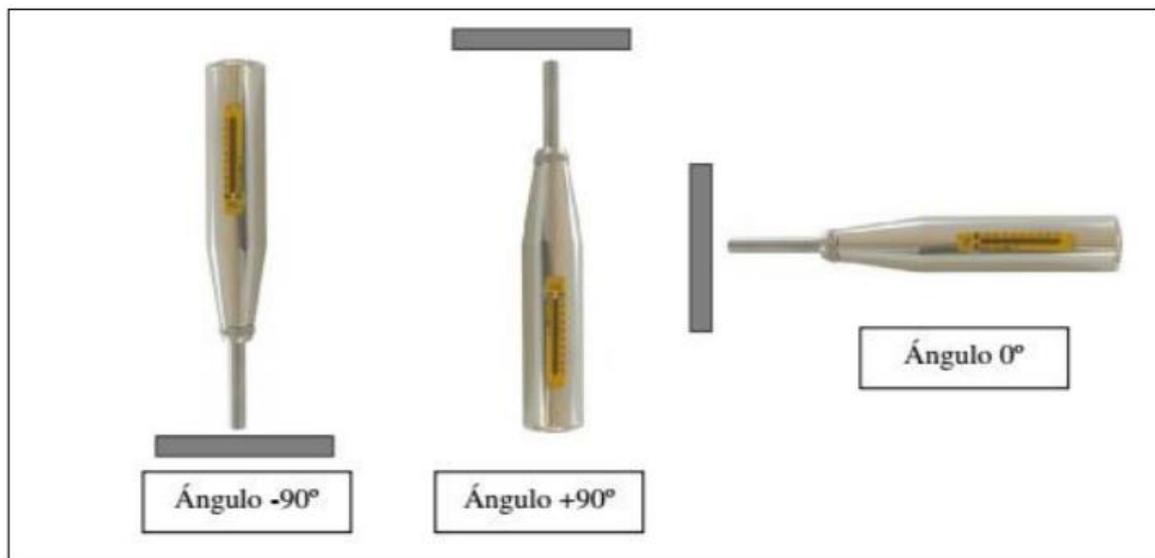


Figura 31. Posición y ángulo de impacto del esclerómetro

Tabla 19. Correlación del rebote promedio vs resistencia a la compresión del equipo utilizado

		ÁNGULO DE IMPACTO α						
REBOTE PROMEDIO R	R	$\alpha -90^\circ$	$\alpha -45^\circ$	0°	$\alpha +45^\circ$	$\alpha +90^\circ$	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/m ²)	
	20	125	115					
	21	135	125					
	22	145	135	110				
	23	160	145	120				
	24	170	160	130				
	25	180	170	140	100			
	26	198	185	158	115			
	27	210	200	165	130	105		
	28	220	210	180	140	120		
	29	238	220	190	150	138		
	30	250	238	210	170	145		
	31	260	250	220	180	160		
	32	280	265	238	190	170		
	33	290	280	250	210	190		
	34	310	290	260	220	200		
	35	320	310	280	238	218		
	36	340	320	290	250	230		
	37	350	340	310	265	245		
	38	370	350	320	280	260		
	39	380	370	340	300	280		
	40	400	380	350	310	295		
	41	410	400	370	330	310		
	42	425	415	380	345	325		
	43	440	430	400	360	340		
	44	460	450	420	380	360		
	45	470	460	430	395	375		
	46	490	480	450	410	390		
	47	500	495	465	430	410		
	48	520	510	480	445	430		
	49	540	525	500	460	445		
	50	550	540	515	480	460		
	51	570	560	530	500	480		
52	580	570	550	515	500			
53	600	590	565	530	520			
54	Over 600	Over 600	580	550	530			
55	Over 600	Over 600	600	570	550			

Fuente: Manual del usuario

2.6.3. Selección de muestra para el estudio del suelo

Método para determinar el tipo de suelo

Se realizó calicatas para descubrir el tipo de suelo en la cual se encuentra construida la vivienda analizada. El método que se utilizó para calcular la resistencia al corte es el método de corte directo. Asimismo, se usó la ecuación creada por Terzaghi.

Ubicación de la muestra

La ubicación de la muestra fue seleccionada debido a los siguientes puntos:

- La excavación no debe interrumpir el pase de las conexiones sanitarias.
- La excavación no debe interrumpir áreas que han sido utilizados o están siendo utilizados para otra función.
- La excavación debe ser más cercana posible a la vivienda analizada.

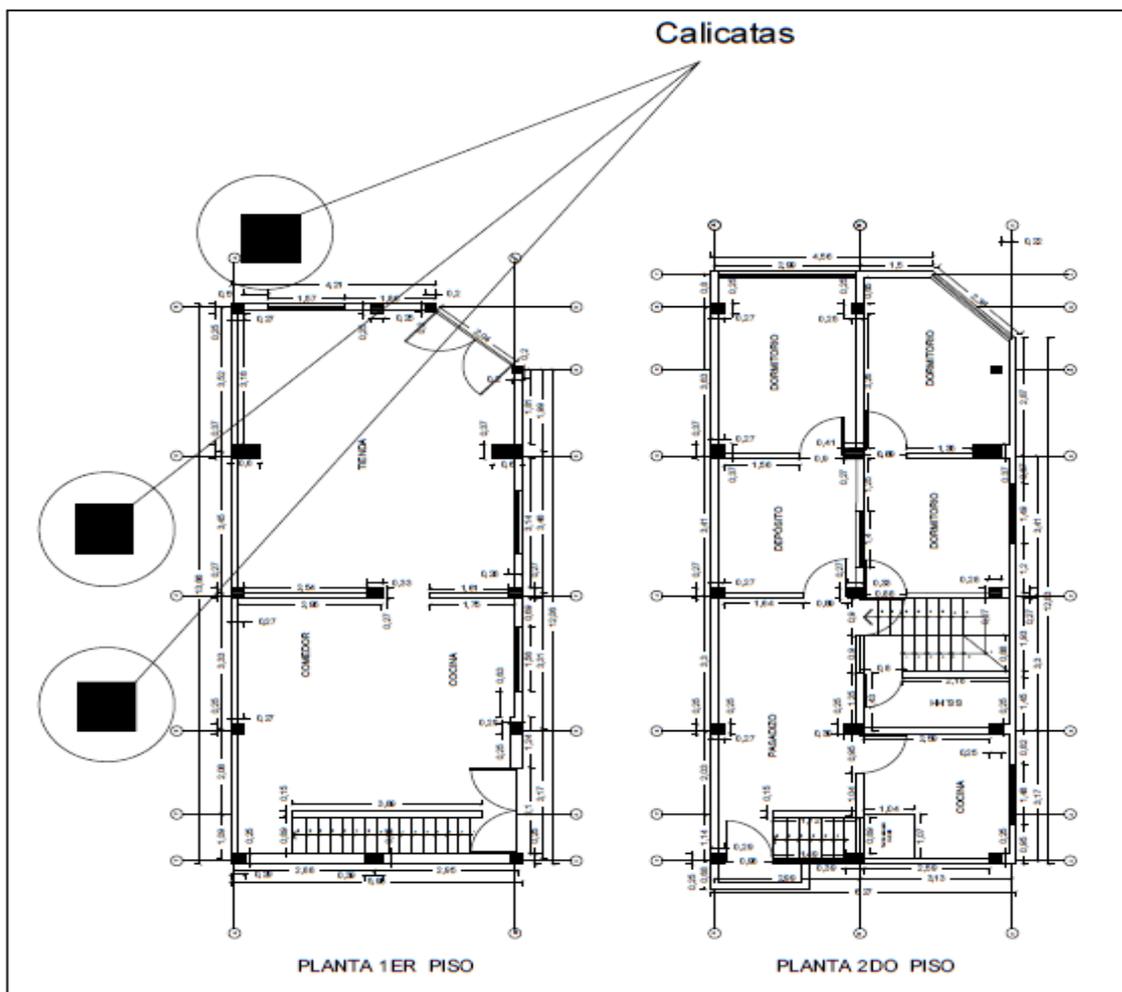


Figura 32. Ubicación para la extracción de la muestra del suelo

Características de la muestra

Para este presente estudio, las tres muestras presentan similitud en su estratigrafía, es por ello que se opta realizar un solo ensayo de corte directo para determinar la resistencia a corte (Su).

2.7. Aspectos éticos

El investigador está totalmente comprometido en respetar la veracidad de la información obtenida, opinión y crítica de los juicios de expertos, sin provocar cambios que condicionen respuestas del investigador y mostrar un contenido erróneo. Existe la confiabilidad de los datos del resultado de la evaluación, la identidad del empleador que participarán en el presente estudio.

Asimismo, la información plasmada en la presente investigación es debidamente referenciada y confiable.

III. RESULTADOS

3.1. Ubicación geográfica

La vivienda evaluada se encuentra ubicada en el AA. HH Andrés Avelino Cáceres MZ. C LT. 1 en el distrito de Ate.

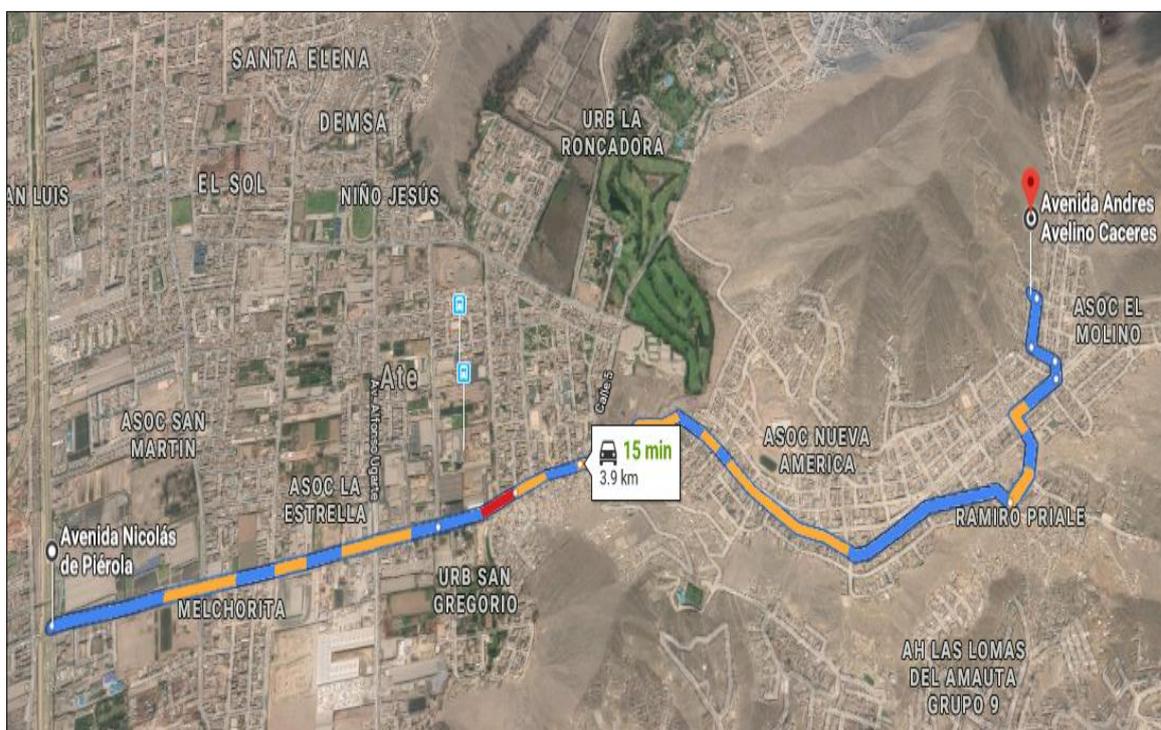


Figura 33. Ubicación geográfica de la vivienda

3.2. Evaluación preliminar de la vulnerabilidad estructural

3.2.1. Evaluación por densidad de muros

Cálculo del peso de la estructura

El peso metrado de la estructura por m^2 (γ) se calcula sumando la carga muerta más la carga viva de la estructura según el RNE E.020, cargas.

Carga muerta: Peso propio: $P_p = 300 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Peso acabados: $SD = 100 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Peso de tabiques: $TAB = 120 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Carga viva: $CV = 250 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$

Peso total de la estructura por m^2 (γ): $\gamma = 8 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

El peso de la estructura (P) está en función del área techada (A_t) y el peso metrado por m^2 (γ) (Arango, 2002) (Ec. 2.3.). Asimismo, se determinó el área techada de cada piso de la vivienda y se determinó los siguientes valores:

Primer nivel: $A_t: 89.481 \text{ m}^2$

Segundo nivel: $A_t: 88.931 \text{ m}^2$

Tercer nivel: $A_t: 55.947 \text{ m}^2$

Total, área techada: $A_{tt} = 234.36 \text{ m}^2$

$$P = A_{tt} * \gamma \dots (2.3).$$

$$P = 234.36 * 8 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$P = 1875 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Para calcular la cortante basal (V), se utilizará los parámetros del sitio (“Z”, “S” y “C”), parámetros estructurales (“U”, “R” y la configuración estructural) del RNE E.030, diseño sísmoresistente. Los siguientes factores fueron calculados en el método de análisis de datos.

Dónde: Factor de zona, Z: 0.45 (Para zona 4)

Factor de uso, U: 1 (para viviendas)

Factor de suelo, S2: 1.05 (para suelo intermedio)

Factor de amplificación sísmica, C: 2.5

Factor de reducción por ductilidad, R: 3

Peso de la estructura, P: $1875 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

“La fuerza cortante basal (V) producida por los sismos será aplicado a una estructura en una dirección especificada y se determina de la siguiente manera:” (Norma E.030, diseño sísmoresistente).

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} * P \quad \dots (2.2).$$

$$V = \frac{0.45 * 1 * 1.05 * 2.5}{3} * 1875$$

$$V = 738.28 \text{ KN}$$

Cálculo del área mínima requerida (A_m)

La condición más favorable para que las viviendas no colapsen, se da cuando la fuerza resistente es mayor a la fuerza actuante (en la estructura). Por ello se procese a calcular el área mínima requerida con la siguiente ecuación.

En “X” y “Y”:

$$A_m = \frac{Z * S * Att * 8}{300} \quad \dots (2.7).$$

$$A_m = \frac{0.45 * 1.05 * 234.36 * 8}{300}$$

$$A_m = 2.95 \text{ m}^2$$

Cálculo del área existente (A_e)

El área total existente para el eje “X” (columna 5), es el resultado de la multiplicación de la cantidad de muros (und), longitud de los muros (m) (muros portantes mayores a 1.20 m, según RNE) y el espesor del muro (m) (muros en soga o cabeza) (Ver tabla 20).

Tabla 20. *Análisis del área mínima existente de muros en “X”*

EJE	CANTIDAD (und)	LONGITUD (m)	ESPESOR (m)	ÁREA TOTAL (L*t)
2	1	2.47	0.13	0.32
2	1	2.58	0.13	0.34
4	1	1.61	0.13	0.21
4	1	2.54	0.13	0.33
TOTAL				1.20

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, el área total existente para el eje “Y” (columna 5), es el resultado de la multiplicación de la cantidad de muros (und), longitud de los muros (m) (muros portantes mayores a 1.20 m, según RNE) y el espesor del muro (m) (muros en soga o cabeza) (Ver tabla 21).

Tabla 21. *Análisis del área existente de muros en “Y”*

EJE	CANTIDAD (und)	LONGITUD (m)	ESPESOR (m)	ÁREA TOTAL (L*t)
C	1	1.70	0.13	0.22
A	1	2.90	0.13	0.38
A	1	3.05	0.13	0.40
A	2	3.14	0.13	0.82
TOTAL				1.81

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior (tabla 21 y 22), tanto para el eje “X” y “Y” se obtiene el área existente total en m².

En “X” $\langle \rangle \langle \rangle Ae = 1.20 \text{ m}^2$

En “Y” $\langle \rangle \langle \rangle Ae = 1.81 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad Am = 2.95 \text{ m}^2$

Relación Ae/Am

Si: $Ae/Am \leq 0.80 \langle \rangle \langle \rangle$ La vivienda tiene inadecuada densidad de muros.

Si: $Ae/Am \geq 1.1 \langle \rangle \langle \rangle$ La vivienda tiene adecuada densidad de muros.

Si: $0.8 < Ae/Am < 1.1 \langle \rangle \langle \rangle$ Se necesita calcular con mayor detalle la suma de fuerza cortantes resistentes de los muros de la vivienda (ΣVR) y cortante actuante (V).

En “X” $\langle \rangle \langle \rangle 1.20 \text{ m}^2 / 2.95 \text{ m}^2 = 0.41$, es menor que 0.80 $\langle \rangle \langle \rangle$ la vivienda tiene inadecuada densidad de muros para un sismo raro de 0.4 g.

En "Y" $\langle \rangle 1.81 \text{ m}^2 / 2.95 \text{ m}^2 = 0.61$, es menor que 0.80 $\langle \rangle$ la vivienda tiene inadecuada densidad de muros para un sismo raro de 0.4 g.

Cálculo de la estabilidad de muros al volteo

Predimensionamiento de muros no portantes

Se procedió a metrar los muros portantes de cada piso de la vivienda considerando que el ancho del paño supere a 1.20m. Luego de haber metrado los muros de la vivienda, se analizó solo los muros con mayores dimensiones en sus lados.

La (tabla 22 y 23) muestra los valores de (a) que viene ser el lado menor del paño del muro y (b) el lado mayor, esto de acuerdo a las características del muro. Asimismo, se calcula el coeficiente de momento (m) (según tabla 11 y tabla 12). Para este método preliminar se eligió diez paños con coeficientes de momentos más resaltantes.

Tabla 22. *Coeficiente de momentos para el primer y segundo piso*

En "X"	a	b	m	En "Y"	a	b	m
eje 2	2.78	3.89	0.13	eje A'	1.04	2.68	0.12
	1.18	2.02	0.50		1.20	2.68	0.05
	1.18	1.68	0.50		1.20	2.68	0.10
eje 1'	2.59	2.68	0.05		2.68	3.26	0.13
	2.18	2.68	0.13		0.65	2.68	0.13
eje 3'	1.64	2.68	0.10		0.93	1.18	0.50
	1.56	2.68	0.10		0.90	1.04	0.50
eje 4	1.15	2.98	0.50		1.04	1.40	0.50
	1.57	2.68	0.13				
	1.15	2.36	0.50				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. *Coeficiente de momentos para el tercer piso*

En "X"	a	b	m	En "Y"	a	b	m
eje 1'	1.62	2.37	0.11	eje A'	2.37	2.92	0.1
	1.48	1.67	0.50		2.32	2.37	0.1
	2.37	2.97	0.13		1.13	2.37	0.1
eje 3'	1.64	2.37	0.05				
	1.68	2.37	0.05				
eje 4'	1.35	2.99	0.50				
	1.57	2.37	0.05				
	1.35	2.36	0.50				

Fuente: Elaboración propia

Peso del muro por unidad de área del plano

Se procede a calcular el peso de los muros no portantes por una unidad de área, según la ecuación (2.12). Para este caso el espesor del muro es 0.13m, ya que se encuentra asentado en soga y el peso específico del muro es $14 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$, debido que se utilizó ladrillos pandereta para su construcción.

Dónde: γ_m : Peso específico del muro (γ_m)

$$\text{Para muro de ladrillo macizo } \gamma_m: 18 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Para muro de ladrillo pandereta } \gamma_m: 14 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

t: Espesor del muro (m)

$$\text{Soga: } 0.13\text{m}$$

$$\text{Cabeza: } 0.25\text{m}$$

$$P = \gamma_m * t \dots (2.12).$$

$$P = 14 * 0.13$$

$$P = 1.82 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Carga sísmica perpendicular

Para el cálculo de la carga del sismo perpendicular al plano del muro, se calcula con la siguiente expresión (2.11) según (MTC, 2003).

$$V = Z * U * C1 * P \dots (2.11).$$

$$V = 0.45 * 1 * 2.5 * 1.82$$

$$V = 2.05 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Momento actuante (M_a)

La ecuación (2.13) nos ayudará a calcular el momento actuante perpendicular al muro según (San Bartolomé, 1998), donde “m” la calculamos de acuerdo a las dimensiones del muro en soga para este caso, y “a” es la dimensión menor del paño del muro.

$$Ma = m * V * a^2 \quad \dots (2.13).$$

$$Ma = 0.13 * 2.05 * (2.78)^2$$

$$Ma = 1.98 \frac{\text{KN} * \text{m}}{\text{m}}$$

Momento resistente (*Mr*)

Con la siguiente ecuación (2.17) se podrá calcular el momento resistente.

$$Mr = 16.7 * t^2 \quad \dots (2.17).$$

$$Mr = 16.7 * (0.13)^2$$

$$Mr = 0.28 \frac{\text{KN} * \text{m}}{\text{m}}$$

Relación *Ma/Mr*

Si: $Ma \leq Mr$ <<>> El muro es estable.

Si: $Ma > Mr$ <<>> El muro es inestable, fallará por volteo ante un sismo raro de 0.4g.

Para el primer caso, $1.98 \text{ m}^2 > 0.28 \text{ m}^2$ <<>> $Ma > Mr$ <<>> El muro es inestable para un sismo raro de 0.4 g.

Para el segundo caso, $1.43 \text{ m}^2 > 0.28 \text{ m}^2$ <<>> $Ma > Mr$ <<>> El muro es inestable para un sismo raro de 0.4 g.

Para el tercer caso, $0.18 \text{ m}^2 < 0.28 \text{ m}^2$ <<>> $Ma < Mr$ <<>> El muro es estable para un sismo raro de 0.4 g.

Cálculo de la vulnerabilidad

Para cada parámetro de la vulnerabilidad, se le calificó con valores del uno al tres esto de acuerdo al cálculo de la densidad de muros, donde se obtuvo una densidad inadecuada para sismos de 0.4g, por ello se califica como 3. Para el caso de la calidad de mano de obra y materiales se asume que es de regular calidad debido a que se encontraron deficiencias en la estructura, se califica como 2. Asimismo, para el caso de tabiquería y parapetos se le califica como 2 (ver tabla 24).

Tabla 24. *Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica*

Vulnerabilidad sísmica					
Estructural			No Estructural		
Densidad (60%)		Mano de obra y materiales (30%)		Tabiquería y parapetos (10%)	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos inestables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

Vulnerabilidad sísmica = $0.6 * \text{densidad de muros} + 0.3 * \text{mano de obra} + 0.1 * \text{estabilidad de muros}$... (2.19).

Vulnerabilidad sísmica = $(0.6 * 3) + (0.30 * 2) + (0.10 * 2)$

Vulnerabilidad sísmica = 2.60

Tabla 25. *Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica*

Vulnerabilidad sísmica	Rango		
Baja	1	a	1.4
Media	1.5	a	2.1
Alta	2.2	a	3

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

Reemplazando cada parámetro, la vulnerabilidad sísmica es igual a 2.60, mostrándose en un rango de 2.2 a 3, es decir; la vivienda se encuentra con vulnerabilidad sísmica alta frente a un evento sísmico de 0.4 g.

Cálculo del peligro sísmico

Para cada parámetro del peligro sísmico, se le calificó con valores del uno al tres, esto de acuerdo a la sismicidad que se asume de manera visual y se le califica como 2. Para el caso del suelo se asume un suelo intermedio, se califica como 2. Por último, para topografía y pendiente se le califica como 1 debido que la vivienda está ubicada en un territorio plano (tabla 26).

Tabla 26. *Parámetros para evaluar el peligro sísmico*

Peligro sísmico					
Sismicidad (40%)		Suelo (40%)		Topografía y pendiente (20%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

Peligro sísmico = $0.4 * \text{sismicidad} + 0.4 * \text{suelo} + 0.20 * \text{topografía y pendiente}$ (2.20).

Peligro sísmico = $(0.4 * 2) + (0.40 * 2) + (0.20 * 1)$

Peligro sísmico = 1.80

Tabla 27. *Rango numérico para la para evaluación del peligro sísmico*

Sismicidad	Peligro Sísmico	Rango		
Alta	Bajo	1.8		
	Medio	2	a	2.4
	Alto	2.6	a	3
Media	Bajo	1.4	a	1.6
	Medio	1.8	a	2.4
	Alto	2.6		
Bajo	Bajo	1	a	1.6
	Medio	1.8	a	2
	Alto	2.2		

Fuente: Mosqueira, Miguel y Tarque, Sabino. (2005)

Reemplazando cada parámetro, para una sismicidad media y el peligro sísmico igual a 1.80, mostrándose en un rango de 1.8 a 2.4, se deduce que; existe un peligro sísmico medio frente a un evento sísmico de 0.4 g.

3.3. Evaluación detallada o profunda (rigidez lateral)

3.3.1. Análisis sísmico sin refuerzo

La meta de esta evaluación es decretar la vulnerabilidad estructural a partir del parámetro rigidez lateral, los muros de albañilería confinada aportan rigidez a toda la estructura. Para ello construiremos un modelo matemático tridimensional del sistema y el análisis dinámico espectral correspondiente. Para este análisis se usa procedimientos dinámicos de combinación espectral para considerar teóricamente las propiedades de la estructura.

3.3.2. Consideraciones sísmicas

Los fundamentos acogidas para realizar el análisis dinámico de la edificación son consideradas mediante movimientos de superposición espectral, quiere decir, basado en el uso de periodos de vibración que podrán hallar mediante el análisis que considere adecuadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

3.3.3. Factores que influyen en el modelo numérico

Ensayo de mecánica de suelos (EMS)

Se extrajo una muestra de cada calicata para desarrollar el ensayo de mecánica de suelos con la finalidad de obtener la clasificación de suelos, identificar el tipo de suelo y obtener la capacidad portante de la misma.

Debido que las muestras de las tres calicatas que fueron extraídas de un lugar cercano como muestra la (figura 32), es por ello el tipo de suelo resultó ser lo mismo para los tres puntos según el ensayo de granulometría, a criterio del investigador se realizará el ensayo de corte directo solo de la muestra M-2.

Calicata N°2

Ubicación : Mz “C” Lte. 1, AA. HH Andrés Avelino Cáceres, Distrito de Ate.

Profundidad: 3m

Calicata : C-2 muestra M-2

Tabla 28. *Clasificación de suelos C-2*

SUCS	SIMBOLO	SM
	Nombre del grupo	Arena limosa de baja plasticidad

Fuente: Ensayos de laboratorio

Tabla 29. *Límites de consistencia*

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice Plástico	NP

Fuente: Ensayos de laboratorio

Cálculo de la capacidad de carga

Considerando que los cimientos estarán apoyados sobre suelo granular (arena limosa), con un ángulo de fricción de 32.8° y cohesión igual a $0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, según el estudio de granulometría y ensayo de corte directo.

Se evaluó la presión admisible a 1.00 m de profundidad y considerando una cimentación cuadrada de lado “B” igual a 1.00 m.

La capacidad admisible es determinada por el método propuesto por TERZAGHI y PECK para cimentaciones cuadradas y finalmente comparada con el método de COULOMB para conocer la carga admisible del suelo.

$$q_u = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \dots (3.1).$$

Dónde: Peso volumétrico: $\gamma = 1.69 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}$

Profundidad del nivel de cimentación: $D_f = 1\text{m}$

Ancho de cimentación: $B = 1\text{m}$

Densidad del suelo: $\rho = 1.372 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

Factor de seguridad: $FS = 3$ (para cargas estáticas)

En suelos friccionantes (gravas, arenas y gravas arenosas), se empleará un ángulo de cohesión (c) igual a cero.

Tabla 30. *Factores intervinientes para la determinación del perfil del suelo*

Ángulo de fricción ϕ	Cohesión del suelo “C” (Kg/cm ²)	N_c	N_q	N_γ
32.8°	0.00	37	25	24.5

Fuente: Ensayos de laboratorio

Para determinar la capacidad de carga admisible bruta de cimentaciones se requiere aplicar un factor de seguridad a la carga última denotada en la (Ec. 3.1). El factor de seguridad frente a una falla por corte para una sollicitación máxima de sismo o viento es igual a 2.5.

$$q_u = 58.81 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} = 5.88 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$q_{\text{adm}} = \frac{5.88}{3} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 1.96 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S_u = 0.98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Determinación de la capacidad portante admisible según el método COULOMB:

$$\tau = c + \sigma \sigma * \tan \phi$$

$$\tau = 0 + 1.5 * \tan(32.8^\circ)$$

$$\tau = 0 + 1.5 * \tan(32.8^\circ)$$

$$\tau = 0.97 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Dónde: τ : Capacidad portante admisible

C: Cohesión del suelo (kg/cm^2)

σ : Esfuerzo normal (kg/cm^2)

Promedio ponderado de la resistencia a corte (S_u) es igual a $0.975 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. De acuerdo a la clasificación de suelos según la norma E.030, diseño sismoresistente el perfil de suelo de tipo (S2).

A. Cortante basal

Factor de zona, $Z=0.45 \rightarrow$ zona 4 – Lima (ver tabla 4)

Factor de uso, $U=1.00 \rightarrow$ para uso de vivienda (ver tabla 5)

Factor de suelo, $S=1.05 \rightarrow$ para un suelo intermedio ubicado en la zona 4 (ver tabla 6)

Factor de amplificación sísmica, C: 2.5

Factor de reducción por ductilidad, R: 3 \rightarrow asumiendo para el cálculo de irregularidades

Desplazamientos permisibles:

Concreto armado: 0.007

Albañilería: 0.005

B. Aceleración de la gravedad:

$$G = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Para cada dirección horizontal que se analiza se utilizó un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g \quad \dots (3.2).$$

De acuerdo a lo señalado, tomando en cuenta las particularidades de los materiales y las cargas que trabajan en la estructura que intervienen en el comportamiento frente a las sollicitaciones sísmicas, se realiza el análisis de resultados con el software Etabs V.16.2.

C. Sistema de albañilería

Peso específico de la albañilería, $\gamma = 1,800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

Resistencia a compresión axial en pilas, $f'm = 80 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Resistencia a corte diagonal en muretes, $v'm = 3.2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Resistencia a compresión axial en unidades, $f'b = 129.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Módulo de elasticidad, $E = 500 * f'm$

$$E = 40,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de Poisson, $U = 0.25$

Módulo de corte, $G = \frac{E}{2(1+U)}$

$$G = 16000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

D. Concreto existente en la vivienda

Criterio para verificar la resistencia a compresión del concreto ($f'm$)

De la (tabla 31) la resistencia a la compresión corregida es igual a $f'cc = 72.6 \text{ kg/cm}^2$. Para asumir que, el ($f'c$) del concreto para el diseño sea $175 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$, entonces la resistencia a la compresión corregida debe cumplir con dos siguientes criterios:

Criterio 1: $f'cc = 85\% * f'c$... Ec. 3.3.

$$f'cc = 85\% * 175$$

$$f'cc = 148.75 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad \dots \text{NO CUMPLE}$$

Criterio 2: $f'cc \geq 75\% * f'c$... Ec. 3.4.

$$f'cc \geq 75\% * 175$$

$$f'cc \geq 131.25 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad \dots \text{NO CUMPLE}$$

El 85% y 75% representan al factor de corrección para el cálculo del ($f'c$).

Cálculo de la resistencia a compresión ($f'c$)

Según el ensayo por diamantina realizado a la columna E1, se determinó la resistencia a la compresión corregida ($f'c$) de dicha columna tal y como muestra la (tabla 31).

Tabla 31. Resistencia a la compresión corregida ($f'c$) según ensayo de diamantina

Denominación	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Carga de rotura (kg)	Factor de esbeltez	Resistencia a la compresión (kg/cm^2)	Resistencia a la compresión corregida (kg/cm^2)
C-1	11.0	7.0	2.860	0.966	75.2	72.6

Fuente: Ensayos del laboratorio

$$f'cc = 85\% * f'c$$

$$f'c = \frac{72.6}{0.85}$$

$$f'c = 85.41 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Asimismo, se realizó el ensayo no destructivo por el método de la esclerometría en las columnas E1, E2, E3 y E4 ubicado en el primer piso de la vivienda con la finalidad de obtener la resistencia a la compresión a través de los valores de rebotes que muestra la (tabla 32).

Tabla 32. *Rebote según ensayo de esclerómetro*

E1 - Columna		E2-Columna		E3-Columna		E4-Columna	
Primer piso		Primer piso		Primer piso		Primer piso	
Lectura N°	Valor rebote	Lectura N°	Valor rebote	Lectura N°	Valor rebote	Lectura N°	Valor rebote
1	32	1	28	1	28	1	22
2	32	2	24	2	26	2	26
3	34	3	24	3	28	3	24
4	30	4	22	4	26	4	22
5	32	5	26	5	26	5	22
6	34	6	30	6	26	6	22
7	30	7	28	7	32	7	22
8	32	8	28	8	34	8	22
9	34	9	26	9	32	9	22
10	30	10	28	10	36	10	24
Promedio	32	Promedio	26	Promedio	29	Promedio	23

Fuente: Ensayos de laboratorio

El ángulo de impacto es perpendicular a la superficie aplicada, por ello el $\alpha = 0^\circ$. Se obtiene que, para un rebote de 32, la resistencia a la compresión $f'c = 238 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$, para un rebote de 26, el $f'c = 158 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$, para un rebote de 29, el $f'c = 190 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$, para un rebote de 23, el $f'c = 120 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$. Como indica la (tabla 19).

Según resultados del ensayo por esclerometría la resistencia a la compresión promedio ($f'c$) es igual a $176.5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$. Por lo tanto, la resistencia a la compresión que se obtuvo a través de la esclerometría debe ser mayor o igual al 75% de la resistencia de compresión con lo cual se pretende realizar el modelo numérico.

$$f'c \geq 75\% * f'c$$

$$f'c \geq 75\% * (85.41)$$

$$176.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \geq 64.06 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

...CUMPLE

Debido que la resistencia a la compresión cumplió los criterios, la resistencia para el modelo será $f'c = 85 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$.

Peso específico del concreto, $\gamma_c = 2,400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

Resistencia a compresión, $f'c = 73.4 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

Módulo de Elasticidad, $E = 15,000 * \sqrt{f'c}$

$$E = 134,164.08 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de Poisson, $U = 0.15$

E. Acero corrugado

Según el (ASTM-615)

Resistencia a la fluencia, $f'y = 4,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ (G°60)

Módulo de Elasticidad $E = 2.10 * 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

$$E = 2'100,000 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

3.4. Modelamiento numérico con elementos finitos

Para realizar el análisis del edificio se utilizó el software ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building System), V.16.2. En este ítem se realizará el procedimiento del modelamiento para el análisis sísmico respectivo.

3.4.1. Procedimiento para el modelo

Para definir los materiales se debe seguir e *“Define/Material properties”* y crear los materiales utilizados para el modelo, para esta configuración se creó como material concreto con una resistencia a la compresión $f'c = 85 \text{ kg/cm}^2$ y albañilería con resistencia $f'm = 80 \text{ kg/cm}^2$ como muestra la (figura 34).

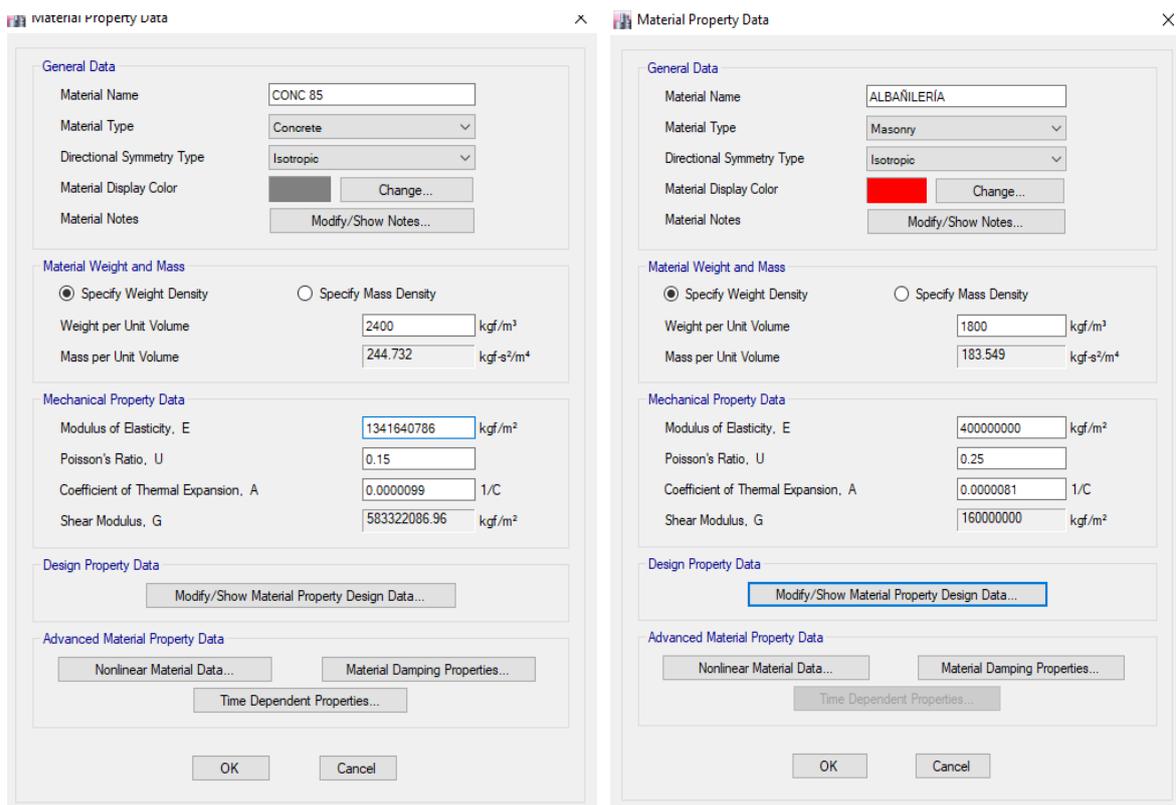


Figura 34. Definición de propiedades de los materiales

Los elementos de vigas y columnas son elementos lineales y se definen en *“Section Properties/ Frame Sections”* donde se detalla las dimensiones de columnas y vigas y el acero correspondiente de estos elementos (ver figura 35 y 36).

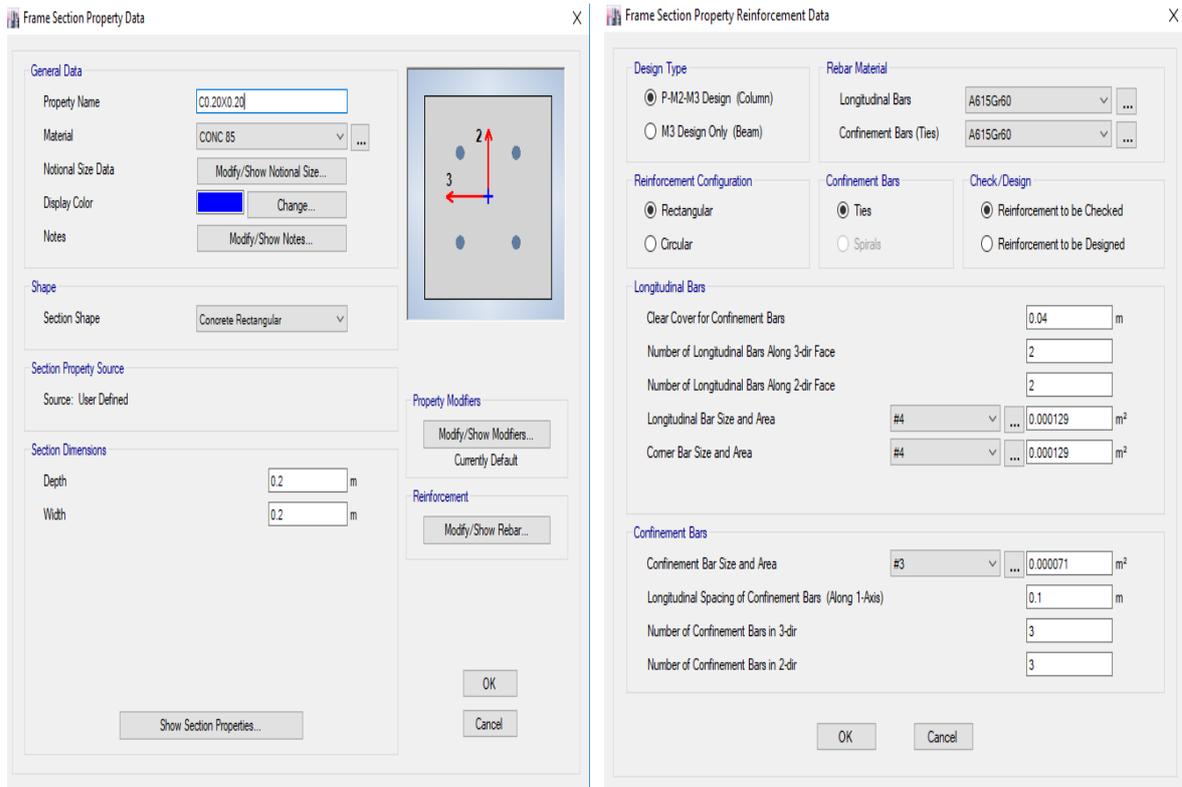


Figura 35. Definición de dimensiones de columnas

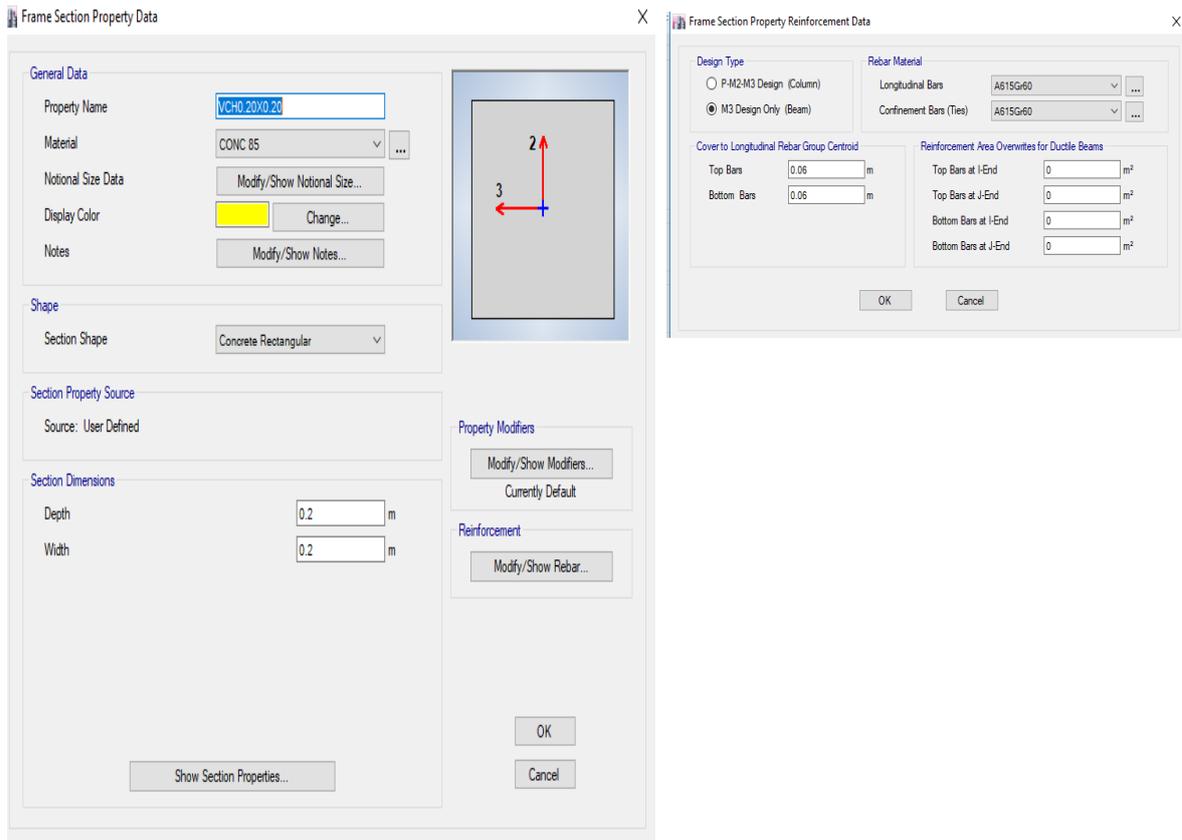


Figura 36. Definición de dimensiones de la viga

Las propiedades de las losas fueron definidas en “*Section Properties/ Slab Sections*” donde se definirá tres tipos de losas de diferentes espesores como se muestra en la (tabla 33).

Tabla 33. *Peso propio del aligerado para cada espesor de losa*

Espesor del aligerado (m)	Espesor de la losa superior (m)	Peso propio kPa (kg/m ²)
0.17	0.05	2.8 (280)
0.20	0.05	3.0 (300)
0.25	0.05	3.5 (350)
0.30	0.05	4.2 (420)

Fuente: RNE E.020, Cargas

Para el primer y segundo piso el espesor de la losa aligerada es 0.20m. Para ello le corresponde un peso propio de 300 kg/m², como muestra la (tabla 33). Por otro lado, la dirección de las viguetas es unidireccional por ello se considera como un elemento Shell Thin (delgado) (ver figura 37).

$$\text{Peso propio} = \gamma c * t$$

$$300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * t$$

$$t = 0.125 \text{ m}$$

Dónde: t: Espesor equivalente (m) a una losa de 300 kg/m².

γc : Peso específico del concreto en $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

En caso del tercer piso el espesor de la losa aligerada es 0.17m. Por ello le corresponde el peso propio de 280 kg/m², como muestra la (tabla 33).

$$\text{Peso propio} = \gamma c * t$$

$$280 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = \gamma c * t$$

$$t = 0.12 \text{ m}$$

Dónde: t: espesor (m) equivalente una losa de 280 kg/m².

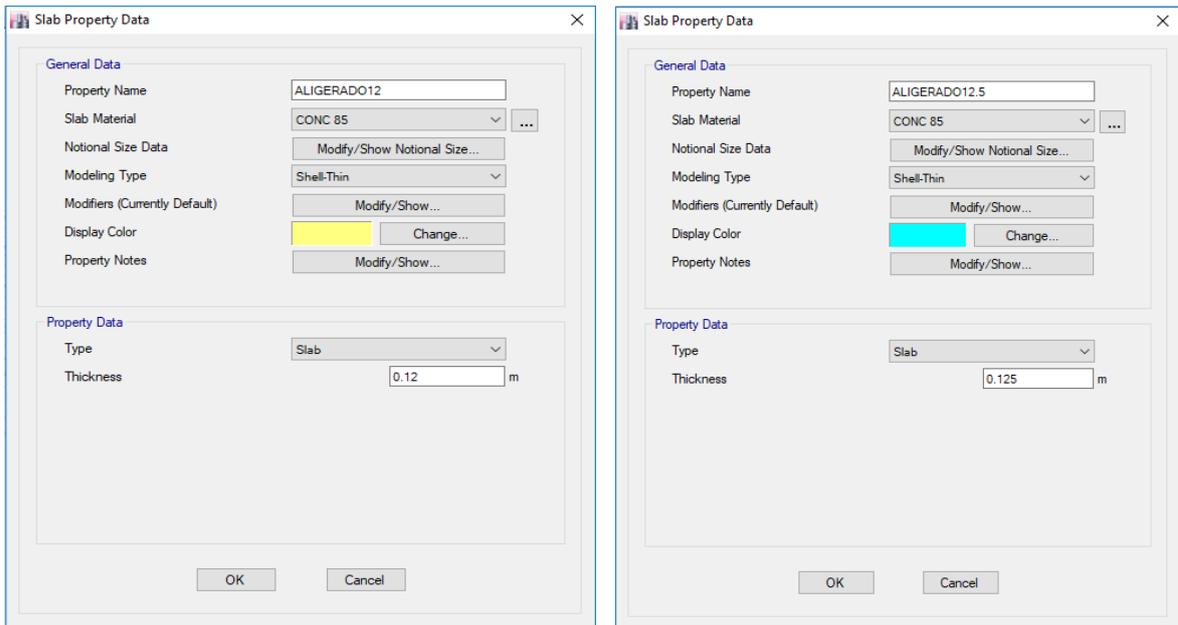


Figura 37. Definición de propiedades de la losa aligerada

A continuación, en la (figura 38) muestra el dibujo de los elementos estructurales tales como muros albañilería, columnas, vigas, losas y escalera respectivamente. La vivienda analizada cuenta con tres pisos

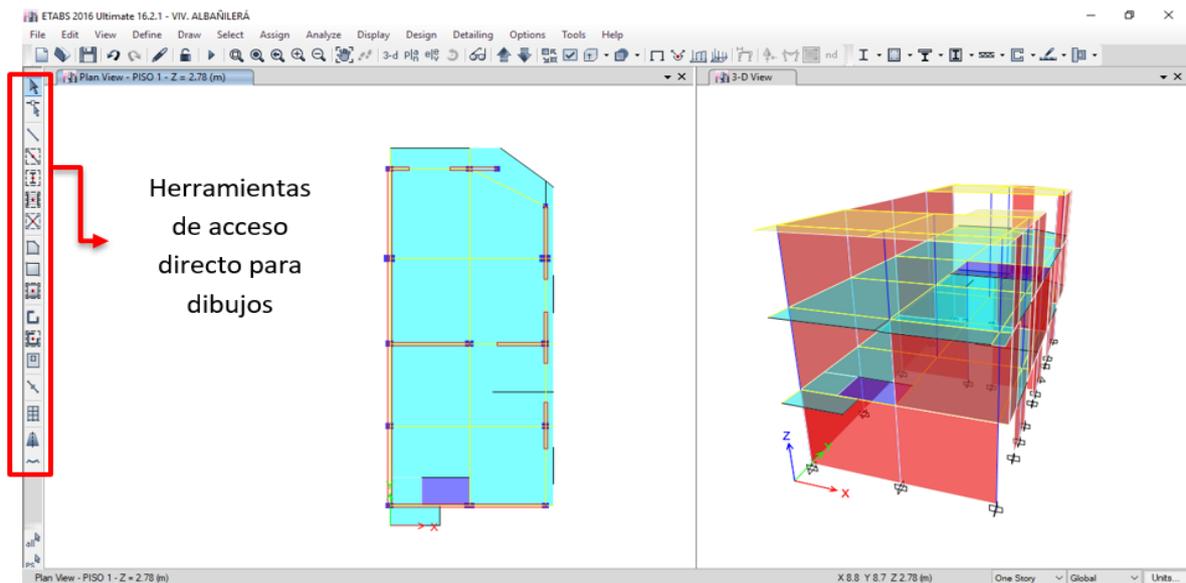


Figura 38. Dibujo de los elementos estructurales

El siguiente paso es la creación y asignación de cargas que actuaron en la vivienda con los patrones de carga, para ello nos dirigimos a **“Define / Load Patterns”**, donde se define los nombre y tipos de carga estática que intervienen a en la estructura (ver figura 39).

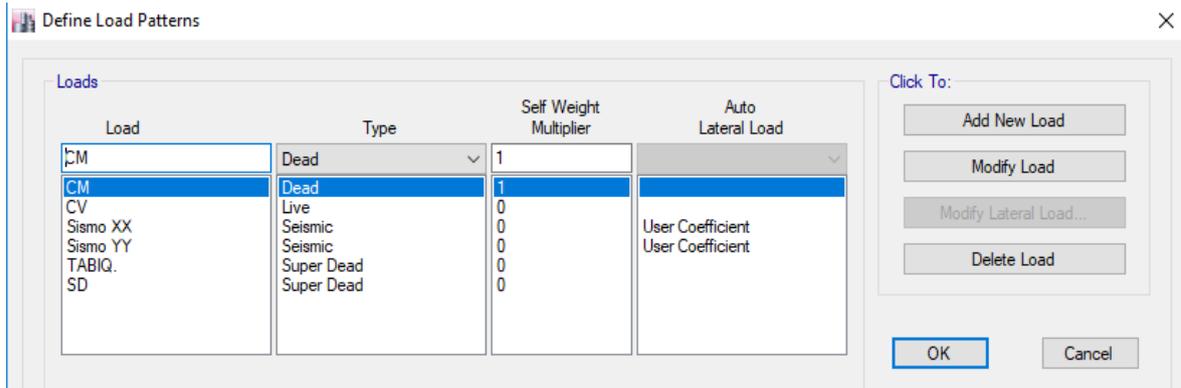


Figura 39. Patrones de carga creadas

En patrones de carga sísmica, X & Y, se indica la dirección de la fuerza sísmica. Por otro lado, la cortante basal fue calculado con los factores del ZUSC/R la cual fue calculada anteriormente, tal y como muestra la (figura 40).

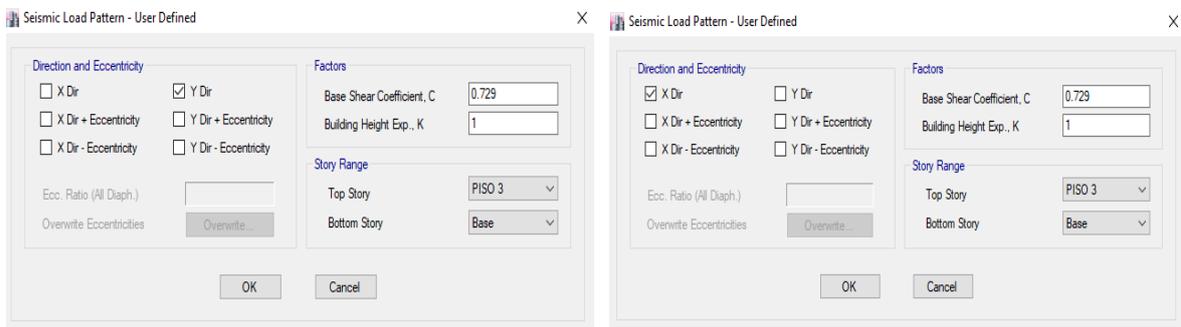


Figura 40. Patrones de carga en X & Y

Este paso se define en “*Define / Mass Source*”. La vivienda se encuentra en la categoría C según la (tabla 5), por ello el peso para la categoría C se calculará adicionando a la carga permanente y total un porcentaje del 25% de la carga viva (ver figura 41).

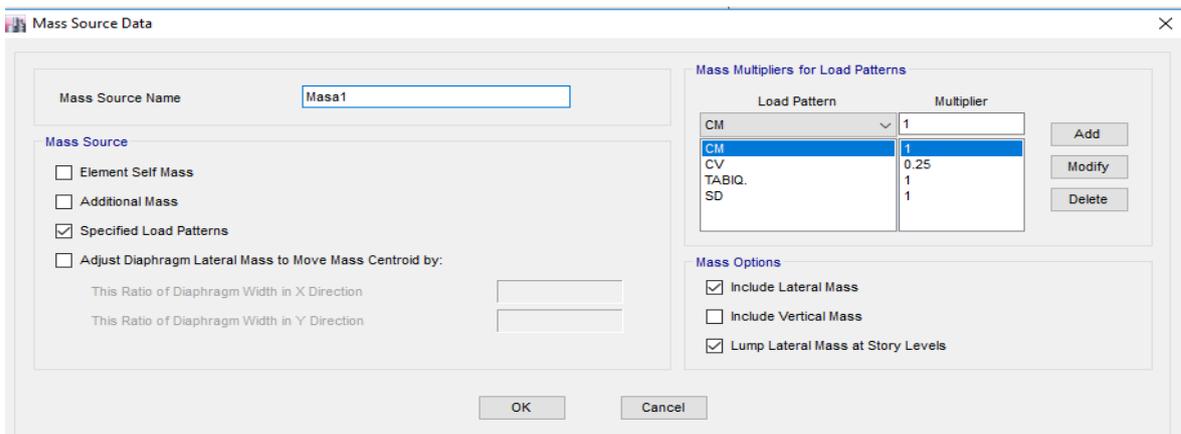


Figura 41. Asignación de carga aplicada en la estructura

Se calculó y se añadió al modelo la carga distribuida de la tabiquería y el alfeizar de los tres pisos como muestra la (tabla 34 y 35). Para este procedimiento se multiplicará el (espesor del muro x recubrimiento x peso específico de la albañilería).

Dónde: γ = Peso específico de la albañilería kg/m²

Hm = Altura de la tabiquería o alfeizar

Rec = Recubrimiento 1cm

Tabla 34. *Carga distribuida del alfeizar*

N° Piso	Eje	Muro	Longitud (m)	Altura (m)	t (cm)	Wm (kg/m)	Wm (kg/m)	Wm(kg/cm)
1	C	T1	1.49	1.20	15	274	328.80	3.29
	C	T2	1.47	1.20	15	274	328.80	3.29
	7	T3	2.99	1.60	15	274	438.40	4.38
2	B	T4	1.40	0.90	15	274	246.60	2.47
	B	T5	1.40	1.00	15	274	274.00	2.74
	B	T6	1.14	1.50	15	274	411.00	4.11
	CP	T7	1.49	0.90	15	274	246.60	2.47
	CP	T8	1.47	0.90	15	274	246.60	2.47
	2	T9	1.14	1.50	15	274	411.00	4.11
	3P	T10	0.55	2.38	15	274	652.12	6.52
	7	T11	2.08	0.90	15	274	246.60	2.47
	7P	T12	2.08	0.90	15	274	246.60	2.47
3	1	T13	2.99	1.01	15	274	276.74	2.77
	1	T14	2.85	1.01	15	274	276.74	2.77
	3	T15	3.14	0.9	15	274	246.60	2.47
	3P	T16	0.55	2.07	15	274	567.18	5.67
	5	T17	1.42	0.97	15	274	265.78	2.66
	5	T18	1.50	0.97	15	274	265.78	2.66
	7	T19	2.53	1.02	15	274	279.48	2.79
	7P	T20	2.99	1.02	15	274	279.48	2.79
	CP	T21	5.34	1.01	15	274	276.74	2.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Carga distribuida de la tabiquería

N° Piso	Eje	Muro	Longitud (m)	Altura (m)	t (cm)	Wm (kg/m)	Wm (kg/m)	Wm(kg/cm)
2	1	T1	1.87	1.5	15	274	411.00	4.11
	2P	T2	1.79	1.5	15	274	411.00	4.11
	3	T3	2.84	2.68	15	274	734.32	7.34
	3P	T4	1.71	2.68	15	274	734.32	7.34
	AP	T5	0.8	1.50	15	274	411.00	4.11
	B	T6	1.01	2.68	15	274	734.32	7.34
	B	T7	1.38	2.68	15	274	734.32	7.34
	B	T8	0.68	2.68	15	274	734.32	7.34
	B	T9	1.33	2.68	15	274	734.32	7.34
	B	T10	1.62	2.68	15	274	734.32	7.34
	B	T11	3.58	2.68	15	274	734.32	7.34
3	1	T12	0.23	2.37	15	274	649.38	6.49
	3	T13	1.86	2.37	15	274	649.38	6.49
	3P	T14	2.42	1.40	15	274	383.60	3.84
	4	T15	2.84	1.40	15	274	383.60	3.84
	B	T16	3.17	2.37	15	274	649.38	6.49
	B	T17	1.13	1.4	15	274	383.60	3.84
	B	T18	3.58	2.37	25	454	1075.98	10.76
	BP	T18	0.64	2.37	15	274	649.38	6.49

Fuente: Elaboración propia

En la (figura 42) se muestra la carga distribuida de la tabiquería y alfeizar aplicadas en los tres pisos de la vivienda.

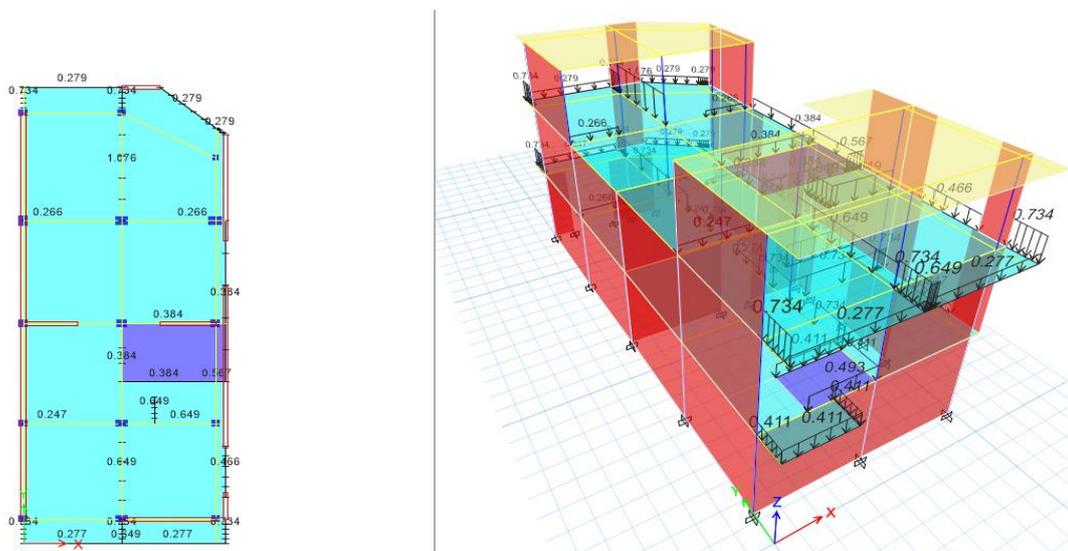


Figura 42. Carga distribuida del tabique y alfeizar

3.4.2. Espectro sísmico (Sa/g)

$$S_{ax} = \frac{ZUCS}{R_x} * g$$

A partir de los datos calculados para la cortante basal, se procede a generar el espectro, considerando un factor de reducción inicial R=3, para el cálculo de irregularidades en edificaciones. Luego de calcular las irregularidades se volverá a calcular el espectro de respuesta para un nuevo coeficiente R.

Tabla 36. *Espectro de sismo*

C	T (s)	Sa/g
2.50	0.00	0.5790
2.50	0.02	0.5790
2.50	0.04	0.5790
2.50	0.06	0.5790
2.50	0.08	0.5790
2.50	0.10	0.5790
2.50	0.12	0.5790
2.50	0.14	0.5790
2.50	0.16	0.5790
2.50	0.18	0.5790
2.50	0.20	0.5790
2.50	0.25	0.5790
2.50	0.30	0.5790
2.50	0.35	0.5790
2.50	0.40	0.5790
2.50	0.45	0.5790
2.50	0.50	0.5790
2.50	0.55	0.5790
2.50	0.60	0.5790
2.31	0.65	0.5345
2.14	0.70	0.4963
2.00	0.75	0.4632
1.88	0.80	0.4343
1.76	0.85	0.4087
1.67	0.90	0.3860
1.58	0.95	0.3657
1.50	1.00	0.3474
1.36	1.10	0.3158
1.25	1.20	0.2895
1.15	1.30	0.2673
1.07	1.40	0.2482

1.00	1.50	0.2316
0.94	1.60	0.2171
0.88	1.70	0.2044
0.83	1.80	0.1930
0.79	1.90	0.1829
0.75	2.00	0.1737
0.62	2.20	0.1436
0.52	2.40	0.1206
0.44	2.60	0.1028
0.38	2.80	0.0886
0.33	3.00	0.0772
0.19	4.00	0.0434
0.12	5.00	0.0278
0.08	6.00	0.0193
0.06	7.00	0.0142
0.005	8.00	0.0109
0.04	9.00	0.0086
0.03	10.00	0.0069

Fuente: Elaboración propia

Para añadir el espectro de diseño se define en, **“Define/Functions /Response Spectrum”** donde permite graficar los valores de pseudo-aceleración para un determinado periodo de vibración.

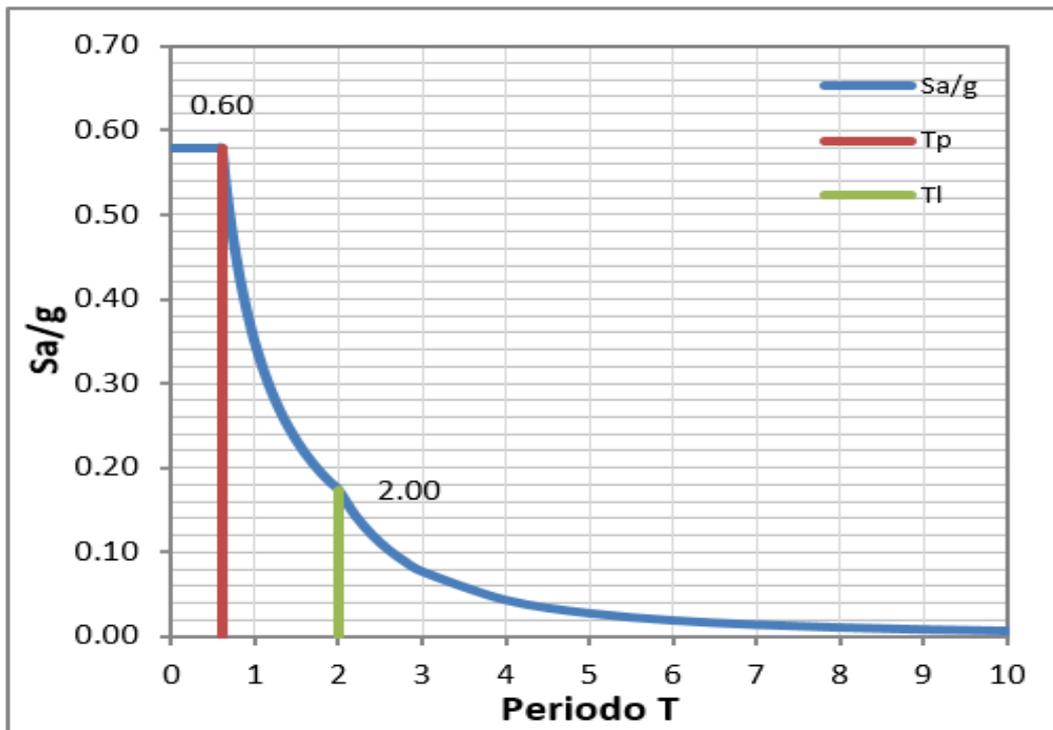


Figura 43. Espectro de sismo Sa/g

Posteriormente en **“Define/Load Case/Load Case Data”** se crea un espectro sísmico en X-X y en Y-Y, para ello se utilizará la función Z4U1S2R1.62 creada en la (figura 44) y un factor de escala de aceleración de 9.81 m/s^2 .

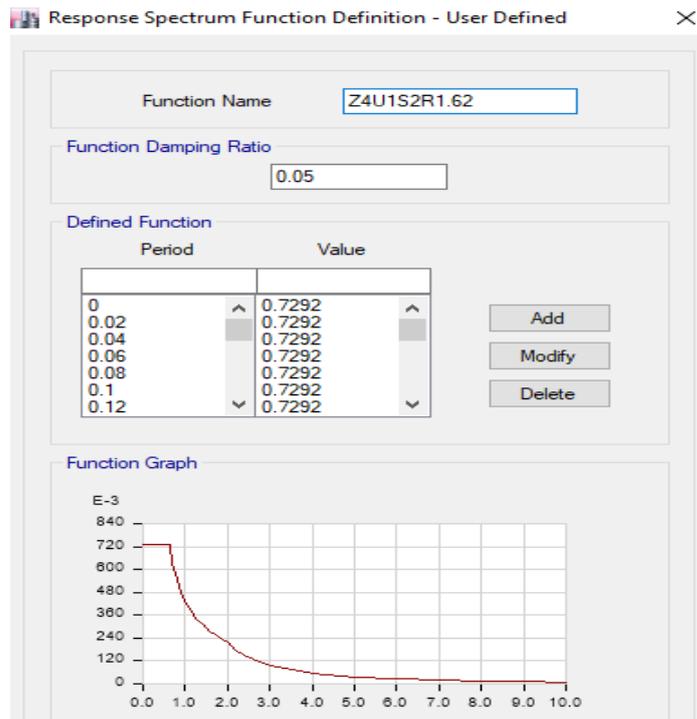


Figura 44. Espectro de respuesta generado en el programa

Una vez generado el espectro sísmico se procede a crear la carga del espectro sísmico en X-X y en Y-Y con una función del espectro creado **“Z4U1S2R1.62”** y una escala de factor del 9.81 m/s^2 , esto se define en **“Define/Load Cases”**.

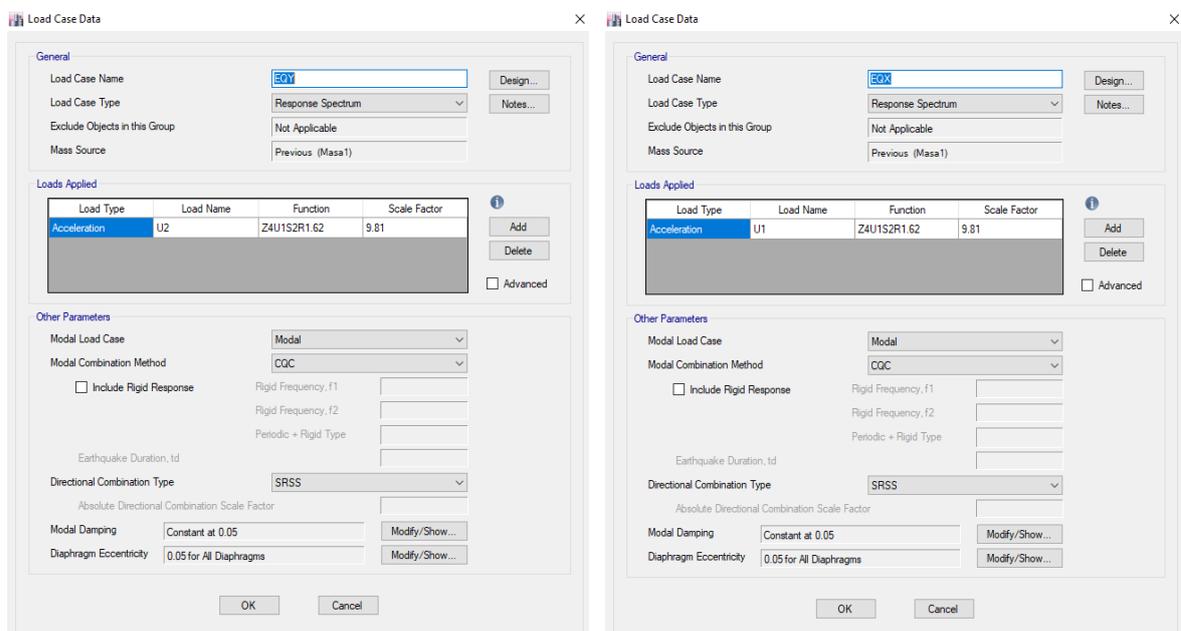


Figura 45. Creación del espectro sísmico en X-X y en Y-Y

Por otro lado, de crea una combinación de carga en “*Define/Load Combinations*” llamaremos “Desplazamiento Inelástico” en X-X y en Y-Y, con una escala de factor $0.75 \cdot R$ igual a 1.215.

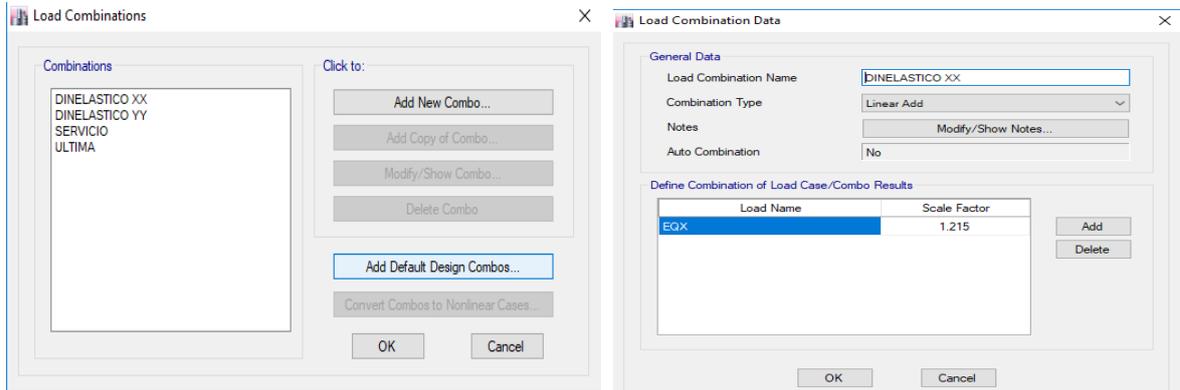


Figura 46. Combinación de carga inelástica

3.4.3. Evaluación de irregularidades

Según la Norma E.030. “El factor de irregularidad (I_a) se determinó como el menor factor de la (tabla 9), que corresponde a las irregularidades existentes en altura en sus dos direcciones. El factor (I_p) de se determinó como el menor de los factores de la (tabla 10) correspondientes a las irregularidades existentes en planta en sus dos direcciones”.

A. Irregularidades en altura (I_a)

Irregularidad de rigidez - piso blando e irregularidad extrema de rigidez

Según la Norma E.030. “Existe irregularidad cuando en un entrepiso la rigidez lateral es menor que el 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior”.

$$\frac{K_i}{K_{i+1}} < 0.7 \quad \text{y} \quad \frac{K_i}{K_{i+1}} < 0.6$$

Tabla 37. Irregularidad de rigidez e irregularidad extrema de rigidez en X-X

Desplaz. C.M.			Vx	K = Vx/Ux	CONDICIÓN E.030	
Story	Load	UX [m]	[tonf]	[tonf/m]	Ki/Ki+1<0.7, .6	Ki/Kp3s<0.8, .7
STORY3	CDX MAX	0.019	0.04	2		
STORY2	CDX MAX	0.008	0.08	10	4.6	Regular
STORY1	CDX MAX	0.002	0.11	44	4.4	Regular

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Irregularidad de rigidez e irregularidad extrema en Y-Y

Desplaz. C.M.			Vy	K = Vy/UY	CONDICIÓN E.030		
Story	Load	UY [m]	[tonf]	[tonf/m]	Ki/Ki+1 < 0.7, .6		Ki/(Kp3s < 0.8, .7
STORY3	CDX MAX	0.003	0.03	10			
STORY2	CDX MAX	0.002	0.10	42	4.3	Regular	
STORY1	CDX MAX	0.001	0.14	121	2.9	Regular	

Fuente: Elaboración propia

Irregularidad de masa o peso

Según la Norma E.030. “Existe irregularidad cuando el peso de un piso es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente”.

$$\frac{P_i}{P_{i+1}} > 1.5$$

Tabla 39. Irregularidad de masa o peso

					gravedad (g) =		9.81	m/s ²
Story	Load	Loc	P.acum.	P.parc.	P.sism.	M.sism.	CONDIC. E.030	
			[tonf]	[tonf]	[tonf]	[t-s ² /m]	Pi/Pi+1 > ±50%	
STORY3	PESO	Top	21.7736	21.77	28.32	2.89		
STORY3	PESO	Bottom	34.8701	13.10				
STORY2	PESO	Top	72.7121	37.84	58.28	5.94		
STORY2	PESO	Bottom	100.498	27.79				
STORY1	PESO	Top	138.823	38.44	66.42	6.77	2.35	Irregular
STORY1	PESO	Bottom	167.220	28.40				

Fuente: Elaboración propia

Irregularidad de geometría vertical

Según la Norma E.030. “La configuración es irregular cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor de 1.3 que la dimensión del piso adyacente”.

$$\frac{D_i}{D_{i+1}} > 1.3$$

En “X” (14.48/9.97) > 1.3 → 1.45 > 1.3

En “Y” (25.70/25.99) > 1.3 → 0.99 < 1.3

Por lo tanto, la vivienda presenta irregularidad de geometría vertical en el eje “X”

Discontinuidad y discontinuidad extrema en los sistemas resistentes

Se califica como irregular cuando el elemento estructural vertical tiene un desplazamiento del 25 % con respecto al eje de orientación. De acuerdo al plano de la vivienda se observa que no cuenta con esta irregularidad.



Figura 47. Modelo de discontinuidad en sistemas resistentes

El factor de irregularidad en altura (I_a) se determina como el menor valor obtenido de la (tabla 9) de irregularidades en altura. Para este caso el (I_a) será 0.90.

B. Irregularidades en planta (I_p)

Irregularidad torsional y torsional extrema

Según la Norma E.030. “Existen irregularidad el máximo desplazamiento relativo de entrepiso de un extremo del edificio es mayor que el 1.2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo piso. Para que existe irregularidad extrema el máximo desplazamiento relativo de entrepiso de un extremo del edificio es mayor que el 1.5 veces el desplazamiento relativo para la misma carga”.

$$\frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{CM}} > 1.2 \quad \text{y} \quad \frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{CM}} > 1.5$$

Tabla 40. Irregularidad torsional y torsional extrema en X-X

						$\Delta_{\text{permis}} (E.030) =$		0.5%	
Desplazamiento del centro de masa (C.M.)				Derivas C.M. UX	Derivas max.	Condiciones			
				(Δ/h)%	[%]	$\Delta_{\max}/\Delta_{CM}$		$> 50\% \Delta_{\text{permis}}$	
Story	Load	UX [m]	h [m]						
STORY3	CDX MAX	0.019	2.37	0.81%	0.72%	0.879	Regular	143%	Aplica
STORY2	CDX MAX	0.008	2.68	0.31%	0.45%	1.437	Irregular	90%	Aplica
STORY1	CDX MAX	0.002	2.68	0.09%	0.17%	1.888	Irreg.Ext.	34%	No Aplica.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Irregularidad torsional y torsional extrema en Y-Y

						$\Delta_{\text{permis}} (E.030) =$		0.5%	
Desplazamiento del centro de masa (C.M.)				Derivas C.M. UY	Derivas max.	Condiciones			
Story	Load	UY [m]	h [m]	(Δ/h)%	[%]	$\Delta_{\text{max}}/\Delta_{\text{CM}}$		$> 50\% \Delta_{\text{permis}}$	
STORY3	CDY MAX	0.003	2.37	0.146%	0.202%	1.38	Irregular	40%	No Apli.
STORY2	CDY MAX	0.002	2.68	0.086%	0.171%	1.98	Irreg.Ext.	34%	No Apli.
STORY1	CDY MAX	0.001	2.78	0.041%	0.063%	1.53	Irreg.Ext.	13%	No Apli.

Fuente: Elaboración propia

Esquinas entrantes

Se califica como irregular cuando la dimensión de las esquinas entrantes es mayor al 20% de su dimensión en planta. La vivienda analizada no presenta este tipo de irregularidad.

Discontinuidad del diafragma

Existe irregularidad cuando las aberturas en los diafragmas son mayores que el 50% del área bruta del diafragma. Según la siguiente ecuación, la vivienda no presenta irregularidad por discontinuidad del diafragma.

$$\text{Área de abertura} > 50\% A. \text{ total}$$

$$41.32 > 50\%(92.69)$$

$$41.32 < 46.35$$

$$\text{Área de abertura} > 50\% A. \text{ total}$$

$$8.57 > 50\%(92.69)$$

$$8.57 < 46.34$$

Sistemas no paralelos

Existe cuando los sistemas estructurales en sus dos direcciones no son paralelos. La vivienda analizada cuenta con muros portantes paralelos; por ende, no presenta este tipo de irregularidad. El factor de irregularidad en planta (I_p) se determina como el menor valor obtenido de las tablas de irregularidades en planta. Para este caso el (I_p) será 0.60.

Cálculo del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”

$$R = R_o * I_a * I_p$$

$$R = 3 * 0.90 * 0.60 \rightarrow R = 1.62$$

3.4.4. Análisis sísmico

3.4.4.1. Análisis sísmico sin refuerzo

Norma E.030. “Los periodos y las masas participativas son calculados mediante un análisis dinámico para 9 modos de vibración (3 modos por cada piso), se presentan a continuación:”

Tabla 42. Masa participativa en los modos de vibración

Modos	Periodo	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
1	0.274	0.423	0.038	0	0.423	0.038	0	0.025	0.363	0.182
2	0.182	0.104	0.127	0	0.527	0.165	0	0.078	0.195	0.329
3	0.113	0.301	0.041	0	0.829	0.205	0	0.043	0.083	0.005
4	0.098	0.019	0.663	0	0.848	0.869	0	0.116	0.002	0.089
5	0.075	0.000	0.001	0	0.848	0.869	0	0.105	0.039	0.303
6	0.055	0.102	0.001	0	0.950	0.870	0	0.000	0.193	0.006
7	0.045	0.014	0.107	0	0.964	0.978	0	0.493	0.038	0.000
8	0.037	0.035	0.004	0	0.999	0.982	0	0.019	0.083	0.073
9	0.027	0.001	0.018	0	1.000	1.000	0	0.122	0.004	0.012
Masa participativa > 90% (E.030)					OK	OK				

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la rigidez

La rigidez lateral es calculada como fuerza lateral (tonf) entre la deriva (m) del eje donde corresponde, tanto para eje X-X como para el eje Y-Y.

Tabla 43. Rigidez lateral por cada piso en X-X y Y-Y sin reforzamiento

Story	Load Case	Shear X	Drift X	Stiffness X	Shear Y	Drift Y	Stiffness Y
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m
PISO 3	EQX	33.9978	0.011	3094.709	13.1067	0.002253	5818.53
PISO 2	EQX	68.1181	0.006	11353.016	29.0484	0.002237	12986.03
PISO 1	EQX	89.2646	0.002	44632.300	34.5286	0.000817	42249.62
PISO 3	EQY	15.344	0.004	3068.800	27.6107	0.001623	17009.50
PISO 2	EQY	26.6109	0.002	13305.450	78.5856	0.001365	57580.70
PISO 1	EQY	34.5285	0.001	34528.500	112.9457	0.000994	113594.12

Fuente: Elaboración propia

Control de desplazamientos laterales

Desplazamientos del centro de masa y los extremos de los diafragmas por cada piso, se analiza de forma modal y sus periodos de vibración respectivo. El modo 1 o modo fundamental la estructura oscila de un lado a otro de manera traslacional en el sentido del eje X-X, el modo 2 oscila de manera traslacional en el sentido Y-Y y el modo 3 genera un movimiento rotacional o torsión.

Modo 1, periodo (0.274seg.) **Modo 2**, periodo (0.182seg.) **Modo 3**, periodo (0.113seg.)

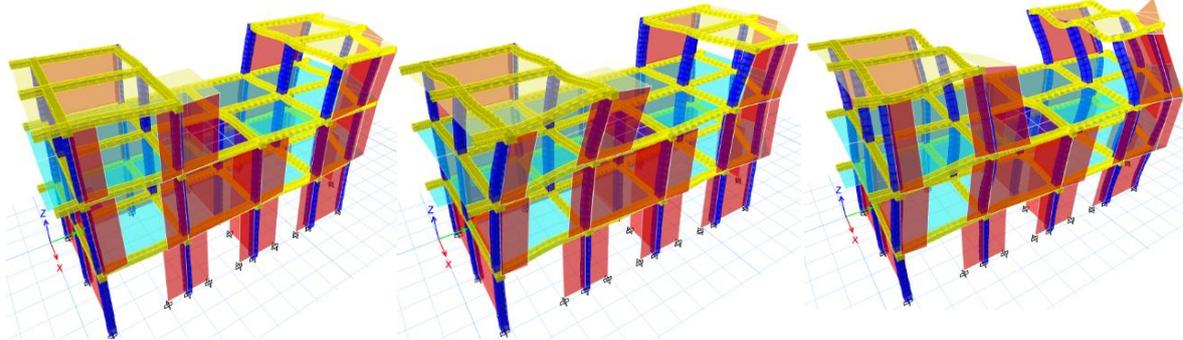


Figura 48. Modos de vibración en los modos 1, 2 y 3.

Desplazamiento relativo de entrepiso (DRIFT)

En la (tabla 44) se encuentran los desplazamientos y distorsiones en planta de los diafragmas de cada nivel. Estos valores son resultados obtenidos en el programa de análisis por 0.75 R, conforme se especifica en la Norma E.030, diseño sísmoresistente.

Tabla 44. *Desplazamiento relativo de entrepiso sin reforzamiento*

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	Drift X	Drift Y
STORY3	Max Drift X	CDX	21	4.14	15.12	7.83	0.76%	
STORY3	Max Drift Y	CDX	75	6.13	13.56	7.83		0.21%
STORY3	Max Drift X	CDY	5	6.13	0	7.83	0.57%	
STORY3	Max Drift Y	CDY	75	6.13	13.56	7.83		0.11%
STORY2	Max Drift X	CDX	21	4.14	15.12	5.46	0.47%	
STORY2	Max Drift Y	CDX	93	6.13	1.68	5.46		0.18%
STORY2	Max Drift X	CDY	21	4.14	15.12	5.46	0.16%	
STORY2	Max Drift Y	CDY	93	6.13	1.68	5.46		0.09%
STORY1	Max Drift X	CDX	186	2.27	14.27	2.78	0.17%	
STORY1	Max Drift Y	CDX	33	5.83	8.56	2.78		0.06%
STORY1	Max Drift X	CDY	186	2.27	14.27	2.78	0.06%	
STORY1	Max Drift Y	CDY	76	5.83	0.8	2.78		0.05%
Maximo drift (%) =							0.76%	0.21%
Drift admissible (%) =							0.50%	0.50%
							NO!	OK!

Fuente: Elaboración propia

Del resultado, se deduce que el desplazamiento en el eje X-X no cumple con la deriva máxima, debido a que sobrepasa del máximo admisible que es el 0.50%. Por ello se reforzará muros en la dirección X-X de los tres pisos para reducir la deriva máxima. Sin embargo, el desplazamiento máximo en el eje Y-Y está dentro del rango permitido. Por ello no es necesario reforzar en ese sentido.

3.4.4.2. Análisis sísmico con refuerzo

Debido a que se necesita reforzar muros en el sentido X-X, se procederá a crear una propiedad de muro con el nombre de “MReforz13”, para asignar a los muros que requieran de refuerzo. El tipo de modelado será Shell Thin (ver figura 49).

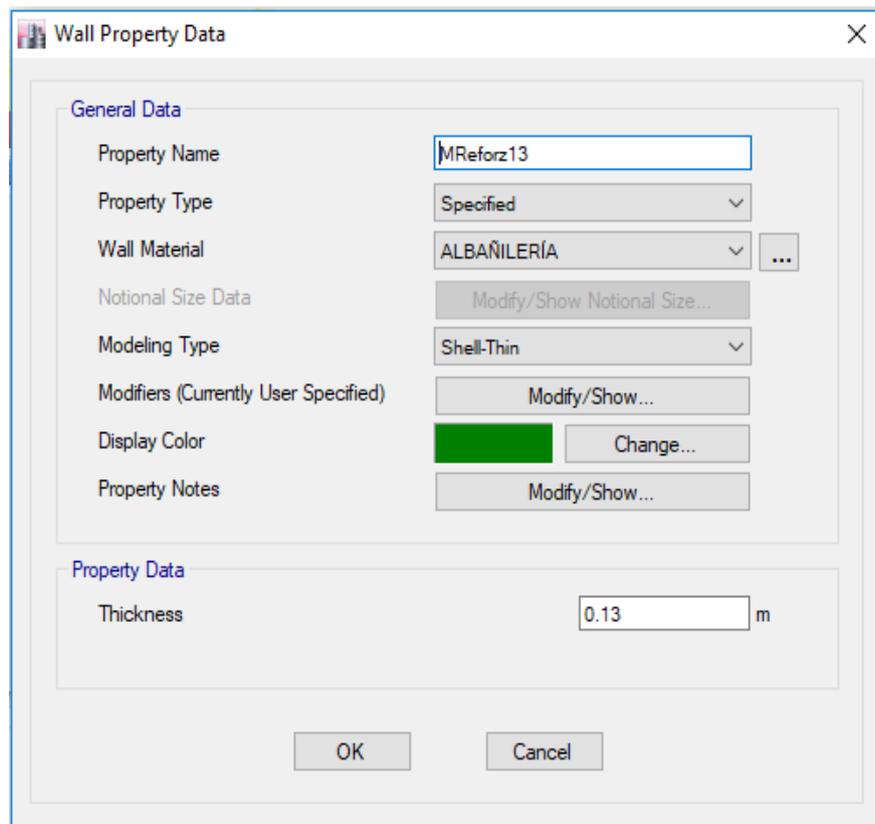


Figura 49. Definición de muro reforzado

Se procede a modificar los factores de rigidez, se modifica con los datos obtenidos de la (tabla 49) en el modelo numérico. Debido a que el elemento Shell tiene propiedades de modificación de rigidez se pudo realizar la asignación de estas propiedades, donde se muestra las siguientes características (figura 50).

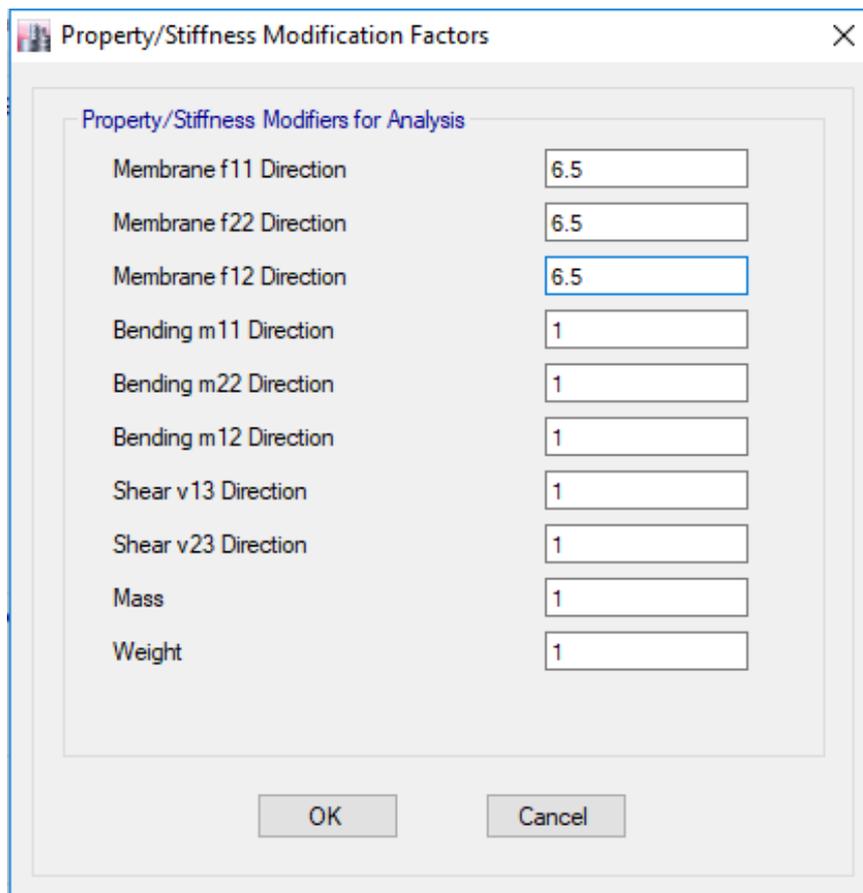


Figura 50. Modificador de factores de rigidez

Cálculo de la rigidez

Se procede a calcular la rigidez lateral, este viene ser el cociente de la fuerza lateral (tonf) entre la deriva (m) del eje donde corresponde, tanto para eje X-X como para el eje Y-Y. Este resultado de rigidez fue obtenido añadiendo el reforzamiento.

Tabla 45. Rigidez lateral por cada piso en X-X y Y-Y con reforzamiento

Story	Load Case	Shear X	Drift X	Stiffness X	Shear Y	Drift Y	Stiffness Y
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m
PISO 3	EQX	33.7682	0.004	6601.346	9.641	0.001	11505.666
PISO 2	EQX	69.1084	0.003	26084.36	25.511	0.001	25209.618
PISO 1	EQX	90.0669	0.001	84378.82	32.195	0.001	63122.750
PISO 3	EQY	19.1387	0.003	6055.582	29.241	0.001	25858.080
PISO 2	EQY	27.4064	0.001	22670.563	78.664	0.001	87277.406
PISO 1	EQY	32.195	0.001	62386.859	109.109	0.001	129715.024

Fuente: Elaboración propia

Desplazamiento relativo de entrepiso (DRIFT)

En la (tabla 46) se encuentran “los desplazamientos y distorsiones en planta de los diafragmas de cada nivel. Estos valores son resultados obtenidos en el programa de análisis por 0.75 R” (Norma E.030). Estos resultados de desplazamientos fueron obtenidos añadiendo el reforzamiento.

Tabla 46. *Desplazamiento relativo de entrepiso con reforzamiento*

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
STORY3	Max Drift X	CDX	21	4.14	15.12	7.83	0.29%	
STORY3	Max Drift Y	CDX	75	6.13	13.56	7.83		0.07%
STORY3	Max Drift X	CDY	5	6.13	0	7.83	0.22%	
STORY3	Max Drift Y	CDY	75	6.13	13.56	7.83		0.07%
STORY2	Max Drift X	CDX	21	4.14	15.12	5.46	0.20%	
STORY2	Max Drift Y	CDX	93	6.13	1.68	5.46		0.08%
STORY2	Max Drift X	CDY	21	4.14	15.12	5.46	0.09%	
STORY2	Max Drift Y	CDY	93	6.13	1.68	5.46		0.05%
STORY1	Max Drift X	CDX	186	2.27	14.27	2.78	0.08%	
STORY1	Max Drift Y	CDX	33	5.83	8.56	2.78		0.04%
STORY1	Max Drift X	CDY	186	2.27	14.27	2.78	0.04%	
STORY1	Max Drift Y	CDY	33	5.83	8.56	2.78		0.04%
Máximo drift (%) =							0.29%	0.08%
Drift admissible (%) =							0.50%	0.50%
							OK!	OK!

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los esfuerzos axiales máximos

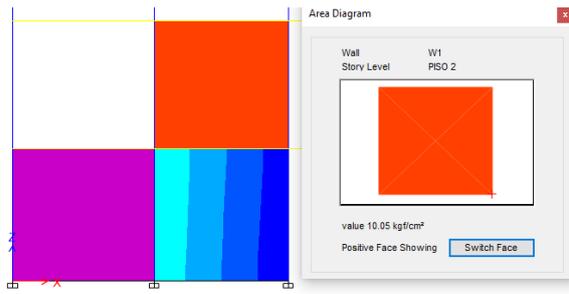
Para determinar los esfuerzos máximos que se producirán en los extremos de los muros se utilizará el criterio de los esfuerzos principales.

La Norma E.070, albañilería. Indica que los esfuerzos S-Max no debe superar el esfuerzo de agrietamiento de la albañilería confinada tal y como muestra la siguiente ecuación:

$$\sigma_m \leq 0.15 * f_m$$

$$\sigma_m \leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

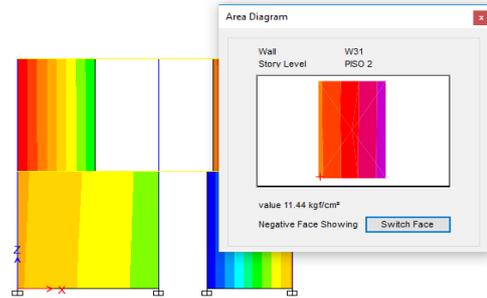
Verificación de esfuerzos máximos en muro en el eje X-X.



$$\sigma_m = 10.05 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

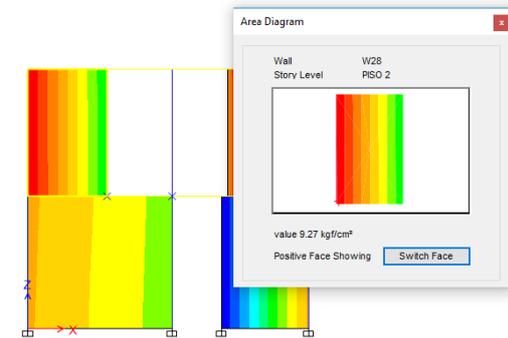
CUMPLE



$$\sigma_m = 11.44 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

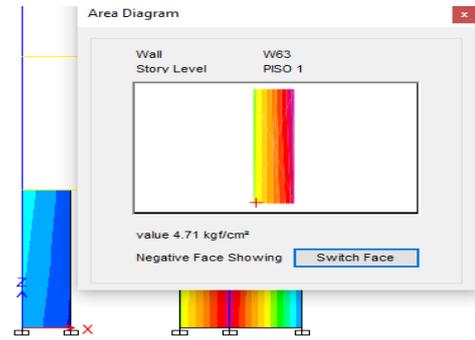
CUMPLE



$$\sigma_m = 9.27 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

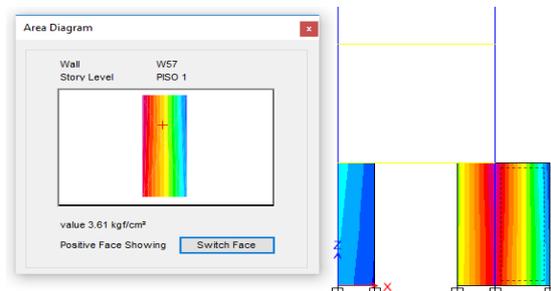
CUMPLE



$$\sigma_m = 4.71 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

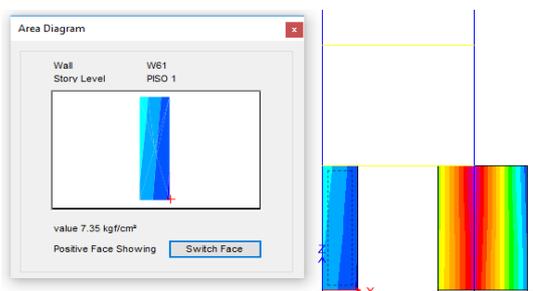
CUMPLE



$$\sigma_m = 3.61 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

CUMPLE

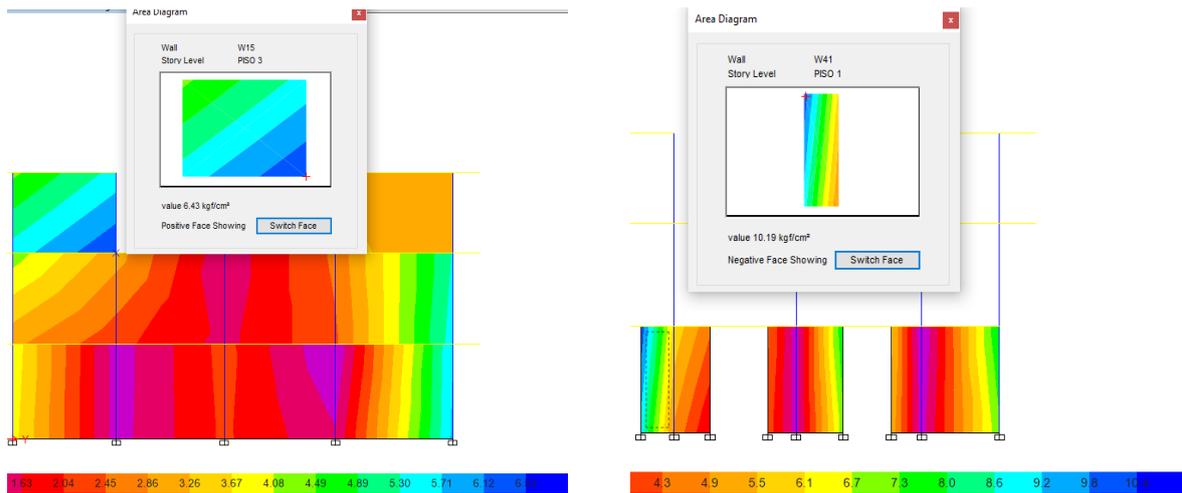


$$\sigma_m = 7.35 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

CUMPLE

Verificación de esfuerzos máximos en muro en el eje en Y-Y



$$\begin{aligned} \sigma_m &= 3.61 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2 \\ &\leq 12 \text{ kg/cm}^2 \\ &\text{CUMPLE} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_m &= 7.35 \text{ kg/cm}^2 \leq 0.15 * 80 \text{ kg/cm}^2 \\ &\leq 12 \text{ kg/cm}^2 \\ &\text{CUMPLE} \end{aligned}$$

3.4.5. Implementación del refuerzo sísmico

Selección de alternativa de refuerzo para muros de albañilería

El proceso, para elegir la propuesta más conveniente de refuerzo de un grupo de ofertas de reforzamiento de muros de albañilería, consiste en evaluar objetivamente todos los criterios que se puedan establecer, seleccionando la opción más valorada. Son 7 las etapas para la toma de decisiones (Toskano, 2005).



Figura 51. Procesos de toma de decisiones

1. Definición del problema

El problema que se identificó para esta investigación es la existencia de un alto riesgo sísmico en la vivienda de albañilería confinada, debido a poca densidad de muros, carencia de muros portante en el tercer piso y la inadecuada selección de ladrillos para muros perimetrales (Pérez, 1013, p. 10).

2. Identificación de alternativas

Según los ensayos experimentales que realizó la SENCICO con diferentes materiales para reforzar muros, en esta investigación se han identificado las alternativas con diferentes características para el reforzamiento estructural de los muros que aportan rigidez lateral a los muros tal y como muestra la (figura 52).

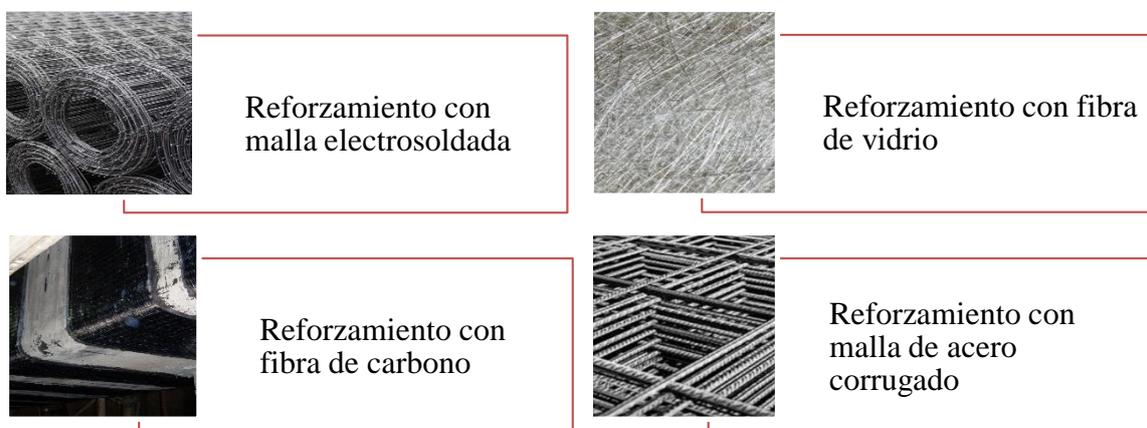


Figura 52. Alternativas de reforzamiento en muros

3. Determinación de los criterios.

- El material para reforzar debe ser el más económico y el que demande menor tiempo en reforzar.
- El material debe incrementar en mayor proporción la rigidez al muro.
- El material que se utilizará para reforzar debe estar al alcance de todos.

4. Evaluación de las alternativas

La (tabla 47), muestra un comparativo de los materiales utilizados para reforzar con las rigideces (K) que incrementan cada una de ellas. De acuerdo al incremento de la rigidez, la valoración máxima es para la fibra de carbono y seguida la malla de acero corrugado.

Tabla 47. Comparativo de incremento de rigideces según el material de reforzamiento

Materiales utilizados para reforzar	Ko [kN/mm]	Kf [kN/mm]	Incremento de K[kN/mm]	Valoración
Malla electrosoldada	19	117	6	X
Fibra de vidrio	10	59	5.8	X
Fibra de carbono	10	35	12.4	✓
Malla de acero corrugado	20.20	131.85	6.5	✓

Fuente: SENCICO

La (tabla 48), muestra un comparativo del análisis costos de la construcción del muro con y sin reforzamiento, De acuerdo al precio parcial del reforzamiento la valoración máxima es para la fibra de vidrio, malla electrosoldada y la malla de acero corrugado respectivamente.

Tabla 48. *Comparativo de costos según el material de reforzamiento*

Materiales utilizados para reforzar	Precio de la construcción del muro S/.	Precio del reforzamiento del muro S/.	Parcial S/.	Valoración
Malla electrosoldada	1542.09	1222.34	2764.43	✓
Fibra de vidrio	1542.09	876.88	2418.97	✓
Fibra de carbono	1542.09	1323.53	2865.62	X
Malla de acero corrugado	1542.09	1315.89	2857.09	✓

Fuente: SENCICO

La (tabla 49), muestra un comparativo del análisis del tiempo de la construcción del muro y el reforzamiento. De acuerdo al tiempo parcial del reforzamiento la valoración máxima es para la fibra de vidrio.

Tabla 49. *Comparativo de tiempos según el material de reforzamiento*

Materiales utilizados para reforzar	Tiempo de la construcción de muros (días)	Tiempo del reforzamiento del muro (días)	Parcial (días)	Valoración
Malla electrosoldada	3	2	5	✓
Fibra de vidrio	3	1	4	✓
Fibra de carbono	3	2	5	✓
Malla de acero corrugado	3	2	5	✓

Fuente: SENCICO

5. Elección de una opción

A partir de la evaluación que se realizó de acuerdo a la rigidez, economía y tiempo de ejecución, se elige utilizar la malla de acero corrugado para el reforzamiento de la vivienda de albañilería, debido que este material aporta rigidez lateral, es económico y es accesible para adquirirlo.

6. Implementación de una decisión

Mallas de acero corrugado como refuerzo

La malla de acero corrugado que se utilizará como refuerzo en el muro de albañilería confinada está constituido por varillas de diámetro $\varnothing 4.7\text{mm}$, y un esfuerzo de fluencia de $f'_c=4200\text{kg/cm}^2$ y para fijar los nudos de la malla se asume un alambre N°16 y para anclar la malla de acero se asume utilizar un alambre N°8.



Figura 53. Varilla de acero de diámetro 4.7mm

Técnica para reparar y reforzar el muro

Inicialmente cada acero de 9.0m se estira y se endereza linealmente para luego ser cortada cada 2.25m. Asimismo la malla de acero corrugado es colocada a cada 150mm y posteriormente se une los aceros con alambres N°16 hasta formar la malla de acero. Luego de ser habilitada la malla de acero se prosigue a fijarla con alambre de N°8. El muro queda anclado con la malla de acero y finalmente es tarrajado como se muestra en la siguiente figura.



Figura 54. Técnica para reforzar muros de albañilería

Rigidez Lateral

La rigidez lateral elástica del muro reparado alcanzó el 86% de la rigidez elástica del muro original. Asimismo, la rigidez lateral inicial del muro reparado se incrementó en un 6.5% de la rigidez que tuvo inicialmente el muro.

Tabla 50. Rigidez lateral inicial (K_0) y final (K) del muro original y el muro reforzado

Espécimen	K_0 [kN/mm]	K final [kN/mm]
Muro sin refuerzo	152.20	20.20
Muro con refuerzo	131.85	11.40

Fuente: Luján, Martín (2018)

Verificación de la rigidez

Con el uso del Software Etabs V.16.2. Se creó un modelo de un muro de albañilería en el eje Y-Y, en tal sentido que se aplicó una fuerza lateral de 100 tonf para generar un desplazamiento inicial (ver figura 55).

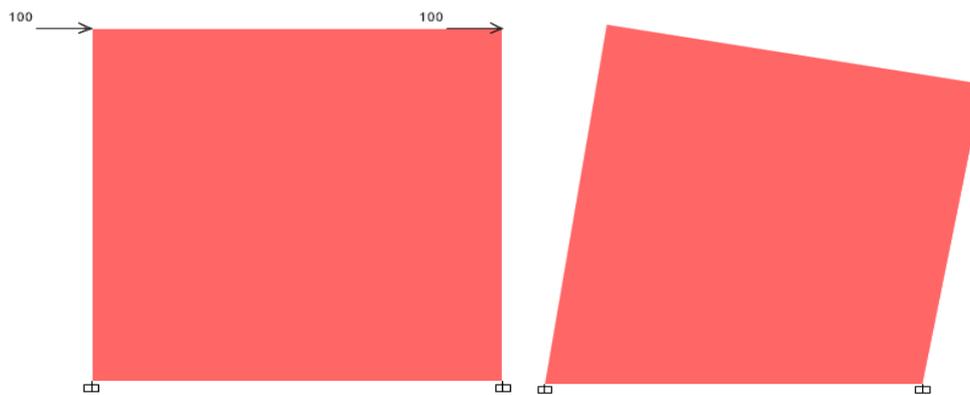


Figura 55. Desplazamiento del muro sin reforzamiento

El muro de albañilería se desplazó en el sentido Y-Y y logró un desplazamiento inicial de 2.0268 cm, tal y como muestra la (figura 56).

Object ID			
Tower and Story	Label	Unique Name	
Story1	1	8	

Point Displacement and Drift			
	X	Y	Z
Translation, cm	0.0000	2.0268	1.1206
Rotation, rad	-0.010376	0.000000	0.000000
Drift	0.000000	0.008107	

Figura 56. Desplazamiento del muro sin reforzamiento en el eje Y-Y

Los elementos Shell nos brindan modificadores de rigidez a lo largo de su plano y fuera de su plano. El modificador de membrana permite modificar la rigidez a fuerzas axiales a travez de su plano. Mientras que, el modificador a flexión permite modificar la rigidez a flexión a lo largo de su plano y cortarte fuera de su plano. Para comprobar la aplicación adecuada de incrementar la rigidez de un muro se realizará una verificación en un muro aplicando la misma fuerza lateral de 100 tonf al muro sin reforzar. Además se modificará las propiedades de rigidez del muro en **“Define/ Wall Properties/Wall property Data”**, se incrementará 6.5 veces la rigidez inicial, la cual aporta la malla de acero corrugado. Esto se modificará en la membrana de dirección f11, f22 y f12 (ver figura 57).

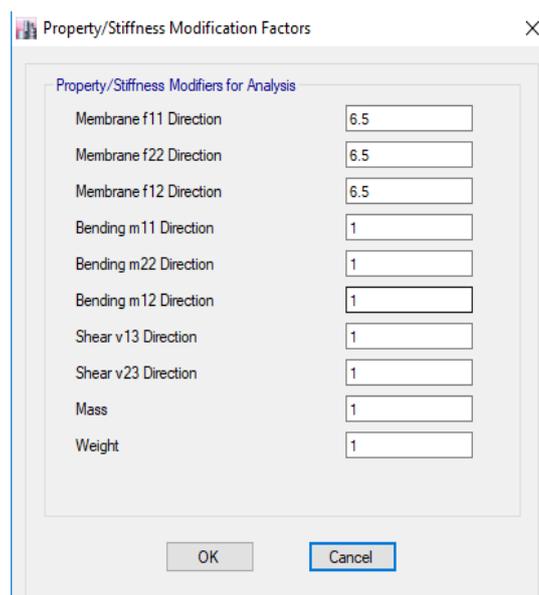


Figura 57. Modificadores de rigidez del muro

El muro de albañilería se desplazó en el sentido Y-Y, y logró un desplazamiento de 0.3118 cm, tal y como muestra la (figura 58).

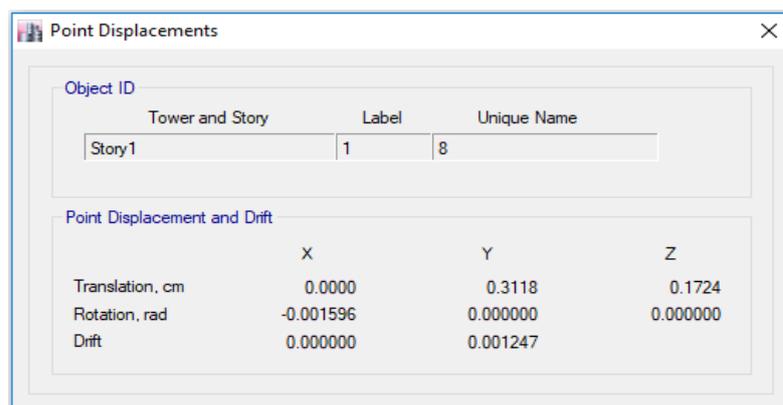


Figura 58. Desplazamiento del muro con reforzamiento en el eje Y-Y

7. Evaluación de los resultados

Para verificar el incremento de la rigidez lateral a 6.5 veces la rigidez inicial, el desplazamiento del muro reforzado (D_r) debe ser igual al desplazamiento sin el refuerzo (D_{sr}) dividido entre la rigidez 6.5.

$$D_r = \frac{D_{sr}}{6.5}$$
$$D_r = \frac{2.0268}{6.5} = 0.3118 \text{ cm}$$

Debido que el desplazamiento del muro reforzado es 0.3118cm, se confirma que el procedimiento de incrementar la rigidez a 6.5 veces la rigidez inicial (K_0) es la adecuada.

IV. DISCUSIÓN

Debido a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general donde menciona que el reforzamiento de muros con malla de acero corrugado reduce el riesgo sísmico, a través de la deriva máxima permitida, tal y como menciona Lujan, Martín (2018).

Se acepta la hipótesis específica que establece que la vivienda de albañilería confinada es altamente vulnerable ante un evento sísmico de 0.4g. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Mosqueira y Tarque (2005), estos autores señalan que el factor determinante que afecta la vulnerabilidad sísmica en las estructuras de las viviendas es la escasa densidad de muros. El 65% del total de viviendas que analizaron no tiene adecuada densidad de muros al menos en una de sus direcciones, y el 72% de las viviendas tienen una vulnerabilidad alta, esto implica que estas viviendas sufrirán daños durante la ocurrencia de sismos de 0.4g. Esto es acorde con lo que en este estudio se determina.

Según los resultados de Lujan, Martín (2018). La malla de acero corrugado incrementa la rigidez en un 6.5 % de la rigidez inicial del muro. En este estudio el incremento fue superior debido que el muro cuenta con bordes arriostrados.

La vivienda de albañilería confinada tiene un nivel de peligro sísmico medio, así como menciona Mosqueira y Tarque (2015). Las viviendas autoconstruidas analizadas en Lima Metropolitana el 60% tienen un peligro sísmico medio.

V. CONCLUSIONES

El procedimiento que se planteó para determinar la vulnerabilidad de la vivienda, realizando una evaluación preliminar posteriormente una evaluación profunda de la vivienda, permitió realizar una correcta evaluación del estado de la vivienda para luego ser reforzada.

La evaluación del reforzamiento de muros con malla de acero corrugado determinó la reducción del riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada, de manera que se minimizó la distorsión de entrepisos máximos permitidos en un 61% tanto en el eje X como en Y, para cumplir con el requisito de una vivienda sismoresistente y estar dentro del rango permitido por el RNE E.030.

La evaluación preliminar de vulnerabilidad de la vivienda analizada mediante la calificación de grado de vulnerabilidad es un método simplificado y práctico que nos permitió determinar la vulnerabilidad de la vivienda. Según la evaluación previa de la vulnerabilidad por densidad de muros se determinó que la vulnerabilidad de la vivienda de albañilería confinada es alta.

De los datos obtenidos de la evaluación realizada por el método cuantitativo (profunda o detallada) se determinó que el análisis por rigidez realizado es de 0.011 siendo el admisible 0.005, entonces el daño es severo y de vulnerabilidad alta. Se concluye que el análisis de vulnerabilidad preliminar y el análisis detallado guardan relación en sus resultados.

Se determinó que, el reforzamiento con malla de acero corrugado en el modelo numérico de la vivienda de albañilería confinada incrementó la rigidez lateral en un 47%, donde la rigidez inicial (K_0) era de 44632.30 tonf/m y añadiendo el refuerzo la rigidez final (K_f) llegó a 84378.82 tonf/m.

Según la evaluación realizada, se determinó que la vivienda de albañilería confinada tiene un nivel de peligro sísmico medio; por ello, la vivienda se encuentra expuesta ante un evento sísmico.

VI. RECOMENDACIONES

En este presente trabajo solo se ha analizado estructuras de albañilería confinada de tres niveles. Es importante estudiar los otros tipos de estructuras con metodologías adecuadas y simplificadas.

Para realizar un buen análisis y evaluación de una edificación, es importante contar con información necesaria y los recursos adecuados que nos permiten obtenerla, ya que de esto depende el resultado final del estudio.

Para realizar el ensayo de compresión diagonal en muretes en la albañilería de albañilería, se recomienda sacar tres muestras para promediar su resistencia y obtener un resultado más confiable. Por otro lado, se recomienda sacar muestras de los muros portantes más críticos.

Se recomienda realizar el reforzamiento estructural para todos los muros que lo necesitan, en este estudio solo se reforzó muros en el eje X-X, la cual permitió disminuir la máxima deriva y estar dentro del permisible.

En todo el proceso se deberá tomar en cuenta la inspección realizada; por ende, el evaluador deberá ser muy minucioso respetando los pasos que se han detallado en todo el proceso para no generar dudas o respuestas incoherentes.

REFERENCIAS

1. ALHADLD, Mon. Assessment of the flexural behavior of reinforced concrete beams strengthened with concrete jackets [en línea].
2. ALONSO, José. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones [en línea]. Venezuela: Marketing Soluciones C.A, 2014 [fecha de consulta: 25 de abril del 2019].
Disponibile:<https://pe56d.s3.amazonaws.com/p194bfb12n1obn1gab14591p7d1q42b.pdf>.
ISBN: 978-980-7658-04-1
3. ARAQUE Cristancho, Yarely Del Rocío. Guía para el cálculo de la Fuerza Horizontal Equivalente y Derivas según título A4-A6 NSR-10. Trabajo de grado (título de ingeniero civil). Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de estudios a distancia –FAEDIS, 2015, 136pp.
4. ASTM C 617M. Cabeceado de Especímenes Cilíndricos de Concreto. 2003.
5. BAZAN Arbildo, Joen. Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca. Tesis (Magister en Ingeniería civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, escuela de graduados, 2007. 89 pp.
6. BEDOYA Ruiz, Alveiro. Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmica de viviendas de bajo costo estructurales con ferrocemento. Tesis (tesis doctoral). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, departamento de ingeniería del terreno, cartografía y geofísica, 2005. 311pp.
7. BENEDETTI, D y Petrini, V. (1984). Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura i proposte di un metodo di valutazione. L'industrielle Costruzioni, 149pp.
8. BERNAL, Jorge. Estructuras [en línea]. Buenos Aires: 2005 [fecha de consulta: 6 de junio del 2019].
Disponibile:<https://books.google.com.pe/books?id=BeCvBGWKUoC&printsec=frontcover&dq=esfuerzos+internos+en+estructuras&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiw1uytsd3iAhXFtlkKHZHMdLkQ6AEILTAB#v=onepage&q&f=true>.
ISBN: 987-584-020-3
9. BLONDET, Marcial, TARQUE, Nicola y VELASQUEZ, José. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology [en línea]. Setiembre de 2016, [fecha de consulta: 14 de junio del 2019].

10. BONETT, Ricardo. Vulnerabilidad y riesgo sísmicos de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis (para optar el grado de doctor). Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña, 2003.
11. BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. México: Interamericana editores, S. A, 2012 [fecha de consulta: 18 de marzo del 2019]. Disponible:https://libreriafavorita.blogspot.com/2017/09/metodologia-de-la-investigacion_20.html.
12. CAI Li, Shen et. al, [en línea]. Experimental hysteretic behavior of in plane loaded reinforced grouted multi ribbed aerated concrete blocks masonry walls.
13. CASAN Ñ Pérez, Almudema. La decisión multicriterio, aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación. Proyecto (Master en edificación). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, especialidad Gestión, 2013. 182pp.
14. CEVALLOS Pezo, Oscar. Reforzamiento estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electrosoldada. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, facultad de ciencias e ingeniería, 2018.
15. CORSANEGO, Petrini. Seismic vulnerability of buildings. In: Proceedings of the SEISMED 3. Trieste, Italia: 1990. [fecha de consulta: 15 de abril del 2019].
16. ESPÍNDOLA, Víctor y PÉREZ, Xyoli. Sismos y patrimonio cultural [en línea]. México: Diana Goldberg mayo editorial, 2018 [fecha de consulta: 15 de abril del 2019]. Disponible en:
https://www.inah.gob.mx/images/otros/20181019_libro_sismos_patrimonio2.pdf
17. Federación de Enseñanza de CC. OO de Andalucía. Tipos de esfuerzos físicos. Revista digital para profesionales de la enseñanza [en línea]. Julio 2011. [Fecha de consulta: 2 de junio del 2019].

Disponible en: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
18. Gay, L.R. (1996). Educational Research. Competencies for Analysis and Application. USA.
19. GHOBARAH, Ahmed. On drift limits associated with different damage levels [en línea]. Junio de 2014, [fecha de consulta: 3 de mayo del 2019].

Disponible:https://www.researchgate.net/publication/272353679_On_drift_limits_associated_with_different_damage_levels.

20. HAQUE, A.B.M.R. Optimal retrofitting method selection of RC frame structures: A case study [en línea]. Enero de 2012, [fecha de consulta: 19 de junio del 2019].
21. HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. [en línea]. 6ta ed. Chiclayo: 2012 [fecha de consulta: 2 de marzo del 2019].

Disponible:<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia- dela-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.

ISBN: 978-1-4562-2396-0
22. Kramer, S.L. Geotechnical earthquake engineering. Pearson Education India: 1996.
23. KUROIWA Horiuchi, Julio. Gestión de riesgo de desastres en las ciudades del Perú. [en línea]. Lima: 2016 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2019].

Disponible:[http://ww3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/GestionRD/3.- %20Julio%20Kuroiwa. pdf](http://ww3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/GestionRD/3.-%20Julio%20Kuroiwa.pdf).
24. LUJÁN Ayala, Martin. Reforzamiento de los muros de albañilería confinada con malla de acero. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, facultad de ciencias e ingeniería, 2018.
25. LOPEZ Rodríguez, Luis Beltrán. Análisis y control de deformaciones [temario]. 2006. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2019].

Recuperado de: http://delegacion.topografia.upm.es/wp-content/uploads/2016/03/Tema-1-Estructuras-tipo-y-su-Deformaci%C3%B3n_2_2.pdf.
26. MELGUIADES Dámaso, Damián Jara. Predicción de la Respuesta Sísmica de muros de albañilería confinada empleando Redes Neuronales Artificiales. Tesis (Maestro en ciencias con mención en ingeniería estructural). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de ingeniería civil, 2013. 88pp.
27. MOSQUEIRA Moreno, Miguel y TARQUE Ruiz, Sabino. Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana. Tesis (Magister en Ingeniería civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, escuela de graduados, 2005. 25 pp.
28. MOSQUEIRA Moreno, Miguel. Riesgo sísmico de las edificaciones de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis (Doctor en Ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Trujillo, 2012.
29. NTE-0.20. Norma Técnica de Edificaciones E.020 - Cargas. Lima: s.n, 2018.

30. NTE-0.30. Normas Técnicas de Edificaciones E.030- Diseño sismoresistente. Lima: s.n, 2018.
31. NTE-060. Normas Técnicas de Edificaciones E.060 - Concreto Armado. Lima: s.n, 2018.
32. NTE-0.70. Norma Técnica de Edificaciones E.070 - Albañilería. Lima: s.n, 2018.
33. ORTEGA Villaizan, Cristian. Determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones por efecto de sismo en el centro urbano del distrito de Villa Rica. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, facultad de ingeniería civil, 2014. 43pp.
34. RAMIREZ Jaimes, Arturo. Refuerzo de malla de fibra de vidrio en trabajos de aplanados en exteriores. Tesis (Magister en ingeniería). México: Universidad Nacional Autónoma de México, posgrado de ingeniería, 2014.
35. REINHORN, Andrei. Hysteretic Behavior of Concrete Masonry Shear Walls with Unbounded Reinforcement [en línea]. January 2000, [fecha de consulta: 15 de junio del 2019].
Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305335712_Hysteretic_Behavior_of_Concrete_Masonry_Shear_Walls_with_Unbonded_Reinforcement.
36. ROUGIER Carolina, Viviana. Refuerzo de muros de mampostería con materiales compuestos. Tesis. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, 2007.
37. San Bartolomé, Ángel. Construcciones de albañilería. Lima: PUCP, 2012.
38. TAMAYO y Tamayo, Mario. El Proceso de la Investigación Científica. México: Limusa, 2004.
39. Udiaz, A. Principios of seismology. Cambridge University Press, 2000.
40. VIZCONDE, Adalberto. Peligro del autoconstrucción de edificaciones con albañilería confinada [en línea]. Guayaquil: 2016. [fecha de consulta: 28 de abril del 2019].
Disponible en: <http://edificacionesdecalidad.com/autoconstrucción-albañilería-sismorresistente>.

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		ESCALA	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VI: Riesgo Sísmico		DE	TIPO DE ESTUDIO: Descriptiva, porque se describen las características de la vivienda vulnerable estructuralmente para su respectivo reforzamiento.
			DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN	
¿En qué medida el reforzamiento estructural de muros con malla de acero corrugado reduce el riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada?	Evaluar el reforzamiento estructural de muros con malla de acero corrugado para reducir el riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada.	El reforzamiento estructural de muros con mallas de acero corrugado reducirá el riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada.	Desempeño estructural	Distorsión de entrepiso	Razón	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No experimental, debido que serán medidas a través de un análisis numérico se realizará mediante el software Etabs, el estudio no pretende modificar intencionalmente la variable independiente.
				Esfuerzos internos		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VD: Reforzamiento Estructural		Razón	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Método científico, porque se basa en fenómenos observables de la realidad, como son los efectos que trae un movimiento sísmico.
¿Cuán vulnerable se encuentra la estructura de la vivienda de albañilería confinada?	Evaluar la vulnerabilidad estructural de la vivienda de albañilería confinada.	La vivienda de albañilería confinada es altamente vulnerable ante un evento sísmico de 0.4g.	DIMENSIONES	INDICADORES		
			Vulnerabilidad estructural	Densidad de muros		
¿De qué manera el reforzamiento de muros de albañilería confinada empleando la malla de acero corrugado, permitirá incrementar la rigidez lateral de la vivienda?	Implementar en el modelo numérico, el refuerzo de la malla de acero corrugado en los muros de la vivienda de albañilería confinada para incrementar la rigidez lateral.	El refuerzo con malla de acero corrugado, incrementará la rigidez lateral de la vivienda de albañilería confinada.		Rigidez lateral		
¿Cuál será el nivel del peligro sísmico de la vivienda de albañilería confinada?	Determinar el nivel de peligro sísmico sobre la vivienda de albañilería confinada.	La vivienda de albañilería confinada tiene un nivel de peligro sísmico alto.	Peligro sísmico	Cortante basal	Ordinal	POBLACIÓN: En la presente investigación, la población constituye como escenario una vivienda de albañilería confinada de tres niveles.
						MUESTREO: No probabilística
						MUESTRA: En ésta investigación la muestra seleccionada son los muros de albañilería confinada.
						DURACIÓN: 8 meses

Anexo 2. Ficha de recolección de datos

VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA				
FICHA DE ENCUESTA				
Fecha de evaluación:			Hora: 10 a.m	
Nombre del evaluador: Yanina Alcántara Verde				
DATOS GENERALES				
Nombre del propietario	Carlos Julio Gomez Rojas			
DNI. N°	21121439			
Teléfono	916190392			
N° de personas en la vivienda	7 personas			
DATOS GENERALES DE LA VIVIENDA				
Ubicación	Mz C Lt 1 AA. HH Cáceres		Distrito: Ate	
Área del terreno	90 m ²	Largo:	Ancho: 6 m	
Altura de la vivienda(m) :	8.49 m	1° nivel: 2.78 m	2° nivel: 2.68 m	3° nivel: 2.37 m
Responsable de su construcción	Maestro de obra			
Tiempo de construcción	22 años aproximadamente			
Año de inicio de	1997	Año de término de construcción	2016	
N° de pisos	3	N° de pisos proyectado	3	
DATOS TÉCNICOS				
Parámetros del suelo				
<input type="checkbox"/>	Rígidos			
<input checked="" type="checkbox"/>	Suelos intermedios		Observaciones: Arena y roca	
<input type="checkbox"/>	Suelos blandos			
Características de los principales elementos estructurales de la vivienda				
1. Cimiento (m)				
a. Cimiento Corrido		b. Zapata		
Profundidad	0.80	Profundidad	1.0	
Ancho	0.40	Sección	1.0 * 1.0	
Observaciones: Fue consultado al maestro de obra encargado de su construcción.				
2. Muros (m)				
a. Ladrillo macizo		b. Ladrillo pandereta		
Dimensiones	0.90 * 0.11 * 0.21	Dimensiones	0.09 * 0.11 * 0.22	
Juntas	0.02 a 0.035	Juntas	0.015 a 0.03	
Observaciones: Ladrillos King kong 18 huecos 0.09 * 0.13 * 0.23.				
3. Columnas (m)		4. Vigas (m)		
Concreto armado:		Concreto armado:		
Dimensiones	0.25 * 0.25	Dimensiones	0.25 * 0.25	
Observaciones: Algunas columnas con refuerzo hasta 0.30 y vigas hasta 0.25 * 0.30.				
5. Techos (m)				
Diafragma rígido:				
Tipo	Aligerado			
Peralte	0.20			
Observaciones: El 1er y 2do piso consta de 0.20 m de espesor y el 3er 0.17 m.				

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

Problemas de ubicación

- Vivienda sobre relleno natural
- Vivienda en quebrada
- Vivienda con pendiente pronunciada
- Vivienda con nivel freático superficial

Otros:.....

Sistema Estructural

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Columnas cortas | <input type="checkbox"/> Cercos no aislados de la estructura |
| <input type="checkbox"/> Losas no monolíticas | <input type="checkbox"/> Reducción en planta |
| <input checked="" type="checkbox"/> Insuficiencia de junta sísmica | <input checked="" type="checkbox"/> Muros portantes de ladrillos pandereta |
| <input checked="" type="checkbox"/> Tabiquerías no arriostradas | <input checked="" type="checkbox"/> Alfeizar o aislados |
| <input checked="" type="checkbox"/> Losa de techo a desnivel con vecino | <input checked="" type="checkbox"/> Espesor de junta sísmica no uniforme |

Otros:.....

Factores degradantes

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Armaduras expuestas | <input checked="" type="checkbox"/> Humedad en muros |
| <input type="checkbox"/> Armaduras corroidas | <input checked="" type="checkbox"/> Muros agrietados |
| <input type="checkbox"/> Eflorescencia | |

Otros:.....

Mano de obra

- | | |
|-----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Muy mala | <input checked="" type="checkbox"/> Regular |
| <input type="checkbox"/> Mala | <input type="checkbox"/> Buena |

Otros:.....

Materiales deficientes

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Ladrillos kk, artesanal | <input checked="" type="checkbox"/> Ladrillos macizos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ladrillos pandereta | |

Otros:.....

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

.....

.....

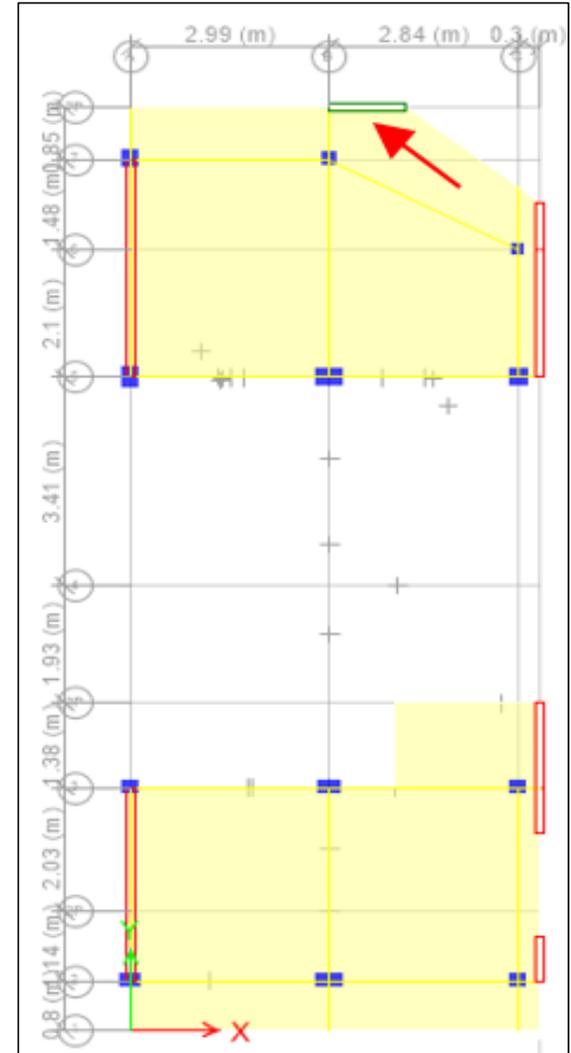
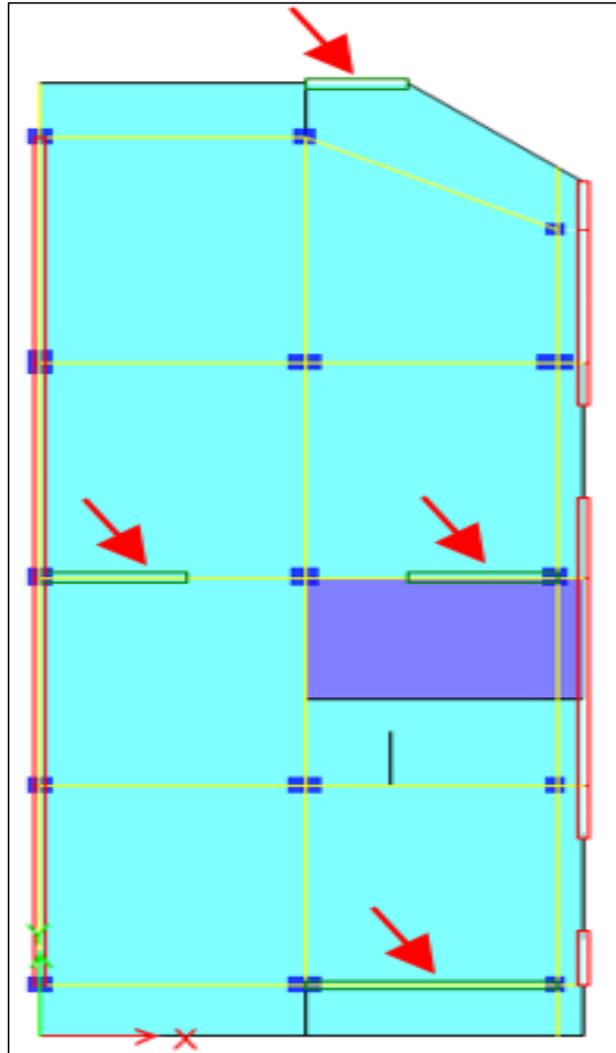
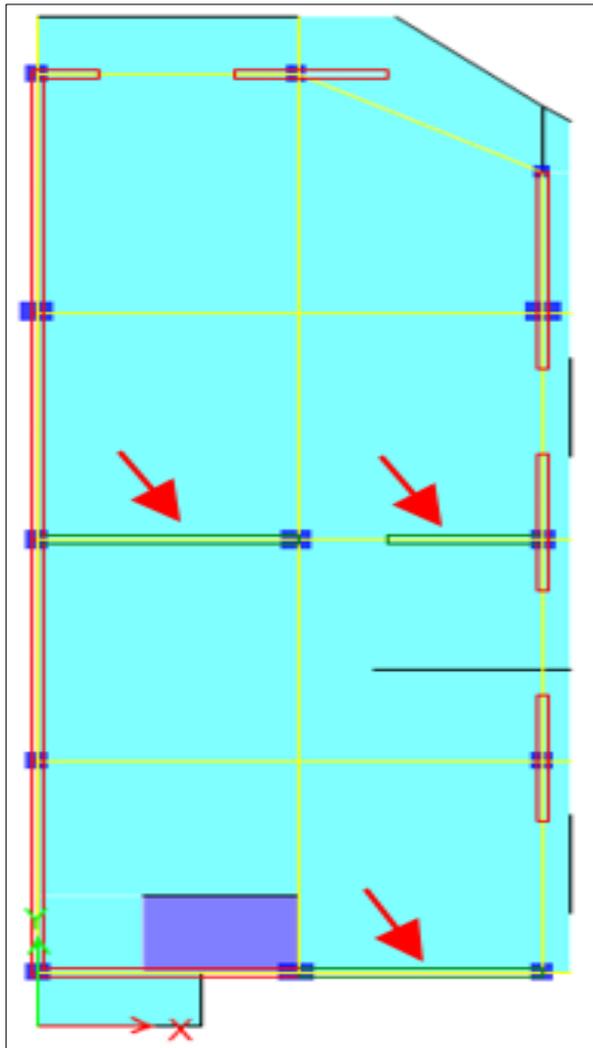
.....

.....

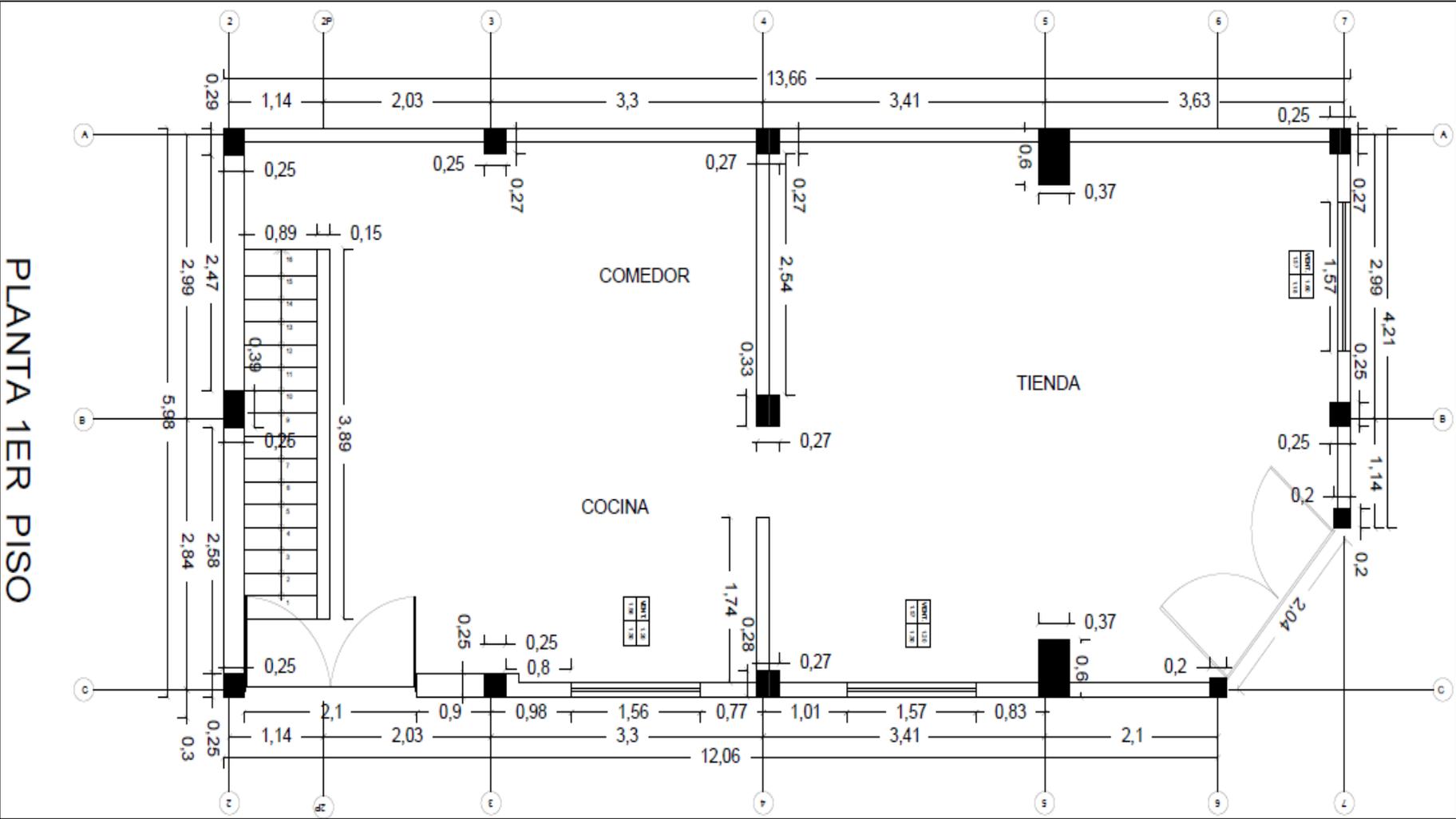
.....

.....

Anexo 3. Esquema de la vivienda reforzada

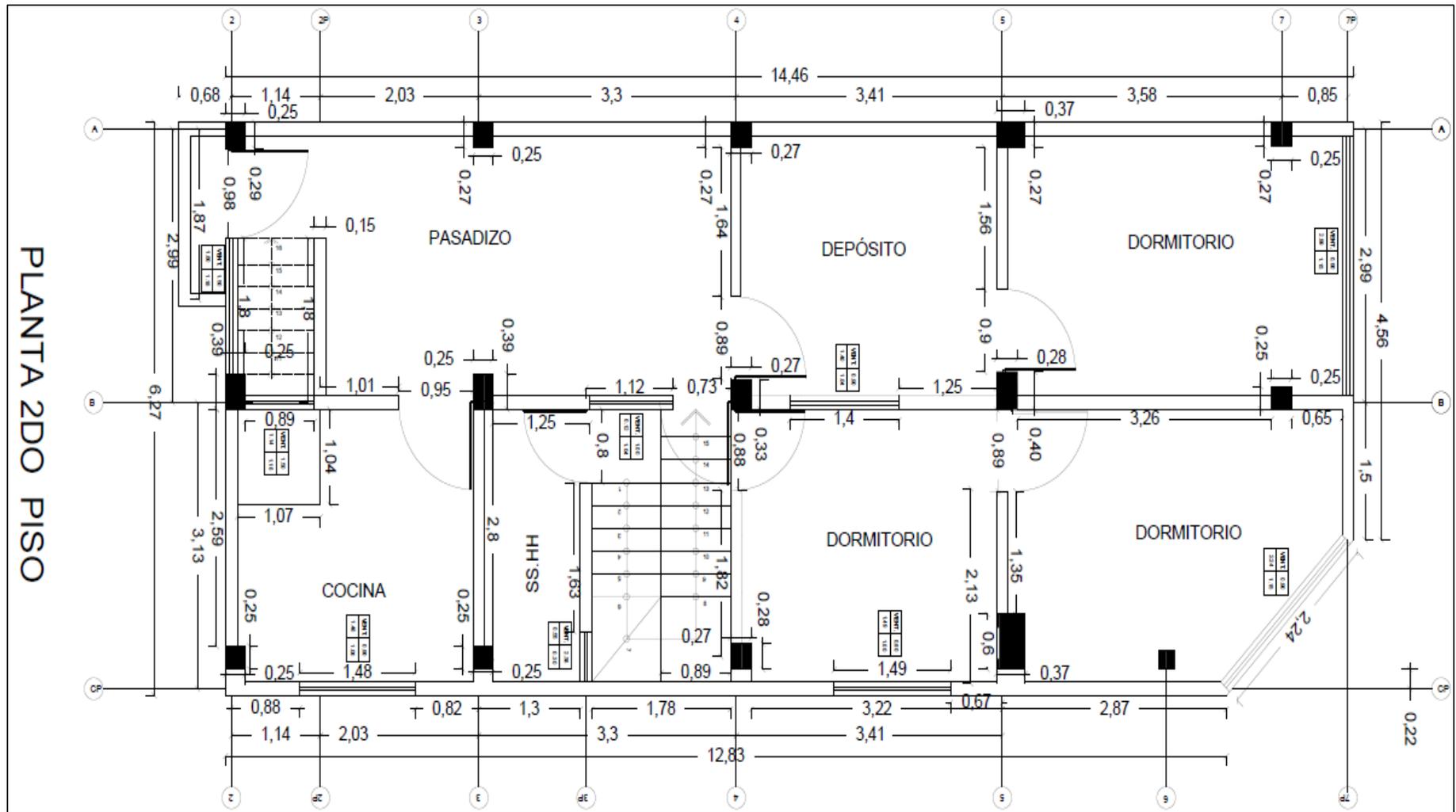


Anexo 4. Plano de arquitectura del primer piso

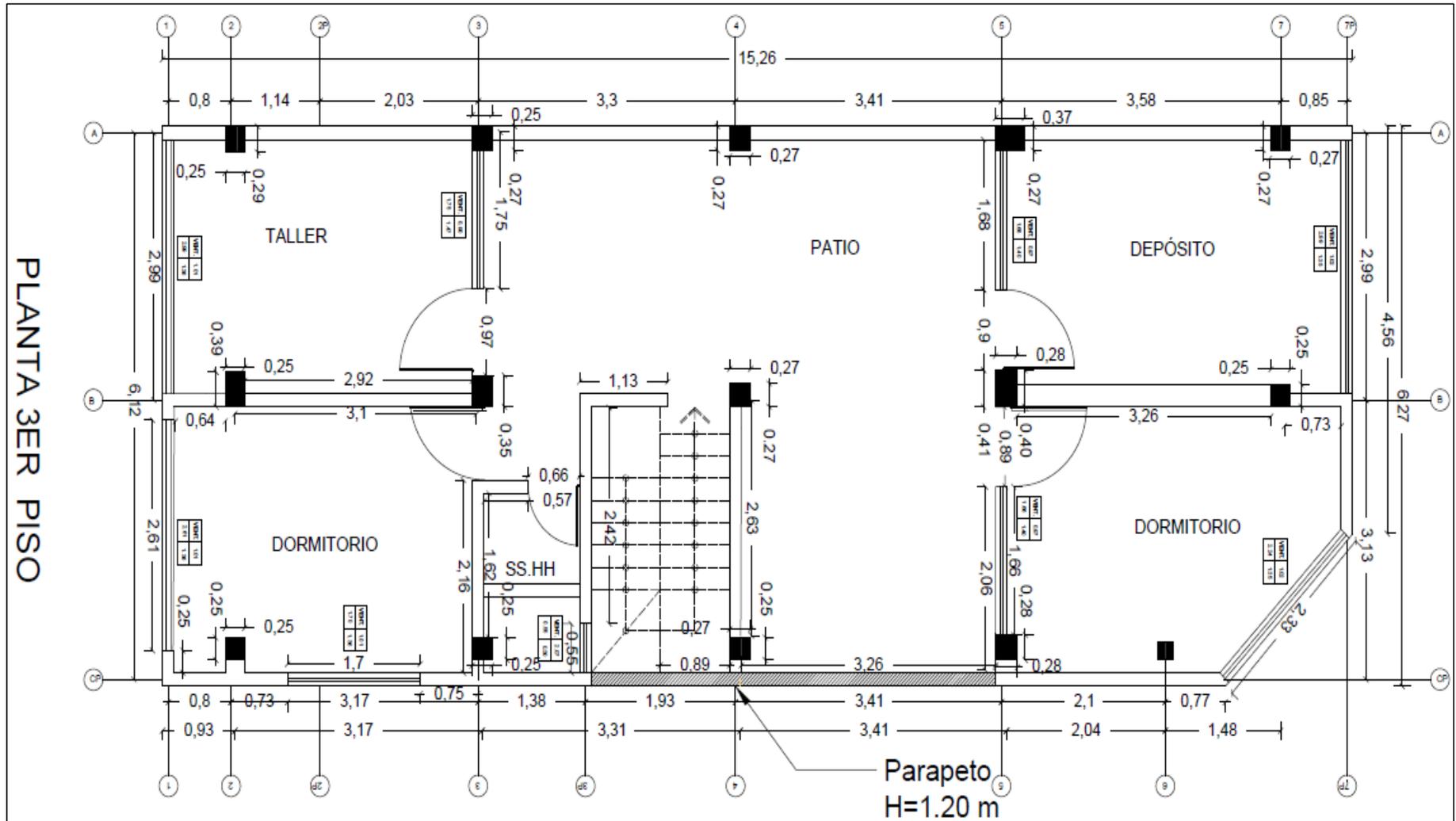


PLANTA 1ER PISO

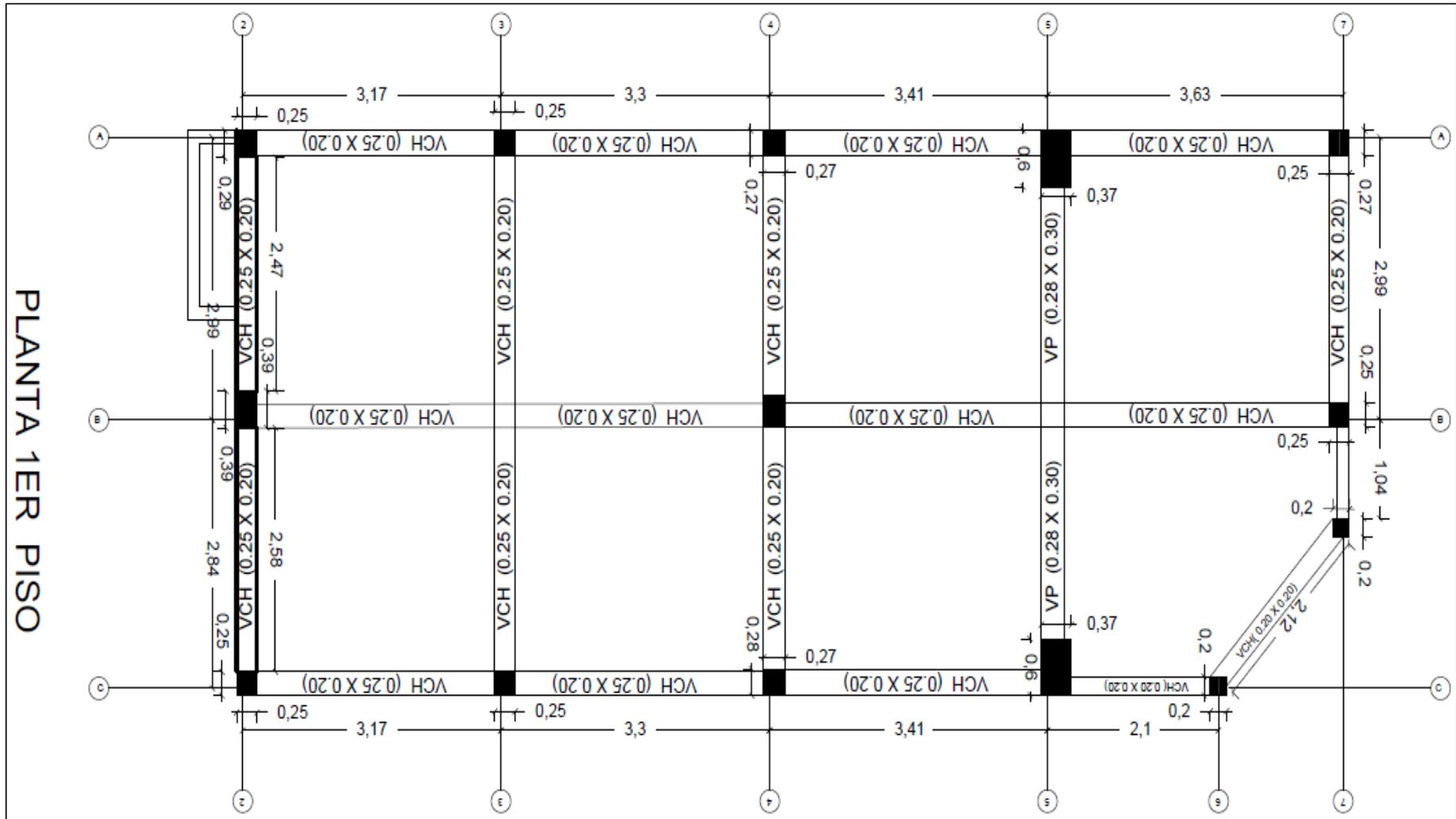
Anexo 5. Plano de arquitectura del segundo piso



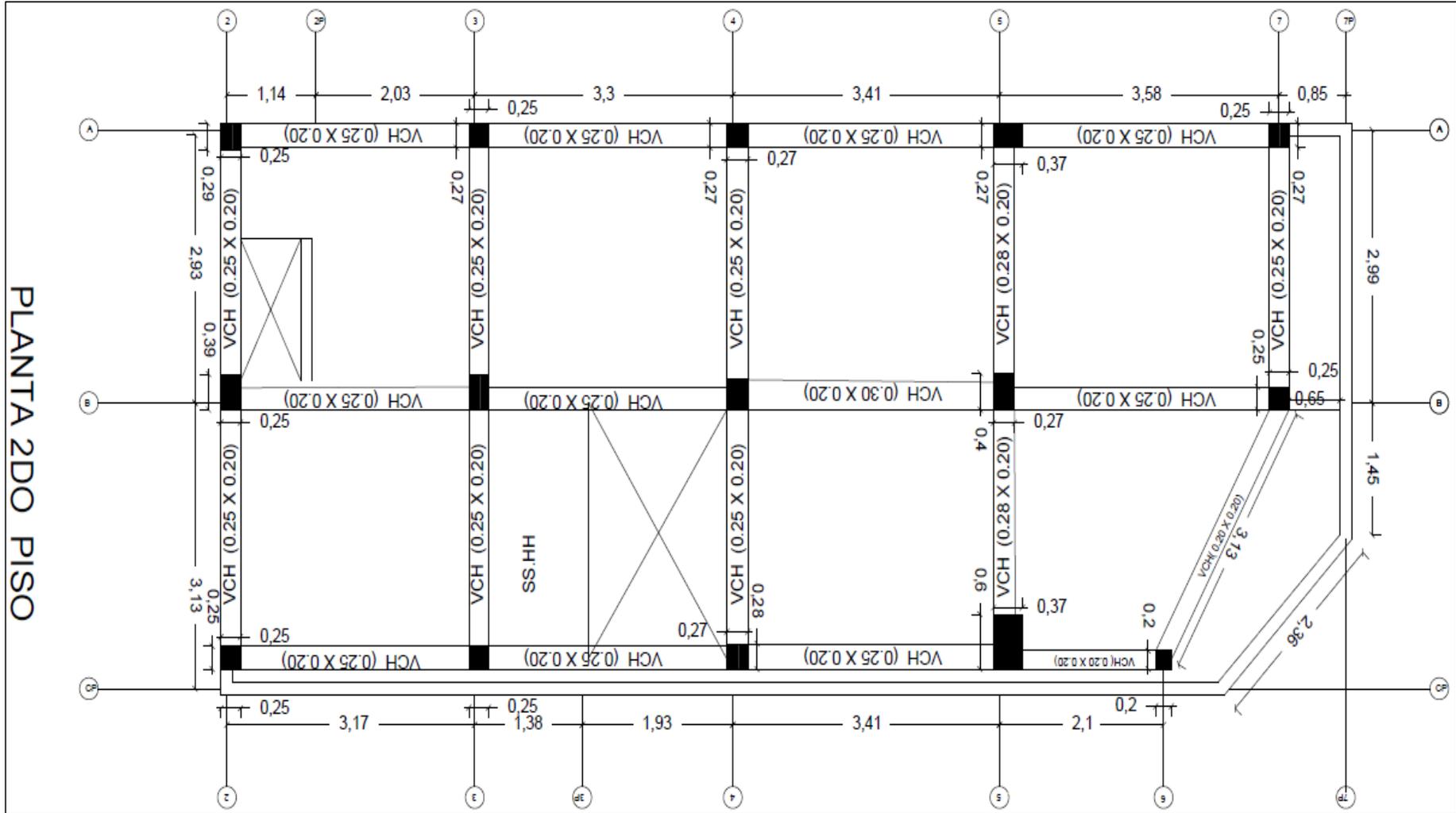
Anexo 6. Plano de arquitectura del tercer piso



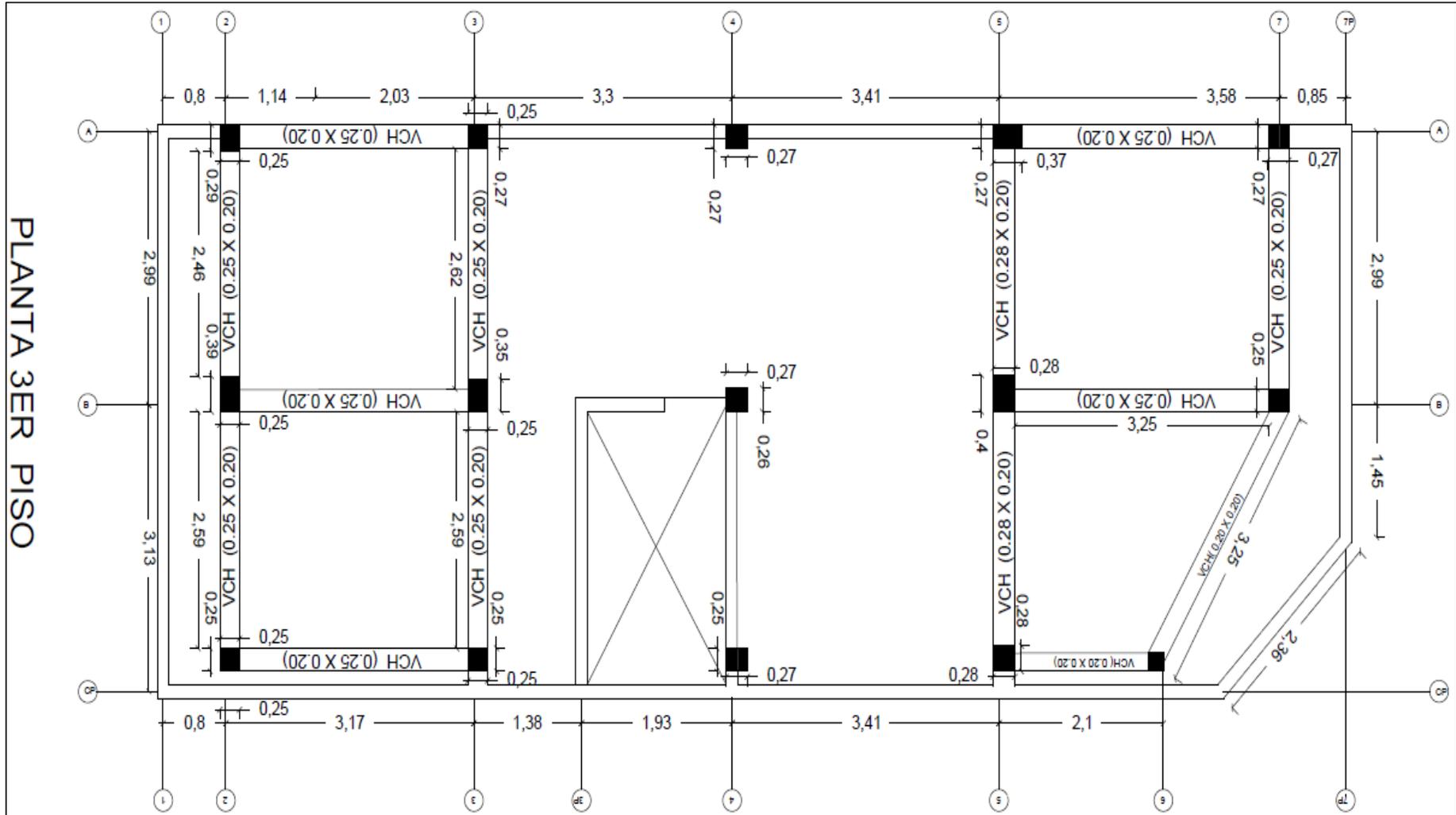
Anexo 7. Plano aligerado del primer piso



Anexo 8. Plano aligerado del segundo piso



Anexo 9. Plano aligerado del tercer piso



Anexo 10. Estudios de mecánica de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004861

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 509-1

SOLICITANTE : YANINA ALCANTARA VERDE
 PROYECTO : TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA, ATE-2019"
 UBICACIÓN : MZ. "C", LTE. 1, AA.HH. ANDRÉS AVELINO CÁCERES - ATE
 FECHA : 13 DE JUNIO 2019

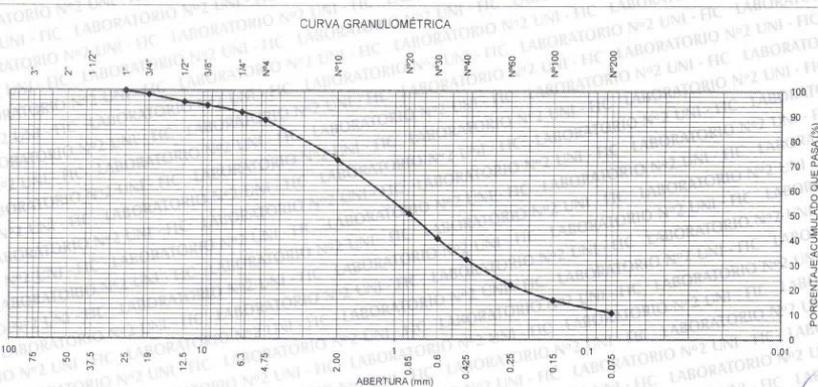
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 3.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-
2"	50.000	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-
1"	25.000	-	-	100.0
3/4"	19.000	1.5	1.5	98.5
1/2"	12.500	2.9	4.4	95.6
3/8"	9.500	1.3	5.7	94.3
1/4"	6.300	2.8	8.5	91.5
N°4	4.750	3.2	11.8	88.2
N°10	2.000	16.1	27.9	72.1
N°20	0.850	21.5	49.4	50.6
N°30	0.600	10.1	59.5	40.5
N°40	0.425	8.4	67.9	32.1
N°60	0.250	10.1	78.0	22.0
N°100	0.150	6.2	84.2	15.8
N°200	0.075	5.1	89.3	10.7
FONDO		10.7		

% Grava	11.8
% Arena	77.5
% Finos	10.7



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecutado por : Téc. D. Del Rio N
 Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842
 e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004861

Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME Nº S19 - 509-1

SOLICITANTE : YANINA ALCANTARA VERDE
 PROYECTO : TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA, ATE-2019"
 UBICACIÓN : MZ. "C", LTE. 1, AA.HH. ANDRÉS AVELINO CÁCERES - ATE
 FECHA : 13 DE JUNIO 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

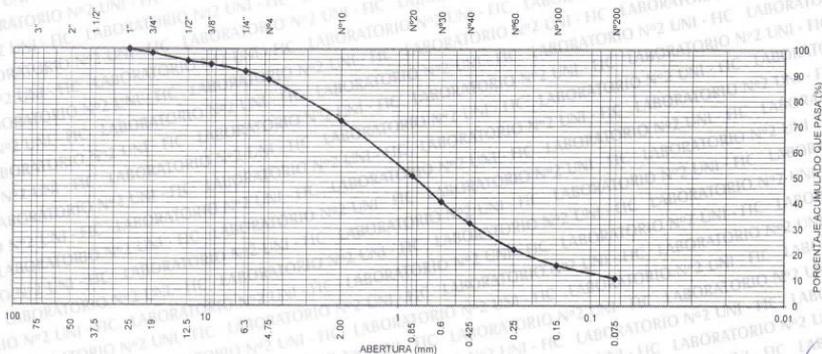
Calicata : C-1
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 3.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial Retenido	(% Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-
2"	50.000	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-
1"	25.000	-	-	100.0
3/4"	19.000	1.5	1.5	98.5
1/2"	12.500	2.9	4.4	95.6
3/8"	9.500	1.3	5.7	94.3
1/4"	6.300	2.8	8.5	91.5
Nº4	4.750	3.2	11.8	88.2
Nº10	2.000	16.1	27.9	72.1
Nº20	0.850	21.5	49.4	50.6
Nº30	0.600	10.1	59.5	40.5
Nº40	0.425	8.4	67.9	32.1
Nº60	0.250	10.1	78.0	22.0
Nº100	0.150	6.2	84.2	15.8
Nº200	0.075	5.1	89.3	10.7
FONDO		10.7		

% Grava	11.8
% Arena	77.5
% Finos	10.7

CURVA GRANULOMÉTRICA



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecutado por: Téc. D. Del Rio N

Revisado por: Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú

Teléfono: (511) 381-3842

e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004858

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

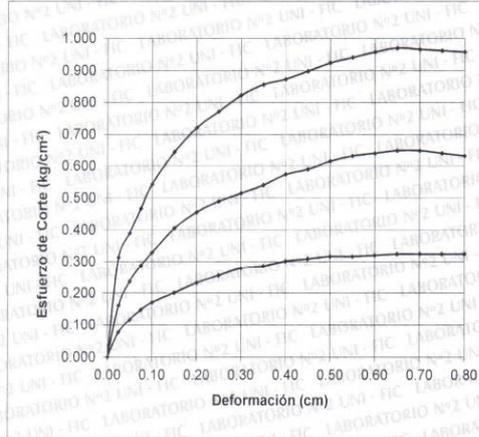
INFORME N° S19 - 509-2-1

SOLICITANTE : YANINA ALCANTARA VERDE
PROYECTO : TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA, ATE-2019"
UBICACIÓN : MZ. "C", LTE. 1, AA.HH. ANDRÉS AVELINO CÁCERES - ATE
FECHA : 13 DE JUNIO 2019

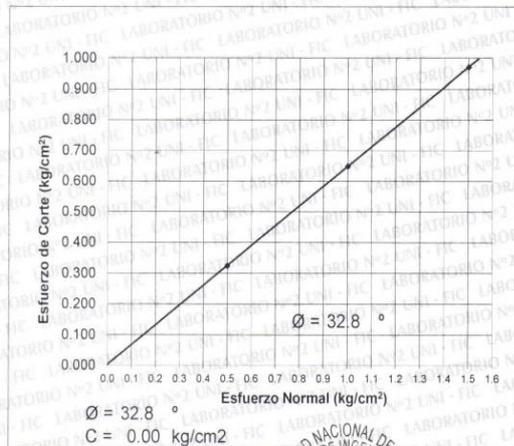
ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C-2
Muestra : M-2
Prof. (m.) : 3.00

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004859

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 509-2-1

SOLICITANTE : YANINA ALCANTARA VERDE
PROYECTO : TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA, ATE-2019"
UBICACIÓN : MZ. "C", LTE. 1, AA.HH. ANDRÉS AVELINO CÁCERES - ATE
FECHA : 13 DE JUNIO 2019

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C-2
Muestra : M-2
Prof. (m.) : 3.00

Table with 4 columns: Especimen N°, I, II, III. Rows include: Lado del molde (cm), Altura Inicial de la muestra (cm), Densidad húmeda inicial (gr/cm³), Densidad seca inicial (gr/cm³), Cont. de humedad inicial (%), Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm), Altura final de la muestra (cm), Densidad húmeda final (gr/cm³), Densidad seca final (gr/cm³), Cont. de humedad final (%), Esfuerzo normal (kg/cm²), Esfuerzo de corte máximo (kg/cm²).

Angulo de fricción interna : 32.8 °
Cohesión (Kg/cm²) : 0.00

Nota : Los especímenes se remoldearon con la densidad seca promedio de las densidades máxima - mínima y la humedad natural de la muestra.
Muestra remitida e identificada por el solicitante.

Realizado por : Téc. D. Del Rio R.
Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



Engineering
Technology
Accreditation
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 004860

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 509-2-1

SOLICITANTE : YANINA ALCANTARA VERDE
PROYECTO : TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA, ATE-2019"
UBICACIÓN : MZ. "C", LTE. 1, AA.HH. ANDRÉS AVELINO CÁCERES - ATE
FECHA : 13 DE JUNIO 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-2
Muestra : M-2
Prof. (m.) : 3.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

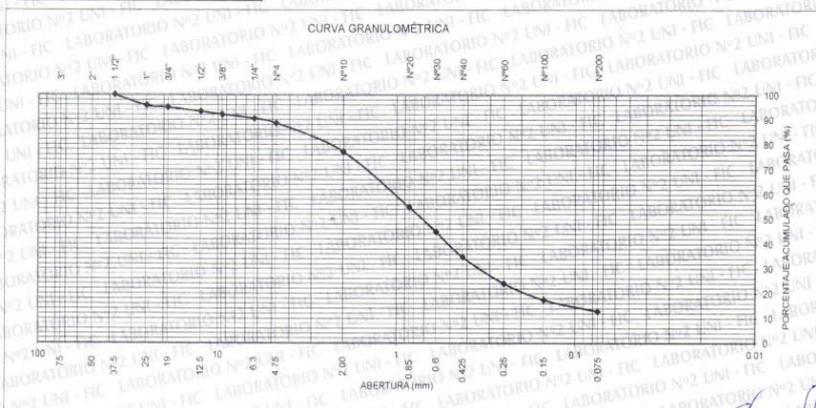
Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (% Parcial Retenido), (% Acumulado Retenido), (% Acumulado Pasa). Rows include various sieve sizes from 3" down to FONDO.

Summary table: % Grava : 11.4, % Arena : 75.8, % Finos : 12.8

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

Table with 2 columns: Limit type (Límite Líquido, Límite Plástico, Índice Plástico) and result (NP).

Clasificación SUCS ASTM D2487 : SM



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por: Tec. D. Del Rio N.
Revisado por: Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S19 - 509-3

SOLICITANTE : YANINA ALCANTARA VERDE
PROYECTO : TESIS: "IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA, ATE-2019"
UBICACIÓN : MZ. "C", LTE 1. AA.HH. ANDRÉS AVELINO CÁCERES - ATE
FECHA : 13 DE JUNIO 2019

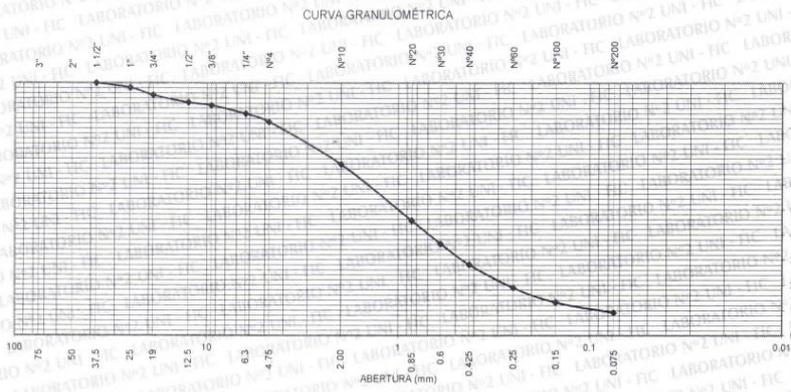
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3
Muestra : M-3
Prof. (m) : 3.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, (%) Acumulado Pasa. Rows include various sieve sizes from 3" down to N°200.

Summary table: % Grava : 15.4, % Arena : 75.4, % Finos : 9.1



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Sr. ...
Ejecutado por : Téc. D. Del Rio R.
Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842
e-mail: lms.servicios@uni.edu.pe, lms_fic@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



Anexo 11. Ensayos de albañilería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del

A

Obra

Ubicación

Asunto

Expediente N°

Recibo N°

Fecha de emisión

: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales

: YANINA ALCANTARA VERDE

: TESIS: IMPLEMENTACION DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE AGERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SISMICO EN UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, ATE - 2019

: MZC LT 1, A.A.H.H. CACERES - ATE

: Ensayo de Compresión Diagonal en muretes de Albañilería

: 19-2245

: 66109

: 13/06/2019

1.0. DE LA MUESTRA

2.0. CONDICIONES AMBIENTALES

3.0. DEL EQUIPO

4.0. MÉTODO DE ENSAYO

5.0. RESULTADOS

: El murete elaborado a base de ladrillos de arcilla cocida, con tipo de amarre de sogá, con dimensiones promedio de 56.1 x 41.2 x 11.5 cm, fue identificado y proporcionado por el solicitante, presenta una junta vertical y horizontal en promedio de 1.8 cm.

: Temperatura ambiente = 21.2 °C H.R. = 74.3%

: Máquina de ensayo universal, TOKYOKOKI SEIZOSHO
Certificado de Calibración: CMC-053-2018
Se utilizó las escuadras de acero de acuerdo a la NTP 399.621.

: Normas de referencia NTP 399.621.2015 y E-070 del RNE
Procedimiento interno AT-PR-08.

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DEL MURETE (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	COMPRESIÓN DIAGONAL (Kg/cm ²)
		LARGO (l)	ANCHO (h)	ESPESOR (t)			
M - 1	5/06/2019	56.1	41.2	11.5	559.5	2520	3.2

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sres. E.G./R. V. M. / D. A. Z.

Ms. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YANINA ALCANTARA VERDE
Obra : TESIS: IMPLEMENTACION DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUIR EL RIESGO SISMICO EN UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, ATE - 2019
Ubicación : MZ C LT1 A.A.H.H. CACERES - ATE
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Pilas de Unidades de Albañilería
Expediente N° : 19-2245
Recibo N° : 66109
Fecha de emisión : 14/06/2019

- 1.0. DE LAS PILAS** : Elaboradas a base de ladrillos artesanales king kong. Presentan las siguientes características; dosificación del mortero (cemento, arena gruesa), con proporción en volumen de 1 : 4 y espesor del mortero de 1.5 cm.
- 2.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración SNM. CMC-053-2018
- 3.0. MÉTODO DE ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399 605 2018.
 Procedimiento interno AT-PR-08.
- 4.0. RESULTADOS** :

MUESTRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESION AREA BRUTA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
			LARGO	ANCHO	ALTURA					
M - 1	4/06/2019	14/06/2019	20.9	11.4	43.5	238.3	15680	1.14	75	Separación del frente superficial
M - 2	4/06/2019	14/06/2019	20.8	11.3	43.8	235.0	17400	1.14	85	Separación del frente superficial

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Msc. Ing. Isabel Moromí Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : YANINA ALCANTARA VERDE
Obra : TESIS: IMPLEMENTACION DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO EN UNA VIVIENDA DE ALBAÑERÍA CONFINADA, ATE - 2019
Ubicación : M Z C LT1 A.A.H.H. CACERES - ATE
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 19-2245
Recibo N° : 66109
Fecha de emisión : 14/06/2019

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Ladrillos artesanales king kong macizo de arcilla cocida
2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, PROETI
 Certificado de calibración: LFP-273-2018
3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.613:2017.
 Procedimiento interno AT-PR-09.
4.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 13 de Junio del 2019

MUESTRAS	DIMENSIONES (mm)			ÁREA BRUTA (mm ²)	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN* (Kg/cm ²)	
	LARGO	ANCHO	ALTURA		(kg)	(Newton)	(kg/cm ²)	(MPa)
M - 1	209.0	119.0	90.0	24871	28181	276456	123.2	12.3
M - 2	208.0	120.0	90.0	24960	30242	296674	131.7	13.2
M - 3	208.0	119.0	89.0	24752	28763	282165	126.3	12.6
M - 4	208.0	119.0	89.0	24752	28421	278810	124.8	12.5
M - 5	207.0	117.0	89.0	24219	31385	307887	140.9	14.1
PROMEDIO =							129.4	12.9

* Resistencia a la compresión corregida por el coeficiente de relación entre la resistencia a la compresión de unidades de albañilería enteras y medias unidades, indicado en el Anexo A de la NTP 399.613.

f' b (Resistencia promedio) = 129.4 (kg/cm²)
 Desviación Estandar = 7.2 (kg/cm²)
 f' b c (resistencia característica) = 122.2 (kg/cm²)
 CV (Coeficiente de variación) = 5.5 (%)

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Msc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) Laboratorio

NOTAS: C V M
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 12. Ensayo de esclerometría

CONSULTORÍA - Control de la Calidad - Materiales de Construcción – Diseño de mezclas de concreto – Ensayos destructivos y no destructivos

INFORME TÉCNICO

ATENCIÓN : Sta. Yanina Alcántara Verde.
ASUNTO : Ensayo de Esclerometría en elementos de concreto.
OBRA : "IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, ATE 2019".
UBICACIÓN : Manzana "C" Lote 1, A.A.H.H. Cáceres - ATE.
DE : Mag. Ing. Carlos Villegas Martínez
FECHA : 11 de Junio del 2019

OBJETIVO:

Realizar el ensayo de Esclerometría (Martillo de Schmidt), de dureza superficial del concreto con la finalidad de medir la uniformidad de su resistencia en las columnas de concreto armado de la edificación. La ubicación de las zonas de ensayo fueron indicados por el solicitante.

Los ensayos de Esclerometría se realizaron el 06 de Junio del 2019.

Norma de referencia NTP 339.181:2013.

Calibración del equipo: CFM-019-2018 – 01.02.18 – S/N 126

RESULTADOS:

En los cuadros adjuntos se indica la ubicación, elemento estructural y los resultados de los ensayos de Esclerometría;

E1 - COLUMNA		E2 - COLUMNA		E3 - COLUMNA		E4 - COLUMNA	
PATRON - DIAMANTINA		PRIMER PISO		PRIMER PISO		PRIMER PISO	
Lectura N°	Valor rebote						
1	32	1	28	1	28	1	22
2	32	2	24	2	26	2	26
3	34	3	24	3	28	3	24
4	30	4	22	4	26	4	22
5	32	5	26	5	26	5	22
6	34	6	30	6	26	6	22
7	30	7	28	7	32	7	22
8	32	8	28	8	34	8	22
9	34	9	26	9	32	9	22
10	30	10	28	10	36	10	24
Promedio	32	Promedio	26	Promedio	29	Promedio	23
Desv. Est.	1.6	Desv. Est.	2.5	Desv. Est.	3.8	Desv. Est.	1.4
Sentido de aplicación	Horizontal						

En el cuadro N°1, se adjunta la curva de correlación del rebote promedio versus la resistencia a la compresión del concreto, del equipo utilizado.

Anexo 13. Correlación del rebote promedio vs resistencia a la compresión del equipo utilizado

CONSULTORIA - Control de la Calidad - Materiales de Construcción – Diseño de mezclas de concreto – Ensayos destructivos y no destructivos

CUADRO N°1: CORRELACION DEL REBOTE PROMEDIO VS RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL EQUIPO UTILIZADO

IMPACT ANGLE α

R	α -90°	α -45°	0°	α +45°	α +90°
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Over 600	Over 600	580	550	530
55	Over 600	Over 600	600	570	550

REBOUND VALUE R (left) **CYLINDER COMPRESSIVE STRENGTH F (kg/cm²)** (right)




 Mag. Ing. Carlos Villegas M.
 Ingeniero CIP 109062

STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE ASTM C42 / C42M - 18	CÓDIGO : FCON - 001
	VERSIÓN : 1.1
	VIGENCIA : 31/12/2019

SOLICITANTE : YANINA ALCANTARA VERDE	REGISTRO : 040-2019/HOL
PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SISMICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERIA CONFINADA, ATE - 2019	
UBICACIÓN : MANZANA "C" LOTE 1 AA. HH. CACERES - ATE	FECHA : 11/06/2019

TESTIGO DIAMANTINO

DESCRIPCION VISUAL	IDENTIFICACIÓN
En el cuerpo del testigo se observa escasa piedra natural subangulosa de baja resistencia , junto a arena limpia de grano grueso a fino, presenta una matriz porosa de coloracion gris claro, culminado el ensayo los fragmentos se desintegran facilmente.	C1



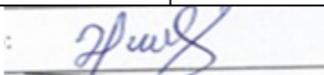
JOSE AAR CALDERÓN DE LOS SANTOS
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. C/P N° 148564

Jr. B. Ramírez Peña 316 Urb. Garagay
 San Martín de Porres - Lima - Perú
 Tel. +511 01-5676991, RPM: 954050569
 RPC: 994618850 e-mail: holivera@holperu.pe

Anexo 15. Matriz de validación de instrumento

Matriz de validación de instrumento							
Título de la Investigación			EVALUACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, ATE - 2019.				
Apellidos y Nombres del Investigador			Alcántara Verde, Yanina				
Apellidos y Nombres del Experto			Mg. Ing. Tacza Zevallos, John Nelinho				
ASPECTO POR EVALUAR				OPINIÓN DEL EXPERTO			
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS
Riesgo Sísmico	Desempeño Estructural	Distorsión de Entrepiso	I	Razón	X		
		Esfuerzos Internos	II	Razón	X		
Reforzamiento Estructural	Vulnerabilidad Estructural	Densidad de Muros	III	Razón	X		
		Rigidez Lateral	IV	Razón	X		
	Peligro Sísmico	Cortante Basal	V	Ordinal	X		
Firma del Experto:						Fecha: 20 de mayo del 2019.	

Matriz de validación de instrumento							
Título de la Investigación				EVALUACIÓN DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL CON MALLA DE ACERO CORRUGADO PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, ATE - 2019.			
Apellidos y Nombres del Investigador				Alcántara Verde, Yanina			
Apellidos y Nombres del Experto				Mg. Ing. Manchego Meza, Juan Alfredo			
ASPECTO POR EVALUAR					OPINIÓN DEL EXPERTO		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS
Riesgo Sísmico	Desempeño Estructural	Distorsión de Entrepiso	I	Razón	X		
		Esfuerzos Internos	II	Razón	X		
Reforzamiento Estructural	Vulnerabilidad Estructural	Densidad de Muros	III	Razón	X		
		Rigidez Lateral	IV	Razón	X		
	Peligro Sísmico	Cortante Basal	V	Ordinal	X		
Firma del Experto:					Fecha: 20 de mayo del 2019		


 JUAN ALFREDO MANCHEGO MEZA
 Mag. ING. CIVIL
 C.I.P. 200816

Anexo 16. Autorización para el acceso de vivienda

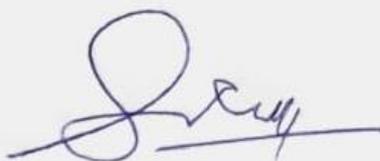
“Año de la lucha contra la corrupción e impunidad”

SRTA. Yanina Alcántara Verde

Asunto: Solicitud respuesta

Por medio de la presente autorizo a usted el ingreso a mi vivienda ubicada en el AA. HH Andrés Avelino Cáceres Mz. C Lte. 1 para realizar la inspección y evaluación estructural y poder concluir con su trabajo de tesis titulada: Implementación del reforzamiento estructural con malla de acero corrugado para reducir el riesgo sísmico de la vivienda de albañilería confinada, Ate-2019.

Lima, domingo 05 de mayo del 2019.



SR. Carlos Julio Gómez Rojas

Propietario de la vivienda

DNI. N° 21121439

Anexo 17. Panel fotográfico

Fotografía 1. Calicata N°1 realizada a la vivienda



Fotografía 2. Excavación de la calicata N°1 realizada a la vivienda



Fotografía 3. Calicata N°2 realizada a la vivienda



Fotografía 4. Excavación de la calicata N°2 realizada a la vivienda



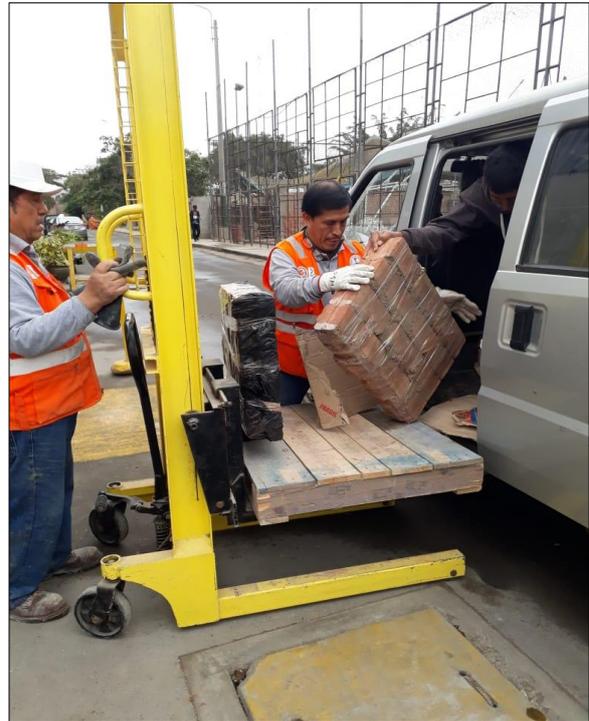
Fotografía 5. Calicata N°3 realizada a la vivienda



Fotografía 6. Excavación de la calicata N°3 realizada a la vivienda



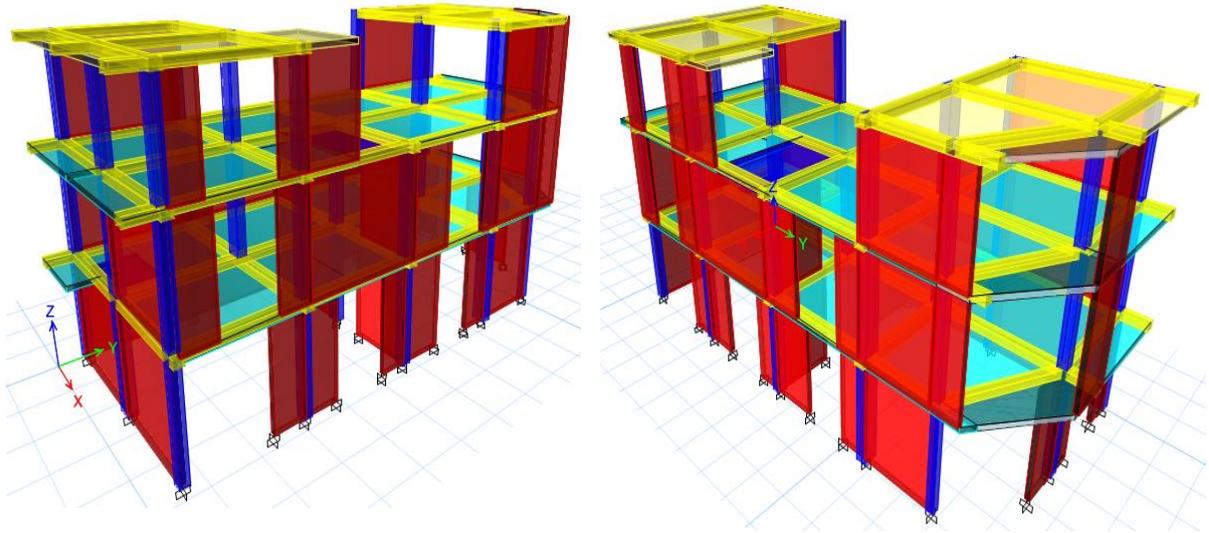
Fotografía 7. Extracción y traslado del murete de la vivienda



Fotografía 8. Ensayo de compresión a corte diagonal de murete



Fotografía 9. Modelo de vivienda sin reforzamiento



Fotografía 10. Modelo de vivienda con reforzamiento de malla de acero corrugado

