



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Generación de curvas de capacidad resistente de muros de
albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín
2021.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Quispe Ango, Juan Carlos ([ORCID: 0000-0002-5797-5437](#))

ASESOR:

Dr. Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto ([ORCID: 0000-0002-1968-9122](#))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A quien nació, murió y resucitó por mí,
el Rey de Reyes y Señor de señores,
Jesucristo, y su plenitud amor.

A mis padres, por su incansable apoyo
incondicional.

Agradecimientos

A Jesucristo por su amor y su misericordia.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCION	10
II. MARCO TEÓRICO	14
III. METODOLOGÍA	39
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	39
3.2. Variables y operacionalización	39
3.3. Población, muestra y muestreo	40
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5. Procedimiento	42
3.6. Método de análisis de datos.....	46
3.7. Aspectos éticos	65
IV. RESULTADOS	66
V. DISCUSIÓN.....	79
VI. CONCLUSIONES.....	82
VII. RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS	90

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.</i>	23
Tabla 2. <i>Propiedades mecánicas del ladrillo Tipo III.</i>	24
Tabla 3. <i>Detalle de los elementos de confinamiento, muro con ladrillo tipo III.</i>	25
Tabla 4. <i>Detalle de los elementos de confinamiento muro con ladrillo tipo IV.</i>	26
Tabla 5. <i>Propiedades mecánicas del ladrillo Tipo IV.</i>	26
Tabla 6. <i>Propiedades mecánicas del ladrillo Tipo V.</i>	28
Tabla 7. <i>Reforzamiento del pórtico de confinamiento muro ladrillo Tipo V.</i>	29
Tabla 8. <i>Resultado de validez según expertos.</i>	41
Tabla 9. <i>Validez por juicio de expertos.</i>	41
Tabla 10. <i>Procedimiento de la investigación.</i>	47
Tabla 11. <i>Propiedades mecánicas del puntal con ladrillo tipo III.</i>	54
Tabla 12. <i>Propiedades mecánicas del puntal con ladrillo tipo IV.</i>	55
Tabla 13. <i>Capacidad a compresión del puntal del muro N°1, ladrillo tipo V.</i>	56
Tabla 14. <i>Propiedades al corte de los muros con ladrillo tipo III.</i>	57
Tabla 15. <i>Propiedades al corte de los muros con ladrillo tipo IV.</i>	58
Tabla 16. <i>Propiedades al corte de los muros con ladrillo tipo V.</i>	60
Tabla 17. <i>Propiedades al corte de los muros de la vivienda de albañilería.</i>	62
Tabla 18. <i>Propiedades a flexión de los elementos del muro N°1.</i>	67
Tabla 19. <i>Propiedades a flexión de los elementos del muro N°2 y 3.</i>	68
Tabla 20. <i>Propiedades de corte de los pórticos de confinamiento.</i>	70
Tabla 21. <i>Propiedades a compresión del puntal del muro N°1.</i>	71
Tabla 22. <i>Propiedades a compresión del puntal del muro N°2 y 3.</i>	72
Tabla 23. <i>Propiedades al corte del muro N°1.</i>	74
Tabla 24. <i>Propiedades al corte del muro N°2.</i>	75
Tabla 25. <i>Propiedades al corte del muro N°3.</i>	76
Tabla 26. <i>Límites de distorsión de viviendas de albañilería.</i>	77

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Colapso de vivienda y muro de albañilería.....	11
<i>Figura 2.</i> Unidad de albañilería sólida.	21
<i>Figura 3.</i> Unidad de albañilería hueca.....	22
<i>Figura 4.</i> Unidades de albañilería tubulares (pandereta)	22
<i>Figura 5.</i> Ladrillo King Kong de 18 huecos Tipo III Unidad hueca.....	24
<i>Figura 6.</i> Muro de albañilería confinada con ladrillo tipo III.	25
<i>Figura 7.</i> Detalles de reforzamiento del muro con ladrillo Tipo III.....	25
<i>Figura 8.</i> Envoltente de comportamiento histerético.....	26
<i>Figura 9.</i> Muro de albañilería confinada con ladrillo tipo IV.	27
<i>Figura 10.</i> Envoltente de comportamiento histerético muro ladrillo Tipo IV.....	28
<i>Figura 11.</i> Muro confinado con ladrillo Tipo V.	29
<i>Figura 12.</i> Envoltente de comportamiento histerético muro ladrillo Tipo V.....	29
<i>Figura 13.</i> Ladrillo de arcilla King Kong de 18 huecos.	30
<i>Figura 14.</i> Diagrama curva de capacidad.....	30
<i>Figura 15.</i> Modelo Trilineal para el acero.	31
<i>Figura 16.</i> Modelo de Park et al (1982) para el concreto armado.	31
<i>Figura 17.</i> Porción diferencial de un elemento sometido a flexión.	34
<i>Figura 18.</i> Detalles del diagrama curva de capacidad.....	34
<i>Figura 19.</i> Diagrama carga – deformación del puntal equivalente	37
<i>Figura 20.</i> Muro confinado N°1.....	42
<i>Figura 21.</i> Muro confinado N°2.....	43
<i>Figura 22.</i> Muro confinado N°3.....	43
<i>Figura 23.</i> Flujograma del procedimiento.	46
<i>Figura 24.</i> Diagrama momento curvatura de las columnetas del muro N°1.	48
<i>Figura 25.</i> Diagrama momento curvatura de la viga solera del muro N°1.	49
<i>Figura 26.</i> Diagrama momento curvatura, columnetas del muro N° 2 y 3.	50

<i>Figura 27.</i> Diagrama momento curvatura de la viga solera del muro N°2 y 3.	50
<i>Figura 28.</i> Curva de capacidad del pórtico de confinamiento del muro N°1.	51
<i>Figura 29.</i> Curva de capacidad del pórtico de confinamiento, muro N°2 y 3.	52
<i>Figura 30.</i> Diagrama carga – deformación del puntal con ladrillo tipo III.	53
<i>Figura 31.</i> Diagrama carga – deformación del puntal con ladrillo tipo IV.	54
<i>Figura 32.</i> Diagrama carga deformación del muro N°1 con ladrillo tipo V.	55
<i>Figura 33.</i> Curva de capacidad de los muros con ladrillo tipo III.	57
<i>Figura 34.</i> Curva de capacidad de los muros con ladrillo tipo III.	58
<i>Figura 35.</i> Curva de capacidad del muro N°1 con ladrillo tipo V.	59
<i>Figura 36.</i> Comparación de la capacidad del muro N°1 con los antecedentes. ...	60
<i>Figura 37.</i> Vivienda de albañilería confinada.	61
<i>Figura 38.</i> Curva de capacidad de los muros de la vivienda.	62
<i>Figura 39.</i> Curva de capacidad de la vivienda en la coordenada (1) y (2).	63
<i>Figura 40.</i> Punto de desempeño de la vivienda medido en la dirección X.	64
<i>Figura 41.</i> Punto de desempeño de la vivienda medido en la coordenada (2).	64
<i>Figura 42.</i> Ubicación política del distrito de San Ramón en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú.	66
<i>Figura 43.</i> Momento curvatura de los elementos de confinamiento muro N°1.	67
<i>Figura 44.</i> Momento curvatura de los elementos del muro N° 2 y 3.	68
<i>Figura 45.</i> Curva de capacidad de los pórticos de confinamiento.	69
<i>Figura 46.</i> Diagrama carga – deformación del puntal del muro N°1.	71
<i>Figura 47.</i> Diagrama carga – deformación del puntal del muro N°2 y 3.	72
<i>Figura 48.</i> Capacidad resistente del muro N°1 con ladrillos tipo III, IV y V.	73
<i>Figura 42.</i> Capacidad resistente del muro N°2 con ladrillos tipo III, IV y V.	75
<i>Figura 43.</i> Capacidad resistente del muro 3 con ladrillos tipo III, IV y V.	76

Resumen

La presente investigación “Generación de curvas de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021” tuvo como objetivo principal: Generar la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales. Como metodología se aplicó el método científico del tipo: Básica, del nivel explicativo y diseño no experimental. Utilizando ladrillos industriales tipo III, IV y V, se obtuvo como resultado para el muro N°1 una capacidad resistente de 17.10, 15.79 y 19.42 T respectivamente, para el muro N°2 se obtuvo una capacidad resistente de 136.00, 129.64 y 154.09 T respectivamente y para el muro N°3 se obtuvo una capacidad resistente de 136.00, 129.64 y 154.09 T respectivamente. La investigación muestra como conclusión que existe una clara diferencia en los resultados de la capacidad resistente de los muros, esto debido a que la longitud total del muro N°1 es prácticamente la 1/6 parte de la longitud total del muro N°2 y 3. El aporte del presente estudio es un sistema de computación que genera la curva de capacidad de sistemas de muros de albañilería confinada. De esta manera se optimizan los procesos de investigación en el campo de la vulnerabilidad estructural.

Palabras clave: Curva de capacidad resistente, ladrillos industriales, albañilería confinada, sistema de computación, desempeño sísmico.

Abstract

The present investigation "Generation of resistant capacity curves of confined masonry walls with industrial bricks, San Ramón Junín 2022" had as its main objective: Generate the resistant capacity curve of confined masonry walls with industrial bricks. As a methodology, the scientific method of the type was applied: Basic, of the explanatory level and non-experimental design. Using type III, IV and V industrial bricks, a resistant capacity of 17.10, 15.79 and 19.42 T respectively was obtained for wall No. 2, for wall No. 2 a resistant capacity of 136.00, 129.64 and 154.09 T was obtained. respectively and for wall No. 3, a resistant capacity of 136.00, 129.64 and 154.09 T respectively was obtained. The investigation shows as a conclusion that there is a clear difference in the results of the resistant capacity of the walls, this is because the total length of wall No. 1 is practically 1/6 of the total length of wall No. 2 and 3. The contribution of this study is a computer system that generates the capacity curve of confined masonry wall systems. In this way, research processes in the field of structural vulnerability are optimized.

Keywords: Resistance capacity curve, industrial bricks, confined masonry, computer system, seismic performance.

I. INTRODUCCIÓN

La actividad sísmica mundial en un 85% se presenta en el cinturón de Fuego del Pacífico, que presenta la fricción más perturbadora conocida como la zona de subducción. En estas zonas se acumula la tensión por una permanente fricción entre las placas tectónicas que se hallan en las costas del océano pacífico. El origen de los terremotos se debe a esa liberación de tensión que llega a la superficie en forma de onda sísmica, provocando a veces una gran destrucción (1).

El Perú es uno de los países que se encuentra ubicada en el cinturón de fuego al borde occidental de América del Sur y presenta una gran cantidad de viviendas de albañilería situadas en zonas de alto peligro a nivel nacional, Según (2), al estar expuestos a estas circunstancias se requiere replantear los métodos de análisis y diseño, cuyo objetivo sea la reducción de la vulnerabilidad de las edificaciones a través del control del daño estructural para varios niveles de sismo.

El Instituto Geofísico del Perú reporta el 29 de diciembre del 2019 un sismo de magnitud 4 en la Provincia de Chanchamayo que tuvo lugar a 43 kilómetros al este de la Merced (3). Luego el 6 de enero del 2020, 4 sismos en un mismo día, con 4 de magnitud, ocurrieron nuevamente a 5 kilómetros al noreste de la misma ciudad. No se han reportado daños materiales hasta el momento, pero los Sismólogos advierten que un sismo como el de Loreto de mayo 26 del 2019, con magnitud de 7.5 grados en escala Richter podría ser destructivo en la zona de estudios, donde existe un gran número de edificaciones de albañilería.

Se ha observado en la ciudad de San Ramón que las viviendas de albañilería, son construidas con ladrillos industriales de sílice. Estos muros de albañilería se confinan adecuadamente a pórticos de concreto armado, pero se construyen con ladrillos tubulares y huecos de calidad Tipo 2 y 3 según la clasificación del (4), siendo así altamente vulnerables a eventos sísmicos. Lo adecuado según (5), sería el uso de los ladrillos sólidos Tipo IV porque poseen vacíos menores al 30% de su área y una resistencia mínima de 130 Kg/cm².

En concordancia con el problema identificado se requiere evaluar el desempeño de las viviendas de albañilería en San Ramón, para ello es necesario plantear nuevos criterios de análisis sísmico. Una alternativa favorable por su simplicidad es la evaluación de la vulnerabilidad basado en la determinación de la deformación horizontal. Lo significativo de esta metodología está en la capacidad de determinar la máxima demanda de deformación horizontal en la estructura, y de comparar esta deformación con distintos niveles de desempeño (6). Para ello los investigadores han construido diversos modelos analíticos que construyen la curva de capacidad resistente del muro de albañilería, que contemplan toda la progresión de daño de la albañilería cuando está sometida a cargas cíclicas.

Para garantizar la vida de las personas durante un evento sísmico, es necesario reducir la vulnerabilidad de las viviendas de albañilería. Por ello tenemos que determinar la curva de capacidad resistente de la albañilería confinada con un modelo analítico que contemple las características del ladrillo utilizado en su construcción.



Figura 1. Colapso de vivienda y muro de albañilería.

Según lo mencionado líneas arriba, se plantea el problema general: ¿Cómo se genera la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021? Luego se generan 3 problemas específicos: ¿Cuánto es la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021?, ¿Cuánto es la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021? y ¿Cuánto es la capacidad a compresión del puntal

equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021?.

Con el propósito de justificar tales problemas, se plasma la justificación teórica, práctica y tecnológica. De modo que como justificación teórica se menciona que, se necesitan modelos analíticos que puedan ser utilizadas por los ingenieros estructurales para el cálculo de la capacidad de las estructuras que contemplen la interacción pórtico – albañilería, los cuales son utilizados para el estudio del desempeño y la vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Para la determinación de solicitaciones sísmicas que puedan afectar la estructura durante su vida útil. Para conocer la máxima capacidad a cortante del edificio. Como justificación práctica diremos que, en la ciudad de Chanchamayo es necesario la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas construidas con muros de albañilería y pórticos de concreto armado. Para el diseño por desempeño. Para la cuantificación del daño esperado y para el reforzamiento estructural. En cuanto a la justificación Social se menciona que, se necesitan planes de contingencia y prevención de desastres para una mejor respuesta de las personas frente a desastres por eventos sísmicos y para evitar así la pérdida de vidas humanas. En cuanto a la justificación tecnológica se menciona que, se necesitan herramientas de computación que visibilicen los modelos analíticos utilizados en el análisis sísmico. Para el entendimiento de los cálculos desarrollados en oficina. Para la enseñanza de la curva de capacidad en las aulas y para su comparación con otras técnicas en la investigación.

El objetivo general es: Generar la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021. Además, los objetivos específicos son: Determinar la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021, Determinar la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021, y Determinar la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021.

Por lo cual la hipótesis general se plantea como tal: La capacidad resistente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor de 5 T, en San Ramón Junín 2021. Y como hipótesis específicas tenemos: La capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor a 50Tm en San Ramón Junín 2021, La cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor a 10T en San Ramón Junín 2021, y La capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor a 10T en San Ramón Junín 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto al desarrollo de este capítulo se tuvo la necesidad de recopilar información de diversas fuentes nacionales e internacionales, para obtener credibilidad y sustento al tema de investigación.

En el ámbito internacional; (7), realizó la tesis de titulación: *“Desempeño sísmico del sistema estructural de una vivienda unifamiliar de 3 losas ubicada en San Carlos Quevedo y propuesta de reforzamiento”* que tuvo como objetivo Evaluar la resistencia de una vivienda unifamiliar de 3 losas frente a cargas sísmicas. La metodología del estudio fue básica de nivel descriptivo. Se tuvo como resultados que la edificación presenta un desempeño de colapso frente a un sismo de diseño tanto en la dirección X como en Y, además que presento una concentración de rotulas plásticas en las columnas del primer nivel provocándose así la inestabilidad de la estructura. La investigación concluye que en el diseño de la vivienda no se revisó el criterio de Columnas fuerte/ Viga débil, por lo tanto, la edificación no daría el tiempo suficiente para la respuesta de evacuación de las personas al sufrir de un colapso inminente.

(8), realizaron el artículo científico: *“Modelo de un grado de libertad para evaluar la curva carga lateral distorsión en muros de mampostería confinada”*; para la revista de ingeniería sísmica en México, que tuvo como objetivo presentar un modelo simple para evaluar la curva de carga lateral distorsión en ensayos de muros de albañilería confinada. Fue un estudio de tipo básico y de nivel descriptivo, donde los instrumentos fueron aplicativos de computadora, la muestra fue un modelo de computadora de albañilería confinada, los resultados fueron la comparación de las curvas carga lateral distorsión con la de resultados experimentales de otra investigación. La investigación concluye que, al evaluar los resultados, sólo dos puntos de control, sobre un total de seis, presentan variación importante: la pendiente del tramo inicial y la distorsión al agrietamiento. Sin embargo, la simplicidad del modelo no afecta el nivel de aproximación, similar al obtenido en modelos refinados, y permite evaluar con seguridad la curva de capacidad hasta un rango de distorsión entre 0.35% a 0.40%, mayor que el valor permisible de 0.25 % definido en NTCM-2004 (2004). Si bien la distorsión puede ser mayor durante un sismo, ésta no puede exceder

la máxima distorsión registrada en las pruebas (0.6% en la mayoría de los casos aquí estudiados) para garantizar una resistencia residual del muro.

(2), realizaron el artículo científico: “*Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de albañilería confinada*”; para la revista de Ingeniería sísmica en México, que tuvo como objetivo principal presentar un método de evaluación no lineal que determina de mejor manera la deformación de las edificaciones de albañilería confinada. Fue un estudio básico y experimental. La investigación concluye que el modelo analítico de columna ancha construye de manera adecuada las curvas envolventes del comportamiento histeréticos de los muros de albañilería. El modelo de columna ancha en un análisis no lineal bajo un patrón de carga lateral incremental sobre una edificación de albañilería construye la curva de capacidad de manera conservadora. Una ventaja del modelo de columna ancha es que determina el nivel daño en los muros de albañilería visualizando el fenómeno de piso débil. El modelo de columna ancha permite ingresar las propiedades de los muros confinados de albañilería que aparecen en las curvas envolventes de carga – deformación propuesta por Flores y Alcocer (1995). Las propiedades son ingresadas al modelo a través de rotulas controladas por corte siempre y cuando los muros no sean esbeltos.

(6) realizaron el artículo científico: “*Modelación inelástica de pórticos de concreto con albañilería no reforzada*”; en la Universidad Militar “Nueva granada” en Colombia que tuvo como objetivo principal desarrollar métodos inelásticos de modelación de pórticos de concreto con albañilería confinada. Fue un estudio básico y experimental, donde los instrumentos fueron de laboratorio y también los programas de computación, la muestra fue un muro prototipo de albañilería confinada, los resultados fueron el comportamiento dentro del plano con la curva de daño del muro en función del porcentaje de deriva lateral. La investigación concluye que el nivel de daño esperado en los rellenos de albañilería en el plano está dado por las derivas laterales (desplazamiento relativo entre pisos) a que están sometidas las edificaciones durante un evento sísmico. La Norma NSR-98 (AIS, 1998) especifica un límite de deriva lateral para estructuras de mampostería de 0.5% bajo un criterio de diseño que admite la posibilidad de daño y cuya filosofía es el evitar las pérdidas de vidas, asegurando servicios

básicos y tendiendo a minimizar el daño estructural. Teniendo en cuenta los resultados experimentales y analíticos para muros en contacto y aislados en el plano, se establece que los muros en pleno contacto tendrán un daño leve para una deriva de 0.20%, moderado para 0.35% y colapsarán para el 1.05 % de deriva; y los muros aislados tendrán un daño leve para una deriva de 0.70%, moderado para 1.20% y el 1.88 % de deriva. Estos resultados nos indican que el sistema de muros aislados puede resultar eficiente ante cargas sísmica actuando en el plano, siempre que se cumplan todas las especificaciones constructivas del sistema; algo que en la práctica convencional no se cumple a cabalidad. Con los niveles de daño obtenidos, se determina que la normativa vigente está cumpliendo el criterio de diseño (para una deriva de 0.5%) de admitir la posibilidad de daño, evitando las pérdidas de vidas y minimizando el daño estructural.

(9) realizaron el artículo científico: “*Diseño sísmico de estructuras de albañilería para distintos niveles de desempeño estructural con base en adecuaciones propuestas al método simplificado de análisis*”; por la sociedad mexicana de ingeniería sísmica, que tuvo como objetivo principal comparar fuerzas cortantes que absorben los muros al utilizar el método simplificado respecto al método riguroso. Fue un estudio básico y experimental, donde los instrumentos fueron de laboratorio y también los programas de computación, la muestra fue un modelo de vivienda de albañilería confinada, los resultados fueron la capacidad resistente de los muros de albañilería. La investigación concluye que, de los análisis efectuados, se deduce que la concordancia entre las fuerzas cortantes calculadas con el método de Damy y con el método simplificado, se logra sólo cuando todos los muros del entrepiso tienen la misma relación de aspecto, es decir, todos los muros son geoméricamente iguales. La anterior configuración espacial de muros es una que generalmente no se presenta en la construcción de edificios reales, puesto que en ellos se tienen muros con muy diversos valores de su relación de aspecto para un mismo entrepiso. La forma real en que se distribuyen las fuerzas cortantes depende del tipo de muros que predominen en un mismo entrepiso, es decir, muros esbeltos o muros robustos. Más aún, tal distribución de fuerzas cortantes no es uniforme en toda la altura del edificio, sino que va variando en los distintos niveles que conforman el edificio.

En el ámbito nacional; (10), realizó la tesis de titulación: “Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo – 2021”, que tuvo como objetivo principal evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado. Fue un estudio de tipo aplicada de diseño no experimental. Se tuvo como resultados que la rigidez a flexión aumenta, respecto al estudio de referencia, de 11847 a 13167 T.m² en un 11%; la rigidez de post fluencia aumenta de 2 a 129 T.m² en 5076%, el porcentaje de rigidez efectiva aumenta de 0.19 a 0.21 en un 11% y la ductilidad local por curvatura disminuye de 27.48 a 22.43 en un -18%. Se concluye que la aplicación de un sistema de computación facilitará el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado.

(11), realizó el artículo científico: “*Aproximación al cálculo de la envolvente de resistencia lateral para muros de albañilería confinada*”, en la Universidad Nacional Federico Villarreal, tuvo como objetivo principal presentar una metodología para determinar la curva envolvente en muros confinados de albañilería. Fue un estudio experimental. La investigación concluye que la formulación de la curva de envolvente de comportamiento histerético adoptada, se ajusta convenientemente a las gráficas experimentales, con errores en el cálculo inferiores al 12% (en promedio 7.25%). Se considera una importante pérdida de la rigidez al calcular el desplazamiento por agrietamiento, consiguiéndose que las pendientes entre los puntos de los valores característicos se ajusten apropiadamente al comportamiento histeréticos experimental. La metodología mostrada permite construir la capacidad resistente de un muro con la progresión del daño.

(12) realizó la tesis: “*Análisis no lineal estático de una edificación de albañilería en la ciudad de Huancavelica, 2019*”; en la Universidad nacional de Huancavelica, que tuvo como objetivo principal determinar el análisis no lineal estático de una edificación de albañilería confinada en la ciudad de Huancavelica, 2018. Fue un estudio tipo aplicada y de nivel descriptivo, donde los instrumentos fueron de medios electrónicos y documental, la muestra fue una edificación de albañilería confinada, los resultados fueron el análisis no lineal

estático de la misma edificación bajo la documentación FEMA 356, ATC 40 y ASCE/SEI 31-03. La investigación concluye que el análisis no lineal estático fue determinante en el cálculo de la capacidad estructural de la edificación de albañilería confinada al que se investigó, ya que mediante ello se pudo determinar el real comportamiento de la estructura y según los resultados obtenidos la estructura tiene una capacidad para una fuerza cortante de $V_{xx} = 175.75$ tn un desplazamiento de 2.74 cm y $V_{yy} = 153.19$ tn un desplazamiento de 2.90 cm, donde podemos determinar que las estructuras de albañilería confinada poseen poca ductilidad a comparación de otros sistemas estructurales como el caso de pórticos de concreto armado.

(13) realizo su tesis de titulación: "*Evaluación del riesgo y desempeño sísmico de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Chaclacayo de la Región Lima en el año 2019*"; en la Universidad Peruana Unión, la investigación tuvo como objetivo Evaluar el nivel de riesgo sísmico de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Chaclacayo de la Región Lima en el año 2019. Fue un estudio de tipo aplicado de nivel explicativo donde los instrumentos fueron aplicativos de computadoras, la muestra fue una vivienda de albañilería confinada, los resultados fueron el nivel de riesgo sísmico de las edificaciones de albañilería confinada. La investigación concluye que del análisis de sensibilización realizada a los parámetros del peligro sísmico, las adaptaciones 2,3 y la fórmula inicial, obtienen un riesgo sísmico medio 33% y 67% riesgo sísmico alto por otro lado con las adaptaciones 1 y 4 se obtienen 13% riesgo medio y 88% riesgo sísmico alto, por lo que se concluye que no se puede utilizar la adaptación 1, 4 o similares, ya que los resultados variarán en un 20% aproximadamente de un nivel de riesgo a otro, sobreestimando el riesgo sísmico.

(14), realizo su tesis de maestría: *Estudio de relaciones momento-curvatura en secciones de concreto armado y concreto preesforzado sometidas a flexión, en la Pontificia Universidad Católica del Perú*, tuvo como objetivo el estudio de la relación momento curvatura de secciones de concreto armado y concreto preesforzado bajo flexión monotónica. Se implementa una hoja de cálculo que permite la construcción de diagramas momento curvatura. Fue un estudio tipo aplicada y de nivel explicativo, por lo cual los instrumentos fueron los códigos de

diseño y el programa Visual Basic Excel. La muestra fueron las secciones de vigas y columnas de concreto armado, tiene como resultado los diagramas momento curvatura con diversos modelos constitutivos del material. La investigación concluye que la interfaz del programa permite la construcción de diagramas de momento curvatura de manera sencilla y de licencia libre. La hoja de cálculo es accesible al usuario de manera clara y su precisión ha sido confirmada con el programa Section Designer y estudios analíticos por varios autores. La hoja de cálculo tiene sus limitaciones, ya que es imposible realizar el análisis de todas las posibles secciones de vigas.

En otros idiomas; (15) realizo el artículo científico: *“Evaluación de la resistencia y rigidez de las estructuras de relleno de mampostería no reforzada”*; en Centro de investigación y desarrollo de ingenieros en Estados Unidos, la investigación tuvo como objetivo desarrollar un modelo analítico capaz de describir el comportamiento no lineal de las edificaciones de albañilería. Fue un estudio de tipo aplicado de nivel explicativo. La investigación concluye que los rellenos de mampostería influyen en el comportamiento general de las estructuras cuando se someten a fuerzas laterales. Se ha descubierto que la influencia de la albañilería en la deformación lateral de la estructura cambia con la dirección en la que se aplica la carga.

En lo teórico tenemos:

MUROS CONFINADOS DE ALBAÑILERÍA

Se considera que una edificación es de albañilería estructural cuando los elementos verticales predominantes, que toman las fuerzas sísmicas, son los muros de albañilería. Los muros de albañilería se clasifican según la distribución del refuerzo en:

- Muros de albañilería simple y,
- Muros reforzados.

Entre los muros reforzados tenemos los muros de albañilería confinada. Según (16), estos muros de albañilería están confinados perimetralmente por una

cadena de elementos de concreto armado que son las vigas y columnas. Estas vigas y columnas forman lo que se conoce como pórtico de confinamiento

Albañilería estructural

La albañilería estructural son las construcciones de albañilería que han sido diseñadas racionalmente, de tal manera que las cargas actuantes durante su vida útil se transmitan adecuadamente a través de los elementos de albañilería hasta el suelo de fundación (16).

Pórticos de confinamiento

Los pórticos de confinamiento son pórticos de concreto armado, que rodea el muro y sirven principalmente para ductilizar los muros de albañilería. En otras palabras, otorgan capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia (16). En la mayoría de viviendas las vigas peraltadas como columnas del pórtico de confinamiento tienen dimensiones mínimas de 25 cm, debido a que fueron diseñados como pórticos de concreto y no como muros de albañilería.

Columnas

El muro debe estar enmarcado en sus 4 lados por elementos de concreto armado, debido al carácter cíclico del fenómeno sísmico. Los elementos verticales pueden ser columnas o columnetas. Según (16), la distancia mínima entre estos elementos debe ser 2 veces la distancia que existe entre los confinamientos horizontales, que pueden ser vigas peraltadas ó vigas soleras.

Vigas soleras

Las vigas soleras son elementos de confinamiento horizontales que se ubican en el lado inferior y superior del muro de albañilería. Según (16), el ancho de estos elementos, así como en columnas, es igual al espesor del muro de albañilería. Tienen un peralte mínimo de 20 cm que podría crecer dependiendo de las cargas que soporte el muro de albañilería.

LADRILLOS INDUSTRIALES

Los ladrillos industriales son unidades albañilería de arcilla cocida, fabricados de manera industrial a máquina. Estas unidades se clasifican de acuerdo al área de sus orificios en: King Kong sólido, King Kong de 18 huecos, Pandereta y Caravista.

Unidades solidas

Son aquellas que pueden o no tener orificios. Si tienen orificios estos tienen que ser necesariamente perpendiculares a la cara de asiento y el área que ocupan no debe ser mayor del 30% del área bruta de la cara de asiento. Según (4), se utilizan para construir muros portantes y no portantes y en el análisis estructural no se consideran los orificios.



Figura 2. Unidad de albañilería sólida.

Fuente: Elaboración propia

Unidades huecas

En estas unidades los orificios son también necesariamente perpendiculares a la cara del asiento y el área que ocupan es mayor al 30% del área bruta de la cara de asiento; cada orificio tiene un área tal que permite llenarlo con concreto fluido y si esto pasa en el proceso constructivo pasan a ser consideradas como unidades solidas o macizas. Según (4), se utilizan solamente para la construcción de muros no portantes; pero si son llenados los orificios con concreto pueden ser utilizados para la construcción de muros portantes.



Figura 3. Unidad de albañilería hueca.

Fuente: Elaboración propia

Unidades tubulares

A diferencia de los casos anteriores, en estas unidades los orificios son paralelos a la cara del asiento. El área que ocupan estos orificios no está normada. Según (17), las unidades tubulares solamente se deben utilizar para la construcción de muros no portantes. Dentro de estas unidades están los ladrillos “Pandereta” que incorrectamente se utilizan para la construcción de muros portantes.



Figura 4. Unidades de albañilería tubulares (pandereta)

Fuente: Elaboración propia

Unidades alveolares

Se denomina unidad de albañilería alveolar a la unidad sólida o hueca con alveolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar refuerzo vertical. Según (4), estas unidades son empleadas en la construcción de muros armados.

Clasificación según su calidad

Los ladrillos se clasifican según su calidad en 5 tipos según la variabilidad dimensional en su ancho alto y largo, alabeo, absorción, porcentaje de vacíos y su en especial su resistencia a compresión. Aunque la norma solo establece valores mínimos y máximos, (16) estableció una descripción detallada de la aplicación de cada tipo de ladrillo en la práctica como se muestra a continuación.

Tabla 1. *Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.*

Tipo	Variación dimensional (%)			Alabeo mm)	Absorción (%)	Vacíos (%)	F'b (Mpa)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm				
	Altura (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)				
I	8 (8mm)	6 (9mm)	4 (6mm)	10	22	30	4.9
II	7 (7mm)	6 (9mm)	4 (6mm)	8	22	30	6.9
III	5 (5mm)	4 (6mm)	3 (4.5mm)	6	22	30	9.3
IV	4 (4mm)	3 (4.5mm)	2 (3mm)	4	22	30	12.7
V	3 (3mm)	2 (3mm)	1 (1.5mm)	2	22	30	17.6

Fuente: Adaptado de Coral, (5).

Tipo I: Estos ladrillos pueden utilizarse en construcciones en condiciones de mínima exigencia (Edificaciones de 1 ó 2 niveles), sin contacto con el suelo o la lluvia. Tienen muy poca durabilidad y resistencia.

Tipo II: Estos ladrillos pueden utilizarse en construcciones en condiciones moderadas de servicio, sin contacto con agua, lluvia ó suelo. Tienen poca durabilidad y resistencia.

Tipo III: Estos ladrillos pueden utilizarse en construcciones en condiciones de poco intemperismo. Tienen mediana durabilidad y resistencia.

Tipo IV: Estos ladrillos pueden utilizarse en construcciones en condiciones moderadas de servicio, en contacto con agua, suelo y lluvias intensas. Tienen alta durabilidad y resistencia.

Tipo V: Estos ladrillos pueden utilizarse en construcciones en condiciones exigentes de servicio, en contacto con agua, suelo y lluvias intensas. Tienen muy alta durabilidad y resistencia.

Muro con ladrillo tipo III

Características del concreto y acero: Resistencia del concreto: $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, resistencia de fluencia del acero: $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, Resistencia máxima del acero: $f_u = 6330 \text{ Kg/cm}^2$.

Característica del ladrillo:

Tabla 2. *Propiedades mecánicas del ladrillo Tipo III.*

LADRILLO DE ARCILLA	TIPO III
Denominación	King Kong de 18 huecos
Tipo	Unidad hueca
Fabricante	ITAL PERU
Porcentaje de huecos	44%
Dimensiones	24 x 13 x 9 cm
Peso de ladrillo	3.3 Kg
Resistencia a compresión ladrillo (f'b)	110.46 Kg/cm ²
Resistencia a compresión Pila (f'm)	96.46 Kg/cm ²
Resistencia al corte murete (v'm)	12.75 Kg/cm ²
Peso murete	1.8 T/m ³

Fuente: Adaptado de Coral, (5).

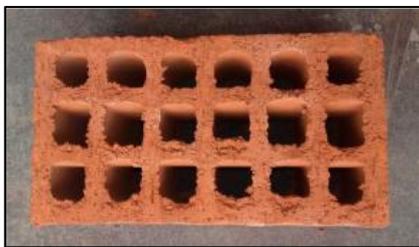


Figura 5. Ladrillo King Kong de 18 huecos Tipo III Unidad hueca.

Fuente: Coral, (5).

Características de la albañilería: Confinamiento: Endentado (5 cm), Juntas: 1 a 1.5 cm, Mortero: 1:4 (cemento: arena).

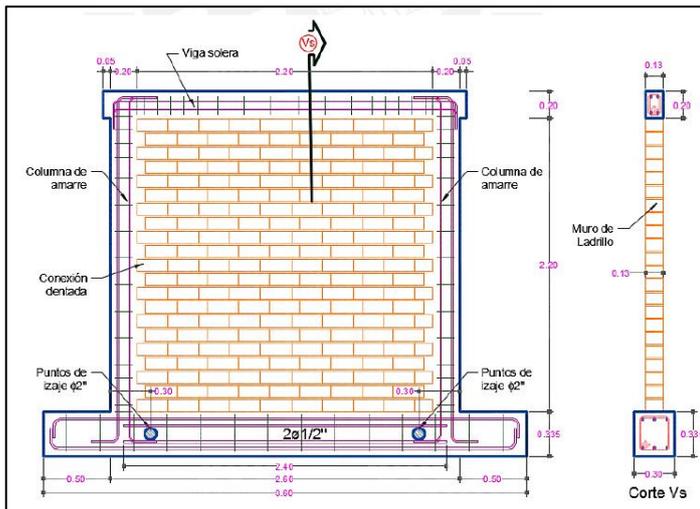


Figura 6. Muro de albañilería confinada con ladrillo tipo III.

Fuente: Coral, (5).

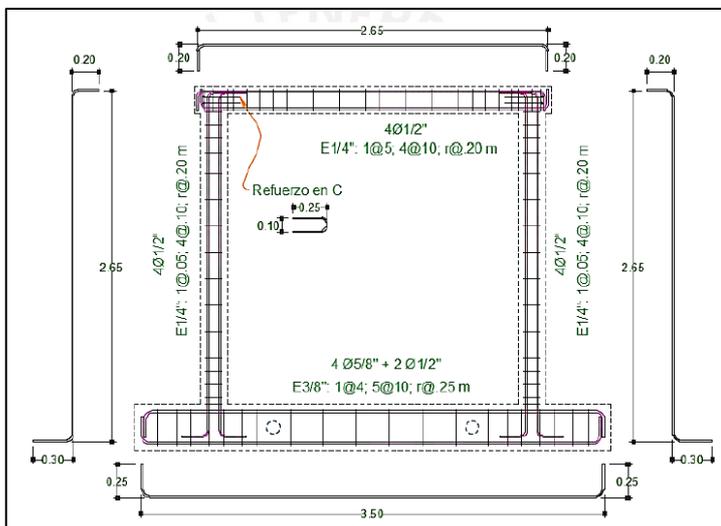


Figura 7. Detalles de reforzamiento del muro con ladrillo Tipo III.

Fuente: Adaptado de Coral, (5).

Tabla 3. Detalle de los elementos de confinamiento, muro con ladrillo tipo III.

ELEMENTO	DIMENSIÓN	LONGITUDINAL	TRRANSVERSAL
Viga de cimentación	0.30 x 0.30m	4$\phi 5/8''$ + 2$\phi 1/2''$	□ 3/8'' 1@5, 5@10, r@25
Columnas	0.13 x 0.20m	4 $\phi 1/2''$	□ 1/4'' 1@5, 4@10, r@25
Viga solera	0.13 x 0.20m	4 $\phi 1/2''$	□ 1/4'' 1@5, 4@10, r@25

Fuente: Adaptado de Coral, (5).

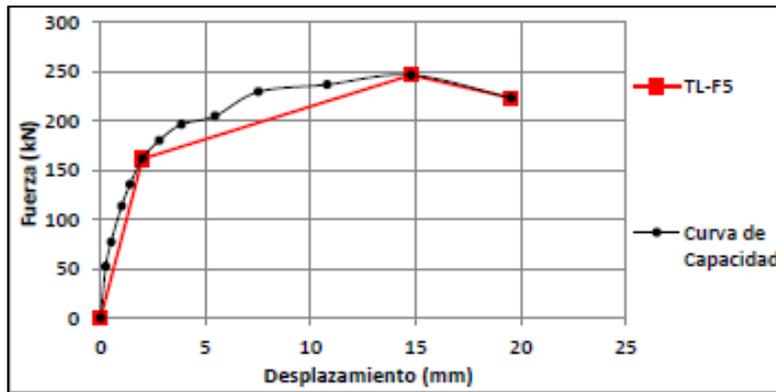


Figura 8. Envolvente de comportamiento histerético.

Fuente: Coral, (5).

Muro con ladrillo tipo IV

Características del concreto y acero: Resistencia del concreto: $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, Resistencia de fluencia del acero: $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, Resistencia máxima del acero: $f_u = 6330 \text{ Kg/cm}^2$.

Características de la albañilería: Confinamiento: 1 chicote de $\phi 1/4"$, embebido en el muro 0.40m y en la columna 0.15 m, el gancho de 90° con 0.10m, cada 2 hiladas, Juntas: 1 a 1.5 cm, Mortero: 1:4.

Tabla 4. Detalle de los elementos de confinamiento muro con ladrillo tipo IV.

CONFINAMIENTO	DIMENSIÓN	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL
Viga de cimentación	0.30x0.30m	6 $\phi 5/8"$	$\square 3/8" 1@5, 10@10, r@20$
Columnas	0.13x0.20m	4 $\phi 1/2"$	$\square 1/4" 1@5, 4@10, r@20$
Viga solera	0.20x0.20m	4 $\phi 3/8"$	$\square 1/4" 1@5, 4@10, r@20$

Fuente: Adaptado de Paredes, y otros, (18).

Tabla 5. Propiedades mecánicas del ladrillo Tipo IV.

LADRILLO DE ARCILLA	TIPO IV
Denominación	King Kong de 18 huecos
Tipo	Unidad Hueca
Fabricante	LARK
Porcentaje de huecos	50%

Dimensiones	23 x 12.5 x 9 cm
Peso de ladrillo	2.7 Kg
Resistencia a compresión ladrillo (f'b)	144 Kg/cm ²
Resistencia a compresión Pila (f'm)	83 Kg/cm ²
Resistencia al corte murete (v'm)	11.6 Kg/cm ²
Peso murete	1.8 T/m ³

Fuente: Adaptado de Paredes, y otros, (18).

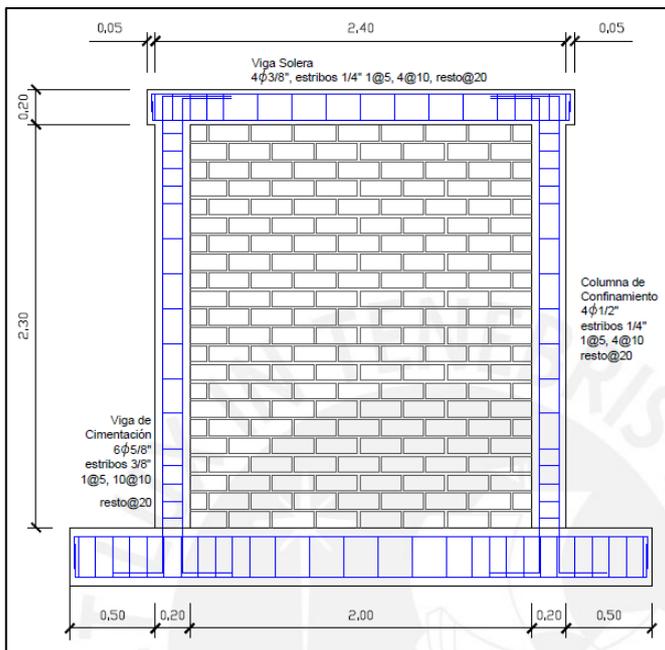


Figura 9. Muro de albañilería confinada con ladrillo tipo IV.

Fuente: Paredes, y otros, (18).

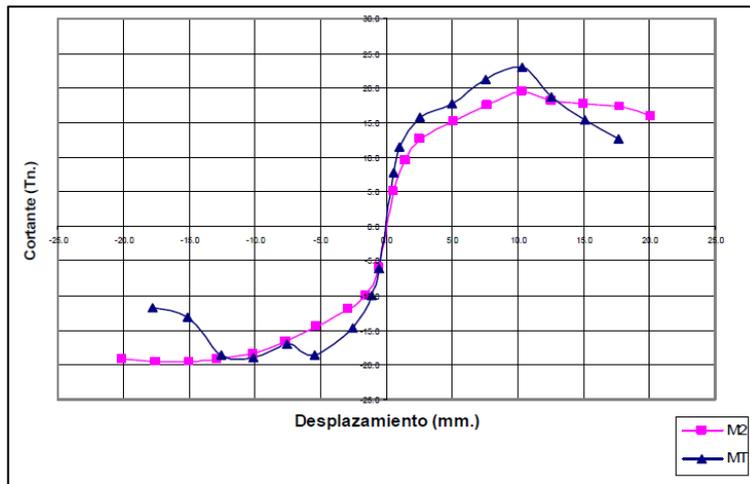


Figura 10. Envolvente de comportamiento histerético muro ladrillo Tipo IV.

Fuente: Paredes, y otros, (18).

Muro con ladrillo tipo V

Características del concreto y acero: Resistencia del concreto: $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, Resistencia de fluencia del acero: $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, Resistencia máxima del acero: $f_u = 6330 \text{ Kg/cm}^2$.

Características de la albañilería: Confinamiento: 1 chicote de $\phi \frac{1}{4}$ ", embebido en el muro 0.40m y en la columna 0.15 m, el gancho de 90° con 0.10m, cada 2 hiladas. Juntas: 1 a 1.5 cm y Mortero: 1:4.

Tabla 6. *Propiedades mecánicas del ladrillo Tipo V.*

LADRILLO DE ARCILLA	TIPO V
Denominación	King Kong de 18 huecos (INFES)
Tipo	Solido
Fabricante	REX
Porcentaje de huecos	32
Dimensiones	24.1 x 13.1 x 9 cm
Peso de ladrillo	3.69 Kg
Resistencia a compresión ladrillo ($f'b$)	201 Kg/cm ²
Resistencia a compresión Pila ($f'm$)	131.4 Kg/cm ²
Resistencia al corte murete ($v'm$)	16.65 Kg/cm ²
Peso murete	1.8 T/m ³

Fuente: Adaptado de Angles, (19).

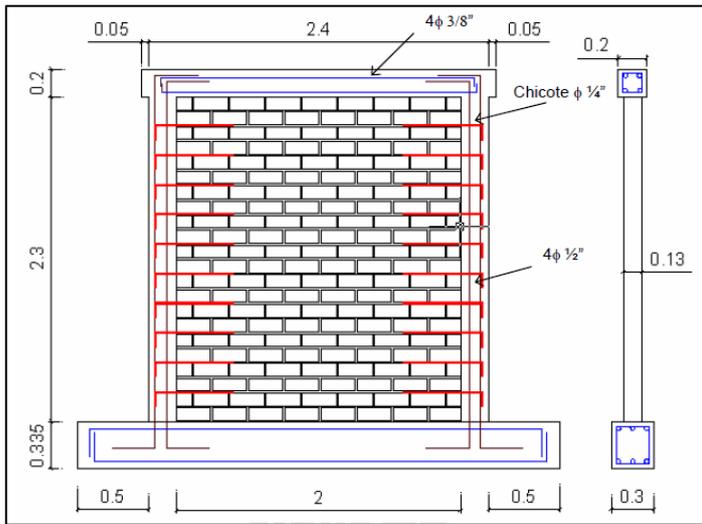


Figura 11. Muro confinado con ladrillo Tipo V.

Fuente: Angles, (19 pág. 37).

Tabla 7. Reforzamiento del pórtico de confinamiento muro ladrillo Tipo V.

CONFINAMIENTO	DIMENSIÓN	LONGITUDINAL	TRRANSVERSAL
Viga de cimentación	0.30x0.30m	6 ϕ 5/8"	\square 3/8" 1@5, 10@10, r@20
Columnas	0.13x0.20m	4 ϕ 1/2"	\square 1/4" 1@5, 4@10, r@20
Viga solera	0.20x0.20m	4 ϕ 3/8"	\square 1/4" 1@5, 4@10, r@20

Fuente: Adaptado de Angles, (19).

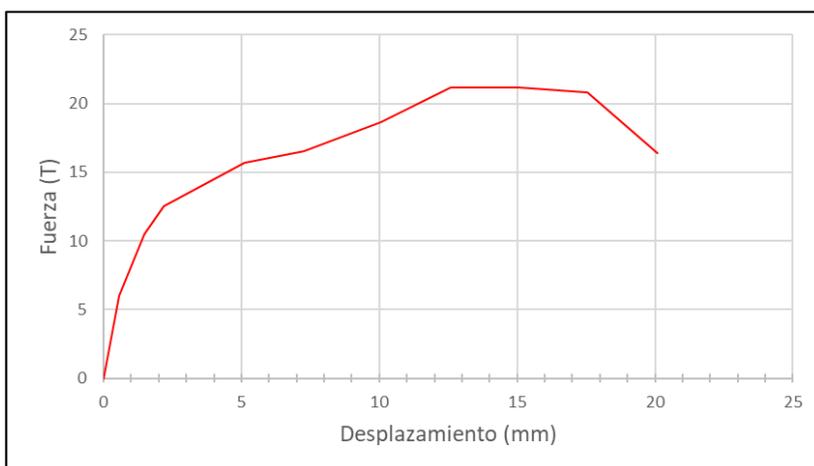


Figura 12. Envoltente de comportamiento histerético muro ladrillo Tipo V.

Fuente: Angles, (19).

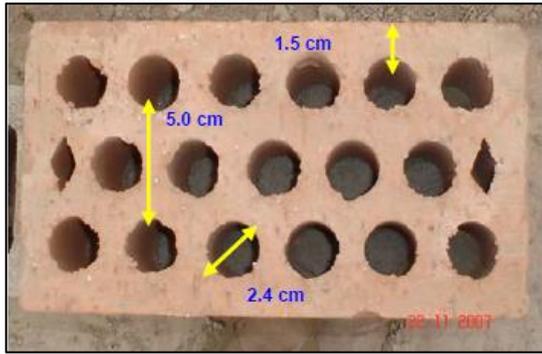


Figura 13. Ladrillo de arcilla King Kong de 18 huecos.
Fuente: Angles, (19 pág. 4).

CURVA DE CAPACIDAD RESISTENTE

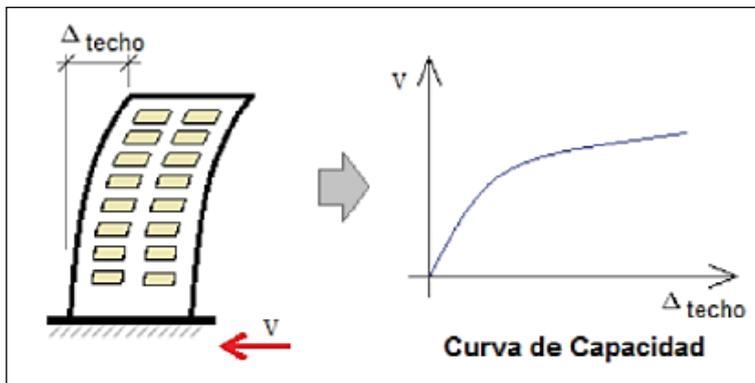


Figura 14. Diagrama curva de capacidad.
Fuente: Portillo, Rodríguez y Martínez, 2011.

Modelo Trilineal para el acero.

El Modelo Trilineal del acero, muestra la capacidad que tiene el acero de permitir deformaciones luego de haber alcanzado el máximo esfuerzo. Es un modelo sencillo para conocer el comportamiento del acero sometido a tracción y su programación es relativamente fácil. Contempla el aumento de esfuerzos en la zona de post fluencia mediante una variación lineal. Según (20), el modelo Trilineal se construye con las ecuaciones 1-5. Donde: (E_s) es el módulo de elasticidad del acero, (E_{sh}) es la pendiente de la zona de endurecimiento, (f_y) es el límite de fluencia del acero, (f_{su}) es el esfuerzo de rotura del acero, (ϵ_y) es la

deformación de fluencia del acero, (ε_{sh}) es la deformación al inicio de la zona de endurecimiento y (ε_{su}) es la deformación de rotura del acero.

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad \varepsilon_s \leq \varepsilon_y \quad Ec.1$$

$$f_s = f_y \quad \varepsilon_y < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \quad Ec.2$$

$$f_s = f_y + E_{sh}(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) \quad \varepsilon_s > \varepsilon_{sh} \quad Ec.3$$

$$E_s = \frac{f_y}{\varepsilon_y} \quad Ec.4$$

$$E_{sh} = \frac{f_{su} - f_y}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}} \quad Ec.5$$

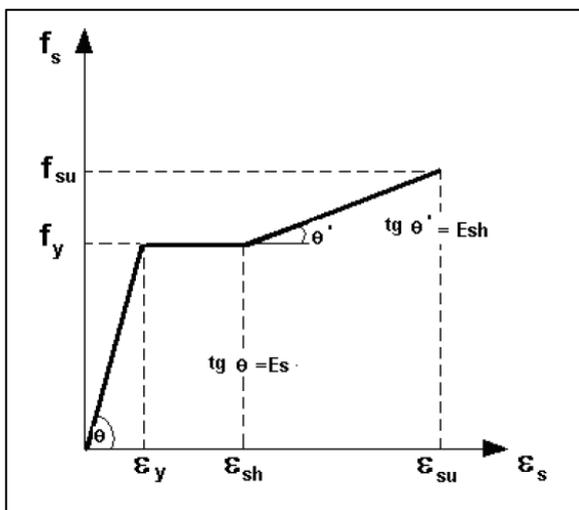


Figura 15. Modelo Trilineal para el acero.

Fuente: Aguiar et al, 2016.

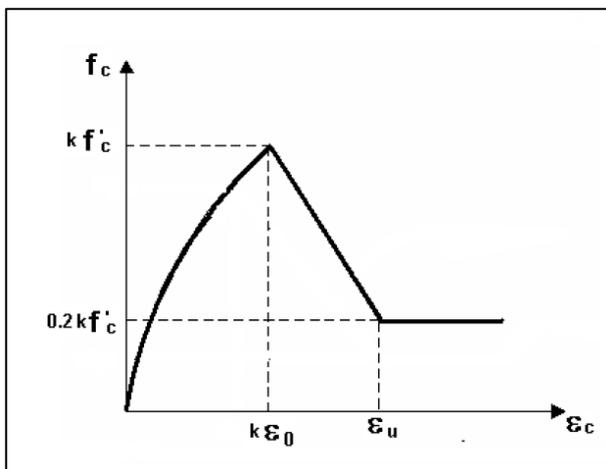


Figura 16. Modelo de Park et al (1982) para el concreto armado.

Fuente: Aguiar et al, 2016.

Modelo de Park et al. para el concreto

El modelo de Park et al (1982) es una versión mejorada del Modelo de Kent y Park (1971) y contempla el incremento de resistencia y ductilidad por el acero transversal de confinamiento estribos con ayuda de un facto “k” (20). El modelo de Park consta de las ecuaciones 6-13.

$$f_c = k f'_c \left[\frac{2 \varepsilon_c}{k \varepsilon_o} - \left(\frac{\varepsilon_c}{k \varepsilon_o} \right)^2 \right] \quad \varepsilon_c \leq k \varepsilon_o \quad \text{Ec. 6}$$

$$f_c = k f'_c [1 - Z(\varepsilon_c - k \varepsilon_o)] \quad k \varepsilon_o \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_u \quad \text{Ec. 7}$$

$$Z = \frac{0,5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{50h} + k \varepsilon_o} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0,29 f'_c}{145 f'_c - 1000} \quad \text{Ec. 9}$$

$$\varepsilon_{50h} = \frac{3}{4} \rho_v \sqrt{\frac{b''}{s}} \quad \text{Ec. 10}$$

$$\varepsilon_u = k \varepsilon_o + \frac{0,8}{Z} \quad \text{Ec. 11}$$

$$k = 1 + \frac{\rho_v f_{yv}}{f'_c} \quad \text{Ec. 12}$$

$$\rho_v = \frac{2 (b' + h') A_s}{b'' h'' s} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

f_c es el esfuerzo del concreto no confinado.

f'_c es la resistencia a compresión máxima del concreto sin confinar (lb/pulg²).

ε_c es la deformación del concreto.

ε_o es la deformación del concreto asociado a f'_c ($\varepsilon_o = 0.002$).

ε_{20c} es la deformación del concreto asociado a $0.2 f'_c$.

Z es la pendiente de la recta descendente del concreto.

ρ_v es la relación volumétrica entre el refuerzo transversal y el concreto confinado.

s es el espaciamiento del refuerzo transversal.

b'' es el ancho de la sección transversal del elemento, pero del concreto confinado.

b' es la distancia entre ejes del estribo en la dirección del ancho b .

h'' es la distancia entre bordes externos del estribo en la dirección del peralte h .

h' es la distancia entre ejes del estribo en la dirección del peralte h .

k es un factor que toma en cuenta el confinamiento del concreto, por medio de este factor se incrementa la resistencia y la ductilidad del concreto.

f_{yv} es la fluencia del refuerzo transversal.

ε_u es la deformación última del concreto.

Diagramas momento curvatura

El diagrama momento curvatura nos ayuda determinar la ductilidad local por curvatura de los elementos estructurales. Si la ductilidad es muy poca la estructura presentara falla frágil cuando ingrese al rango inelástico. Según (14), es importante la ductilidad para disipar la mayor energía y así dar paso a la distribución de momentos.

Los diagramas momento curvatura son representaciones graficas muy usadas en la técnica de sismo sucesivo Push Over. Relacionan el giro de cada sección del elemento con el momento interno que soportan. Son similares a las curvas de fuerza desplazamiento (14).

El cálculo del diagrama momento curvatura está basada en los siguientes principios: primero compatibilidad de deformaciones, segundo equilibrio de fuerzas y tercero equilibrio de momentos (20).

La figura 17, muestra un elemento inicialmente recto de un miembro de concreto reforzado que fue sometido a flexión. El radio de curvatura (R) es la distancia desde el giro (θ) hasta el eje neutro de la sección. El radio de curvatura R , la profundidad del eje neutro (kd), la deformación unitaria del concreto en la fibra más lejana a compresión (ε_c) y la deformación unitaria del acero a tensión (ε_s), varían a lo largo del miembro debido a que entre las grietas del concreto toma cierta tensión.

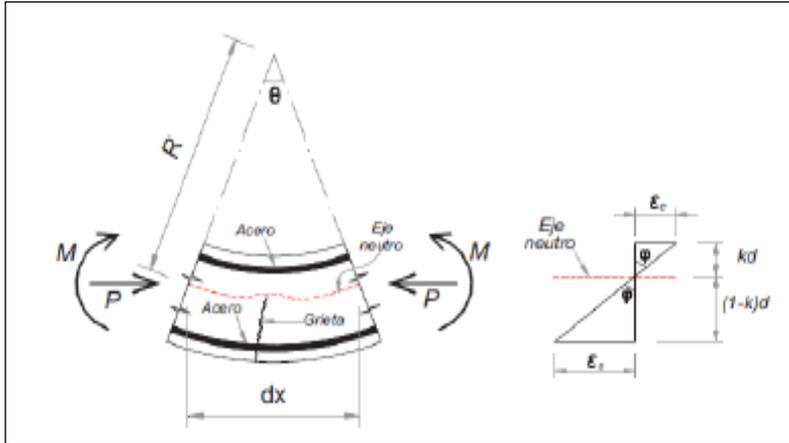


Figura 17. Porción diferencial de un elemento sometido a flexión.

Fuente: Chang, 2015.

Pórticos de confinamiento

La capacidad de la estructura es representada por la curva Push Over que relaciona la fuerza cortante en la base con el desplazamiento en el tope del edificio. Se usa un patrón de distribución de fuerza lateral en la altura del edificio que representa el primer modo de vibración. A medida que las cargas se incrementan, el modelo matemático de la estructura se modifica para simular la degradación de la rigidez de los elementos que empieza con la fluencia del acero. Según (20), el incremento de cargas es continuado hasta que la estructura alcance los límites preestablecidos.

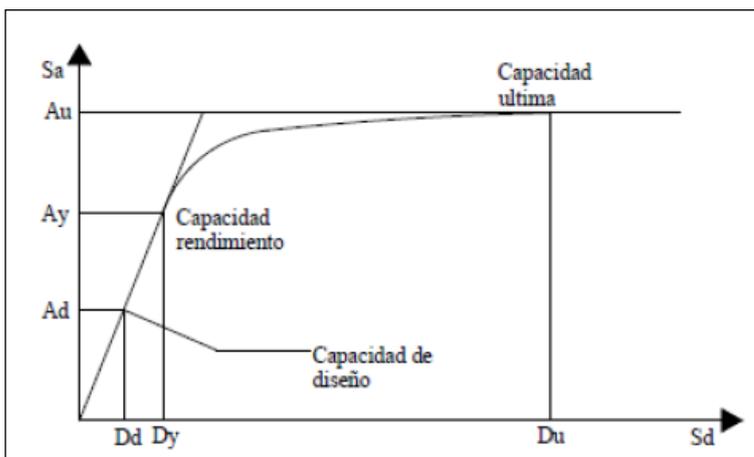


Figura 18. Detalles del diagrama curva de capacidad.

Fuente: ATC 40, 1996.

Muros de albañilería confinada.

El traslado de las fuerzas laterales a través de los pórticos con albañilería ocasiona una distribución de esfuerzos no uniforme al interior de la albañilería y los elementos del pórtico (21). Como las fuerzas laterales son incrementadas, la distribución de esfuerzos varía hasta que ocurre la falla de la albañilería. Cuando la albañilería alcanza su resistencia al cortante o a la compresión ocurre la falla.

El científico (15), expone la compleja interacción entre los pórticos de concreto armado y la albañilería de relleno y proponen una metodología que permite tener en cuenta estos elementos en los análisis y diseños convencionales.

El método propuesto es un análisis de Pushover de un pórtico que contiene puntales equivalentes excéntricos que representan la mampostería (21). El método puede ser usado en pórticos rellenos de albañilería completamente como también en pórticos parcialmente rellenos ó albañilería simple con aberturas. Usando puntales excéntricos en este análisis global, se producirán efectos directamente de la albañilería sobre las columnas, con lo cual no se necesitará evaluar estos miembros localmente. Este método está basado en el desarrollo de rótulas plásticas que capturan las propiedades no lineales del sistema estructural. Este método ha demostrado resultados confiables basados en datos experimentales y análisis de elementos finitos no lineales.

Procedimiento general

Usando este procedimiento general, se puede predecir la capacidad en el plano de los pórticos con albañilería (21).

Crear los puntales equivalentes representando a las albañilerías simples y ponerlos excéntricamente respecto a las columnas. Esta distancia excéntrica es referida como (l_{col}) y se define por la Ecuación 14. Dónde: (a) es el ancho del puntal equivalente, (θ_{col}) es la inclinación de la línea que llega a l_{col} , (h) es la altura de la albañilería simple y (l) su longitud. El espesor del puntal (t_{puntal}) debe ser el mismo que el espesor transversal del mortero (t_{mort}) si la falla está gobernada por la resistencia al cortante o a la adherencia, ó igual al espesor efectivo de la albañilería simple (t_{efec}) si la falla está gobernada por la resistencia a la compresión. El ancho del puntal equivalente, a_{puntal} , debe ser calculado

usando la Ecuación 16. Dónde: (a_{red}) es el ancho del puntal equivalente reducido por daño o aberturas, (a) es el ancho del puntal equivalente, ($R1_i$) es el factor de reducción debido a presencia de aberturas y ($R2_i$) es el factor de reducción debido al daño del relleno existente. Las propiedades del material que deben ser asignadas al puntal consisten en la capacidad a compresión del puntal (R_{puntal}) y el módulo de elasticidad de la albañilería (E_m), donde R_{puntal} se calcula usando la Ecuación 18. Dónde: (R_{comp}) es la resistencia a compresión de la albañilería simple, (R_{cort}) es la resistencia al cortante ó a la adherencia de la albañilería simple, (t_{efec}) es el espesor neto de la albañilería simple, (f'_m) es la resistencia a compresión de la albañilería simple, (t_{mort}) es el espesor transversal del mortero y (f'_v) es la menor entre las resistencias al cortante y a la adherencia mortero - ladrillo de la albañilería.

$$I_{col} = \frac{a}{\cos\theta_{col}} \quad Ec. 14$$

$$\theta_{col} = \text{Arctan}\left(\frac{h - I_{col}}{l}\right) \quad Ec. 15$$

$$a_{puntal} = 3 a_{red} \quad Ec. 16$$

$$a_{red} = a R1_i R2_i \quad Ec. 17$$

$$R_{puntal} = \text{El menor} \left\{ \begin{array}{l} R_{comp} \\ \frac{R_{cort}}{\cos\theta_{puntal}} \end{array} \right\} \quad Ec. 18$$

$$R_{comp} = a_{red} t_{efec} f'_m \quad Ec. 19$$

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{-0.4} \quad Ec. 20$$

$$\lambda_1 = \left(\frac{E_m t \text{ Sen}2\theta}{4 E_c I_{col} h}\right)^{1/4} \quad Ec. 21$$

$$R_{cort} = t_{mort} l f'_v R1_i R2_i \quad Ec. 22$$

$$\theta_{puntal} = \text{Arctan}\left(\frac{h - 2 I_{col}}{l}\right) \quad Ec. 23$$

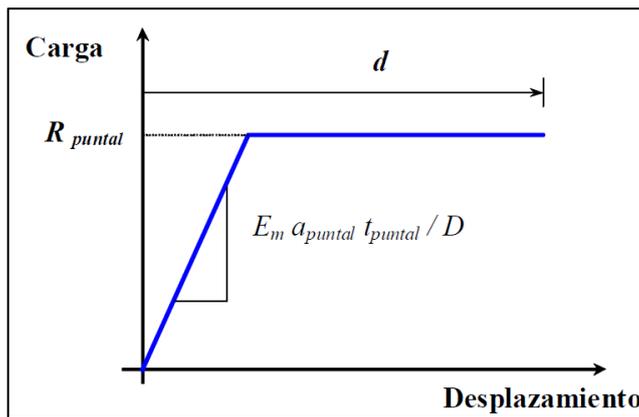


Figura 19. Diagrama carga – deformación del puntal equivalente

Fuente: Carrillo, (21)

Asignar zonas rígidas en las uniones del pórtico para representar la intersección real entre elementos viga y columna. Las zonas rígidas deben modelarse con un factor de rigidez de 0.5, es decir la mitad de la zona rígida se considera efectiva.

Asignar rótulas plásticas a los elementos del pórtico con el comportamiento apropiado a flexión para la sección y material particular. Para vigas, la rótula plástica debe tener en cuenta el comportamiento no lineal a flexión y cortante. Para columnas, la rótula debe tener en cuenta la interacción entre la carga axial y la flexión, así como las propiedades no lineales asociadas con el cortante. Las propiedades de las rótulas deben ser calculadas usando los parámetros dados en la Sección 6.4 del (22) y del (23) para elementos de concreto reforzado. Las rótulas en las columnas y las vigas deben estar localizadas en los extremos de cada uno de estos elementos, teniendo en cuenta las zonas rígidas que se forman en sus intersecciones.

Asignar rótulas plásticas en la mitad de la longitud del puntal equivalente excéntrico. Las características carga-deformación deben ser consistentes con la Figura 9.

Aplicar las cargas de gravedad como condiciones iniciales del análisis de Pushover. Las combinaciones de carga recomendadas se encuentran en las ecuaciones 3-2 y 3-3 del (22) y en las ecuaciones 3-3 y 3-4 del (23). Las cargas laterales deben ser aplicadas en una manera tal que aproximen las fuerzas de

inercia en el diseño sísmico. Las distribuciones de fuerza de inercia recomendadas están dadas en la Sección 3.3.3.2 del (22) y del (23).

Realizar el análisis de Pushover usando algún método de descarga de los elementos para obtener el equilibrio después de que una rótula plástica pierde capacidad debido a la excesiva deformación.

Rigidez elástica

La rigidez elástica es la propiedad mecánica del muro de albañilería cuando está libre de agrietamiento y corresponde al rango elástico de respuesta del muro (24). Es la pendiente de la línea inicial con mayor inclinación del modelo Trilineal de la curva de capacidad.

Rigidez inelástica

La rigidez inelástica es la propiedad mecánica del muro de albañilería cuando inicia el agrietamiento visible del muro y corresponde al nivel de servicio donde se produce el término del rango elástico de respuesta del muro (24). Es la pendiente de la segunda línea del modelo Trilineal de la curva de capacidad.

Ductilidad por desplazamiento

La ductilidad según lo menciona (25), está definido como la propiedad de los materiales que experimenta grandes deformaciones sin llegar a fallar mientras esta carga aplicada se mantiene en el tiempo. Una parte estructural dúctil se diseña básicamente para soportar deformaciones inelásticas mientras esta soporta muchos ciclos de carga como se da durante la acción sísmica (p. 08).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de Investigación: El presente estudio es tipo BASICA, porque cubre un vacío teórico y optimiza procesos de investigación en el campo de la vulnerabilidad estructural de estructuras de albañilería confinada. Según (26), este tipo de investigación no tiene el objetivo de aplicación en la práctica, solo intenta extender el conocimiento científico sobre los fenómenos estudiados. Sus objetivos de investigación son las teorías científicas, teorías similares que analiza para completar su contenido.

Diseño de Investigación: El diseño de la investigación es No experimental - Descriptivo transversal, porque la investigación no cuenta con grupo experimental al tener solo 3 objetos de estudio como son 3 tipos de muros de albañilería. La presente investigación pertenece al estudio de casos, donde un caso se entiende como una familia, una institución, una empresa o pocos individuos. Según (27 pág. 29), los estudios de caso tienen como diseño metodológico la descripción trasversal, porque estos estudios se limitan a medir la variable de estudio.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Ladrillos industriales

Según la (4), los ladrillos industriales son unidades de albañilería de arcilla cocida que son tubulares, alveolar, hueca o sólida.

El ladrillo industrial se definirá operacionalmente de acuerdo a su clasificación en el reglamento nacional de edificaciones como Tipo III, Tipo IV y Tipo V.

Variable dependiente: Curva de capacidad resistente

La curva de capacidad resistente es la respuesta sísmica de la estructura hasta alcanzar el colapso (20). Es el diagrama más utilizado en las nuevas filosofías de la evaluación de las estructuras. Relaciona el desplazamiento máximo en el tope con la cortante basal de la estructura analizada.

La curva de capacidad resistente se definirá operacionalmente en 3 dimensiones que son: La capacidad a flexión de los elementos de confinamiento, la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento y la Capacidad a compresión del puntal equivalente.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Una población es un grupo finito o infinito de ítems de investigación que son arquetipos estudiados en el espacio y el tiempo y, de manera similar, presentados según el problema y el objetivo (28). Por ello se considera a fin de la investigación una población infinita de muros de albañilería confinada modeladas computacionalmente.

Muestra: La muestra es un conjunto menor de la población que necesitamos medir para encontrar conclusiones sobre la población. Según (27) el propósito del investigador es estudiar 3 muros típicos modelados computacionalmente con las características constructivas de la localidad de San Ramon:

muro 1: de 1 tramo y 1 piso, representado en la figura 11.

muro 2: de 3 tramos y 1 piso, representado en la figura 12.

muro 3: de 3 tramos y 3 pisos, representado en la figura 13.

Muestreo: En el presente estudio se realizará un muestreo NO PROBABILÍSTICO, un muestreo a criterio particular del investigador. Según (27) en estos estudios el investigador conoce con precisión estudios idénticos o similares y entiende que esos ejemplos son importantes para su investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos: La técnica de recolección de datos es la Observación estructurada. Según (29) es aquella que se ejecuta a partir de unos objetivos preestablecidos, además de una guía diseñada para realizar la observación.

Instrumentos de recolección de datos: En el presente estudio se diseñarán Fichas de recolección de datos que serán validadas por juicio de expertos.

Según (28) estas fichas sirven para registrar información asociados a las variables que está siendo estudiados por el investigador.

Validez: En términos generales la validez es el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir (28). Para el cálculo de la capacidad resistente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales se utilizarán programas de computación y fichas de recolección de datos diseñadas por el investigador y validadas por juicio de expertos. Tanto fichas como los programas funcionan respetando las metodologías que establecen las normas técnicas peruanas (30), (31), (4) y las normas internacionales (32) como filosofía de diseño, (33) (34) para la construcción de diagramas momento curvatura, (35) y (36) para el cálculo de la curva de capacidad resistente y el punto de desempeño y (37) para los objetivos de desempeño.

Tabla 8. Resultado de validez según expertos.

RANGO	INTERPRETACION
Menos de 0.50	Validez Nula
0.50 – 0.59	Validez baja
0.60 – 0.69	Valida
0.70 – 0.79	Muy Valida
0.80 – 0.99	Excelente Validez
1	Validez perfecta

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Validez por juicio de expertos.

	GRADO ACADEMICO	APELLIDOS Y NOMBRE	CIP	VALIDEZ
1	Ingeniero Civil	De la calle Vega Paolo Renzo	154396	1
2	Ingeniero Civil	Cornejo Almaster Javier Hernan	36668	0.83
3	Ingeniero Civil	Capuñay Gonzalez Walter	82522	0.83
Validez Promedio				0.89

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El resultado de la validez del instrumento de recolección de datos fue 0.89 que al comparar con la tabla N°8 se interpreta como una excelente validez. La validez final es el promedio de la validez de cada experto.

Confiabilidad: La confiabilidad existe cuando algo funciona de manera tan confiable en el futuro como lo hizo en el pasado, puede medir lo mismo una y

otra vez y producirá los mismos resultados (28). Por esta razón, los instrumentos estándar mencionados representan especificaciones confiables para el análisis sísmico de estructuras.

3.5. Procedimiento

3.5.1. Muro confinado N°1

En la figura 20. Se muestra un muro de albañilería confinada de un piso y un tramo, de 2.20 m de largo por 2.40 de alto. El espesor del muro es de 0.13 m. Las vigas soleras y columnetas comparten las mismas características, con una sección de 0.13 x 0.20 m y 4 ϕ ½.

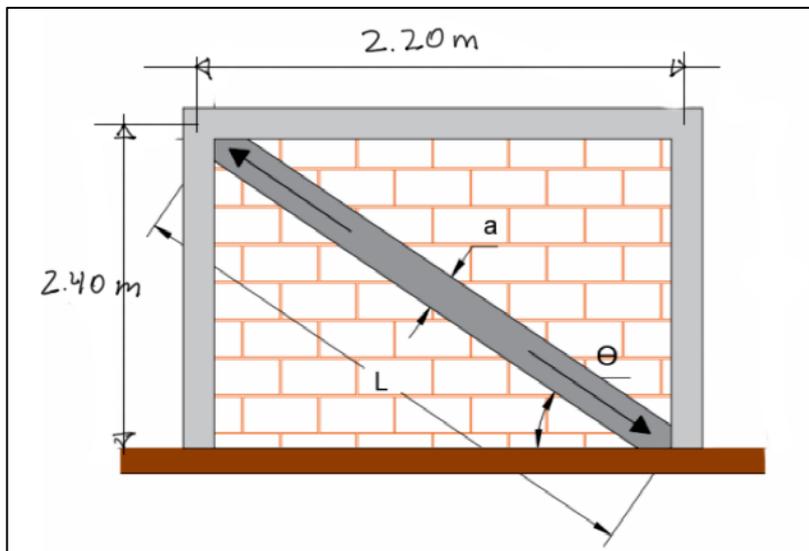


Figura 20. Muro confinado N°1.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Muro confinado N°2

En la figura 21. Se muestra un muro dividido en 3 tramos de 5.00 m, sumando un total de 15 m de longitud. La altura es de 3.00 m y el espesor de 0.13 m. Las columnetas tienen una sección de 0.45 x 0.45 m reforzado con 10 ϕ 5/8". Las vigas soleras tienen una sección de 0.35 x 0.45 m reforzado con 8 ϕ 5/8".

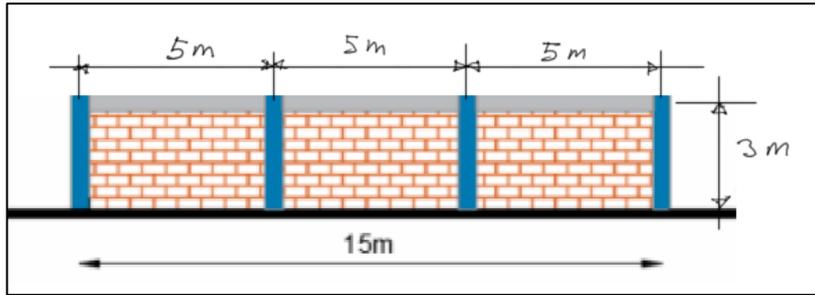


Figura 21. Muro confinado N°2.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Muro confinado N°3

En la figura 22. Se muestra un muro dividido en 3 tramos de 5.00 m, sumando un total de 15 m de longitud. La altura está dividida en 3 entrepisos de 3.00 m, sumando un total de 9.00 de altura. El espesor es de 0.13 m. Las columnetas como en el caso anterior, tienen una sección de 0.45 x 0.45 m reforzado con 10 ϕ 5/8". De igual manera, las vigas soleras tienen una sección de 0.35 x 0.45 m reforzado con 8 ϕ 5/8".

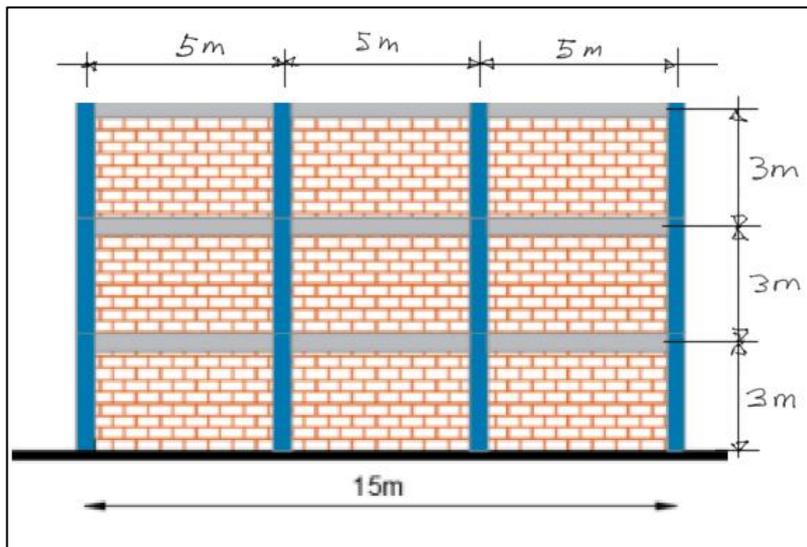


Figura 22. Muro confinado N°3.

Fuente: Elaboración propia.

Ficha técnica de ladrillos industriales

CARACTERISTICAS GENERALES

Denominación del Bien	: KING KONG 18 HUECOS		
Denominación técnica	: KING KONG STANDAR		
Grupo/clase/familia	: CONSTRUCCIONES DE MURO PORTANTE		
Dimensiones (mm)	L.Corte	Ancho	Largo
	90	125	230
Peso	: 2.70 Kg.		
Unidades m ²	: 38		



Anexos adjuntos:

Descripción general: Es el ladrillo fabricado de arcilla moldeada, extruida y quemada o cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo.

CARACTERISTICAS TECNICAS

DE LOS TIPOS DE LADRILLOS

Según la Norma NTP 399.613:2005 - 339.604 - 399.604 este ladrillo corresponde:

Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

CARACTERISTICAS FISICAS

	según NTP	según muestra
VARIACION DE LA DIMENSION (mm)	± 2.0	± 2.0
ALABEO (mm)	2	1
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	130.0 Kg/cm ²	277.0 Kg/cm ²
ABSORCION (%)	<22	12.80
EFLORESCENCIA	NO EFORESCENTE	NO EFLORESCENTE

OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación altamente controlado.
- Control de Calidad riguroso en todos los procesos.
- Peso exacto
- Secado tradicional.

EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS O EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA NORMA TECNICA PERUANA VIGENTE.

ACTUALIZADO: FEBRERO 2019

Parcela 10234 Fundo Santa Inés, Puente Piedra – Lima. Telf: (051) 711-3322

www.ladriilloslark.com.pe

CARACTERISTICAS GENERALES

Denominación del Bien	: KING KONG 30%		
Denominación técnica	: KING KONG 30% VACIO		
Grupo/clase/familia	: CONSTRUCCIONES DE MURO PORTANTE		
Dimensiones (mm)	L.Corte	Ancho	Largo
	90	130	240
Peso	: 3.80 Kg.		
Unidades m ²	: 36		



Anexos adjuntos:

Descripción general: Es el ladrillo fabricado de arcilla moldeada, extruida y quemada o cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo.



CARACTERISTICAS TECNICAS

DE LOS TIPOS DE LADRILLOS

Según la Norma NTP 399.613 - 331.040 - 331.041 este ladrillo corresponde:

Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

CARACTERISTICAS FISICAS

	según NTP	según muestra
VARIACION DE LA DIMENSION (mm)	± 2.0	± 1.0
ALABEO (mm)	2	1
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	180.0 Kg/cm ²	311.2 Kg/cm ²
ABSORCION (%)	<22	13.20
EFLORESCENCIA	NO EFLORESCENTE	NO EFLORESCENTE

OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación altamente controlado.
- Control de Calidad riguroso en todos los procesos.
- Peso exacto.
- Secado tradicional.

EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS O EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

ACTUALIZADO: FEBRERO 2019

Parcela 10234 Fundo Santa Inés, Puente Piedra – Lima. Telf. (051) 711-3322

www.ladriilloslark.com.pe

3.6. Método de análisis de datos

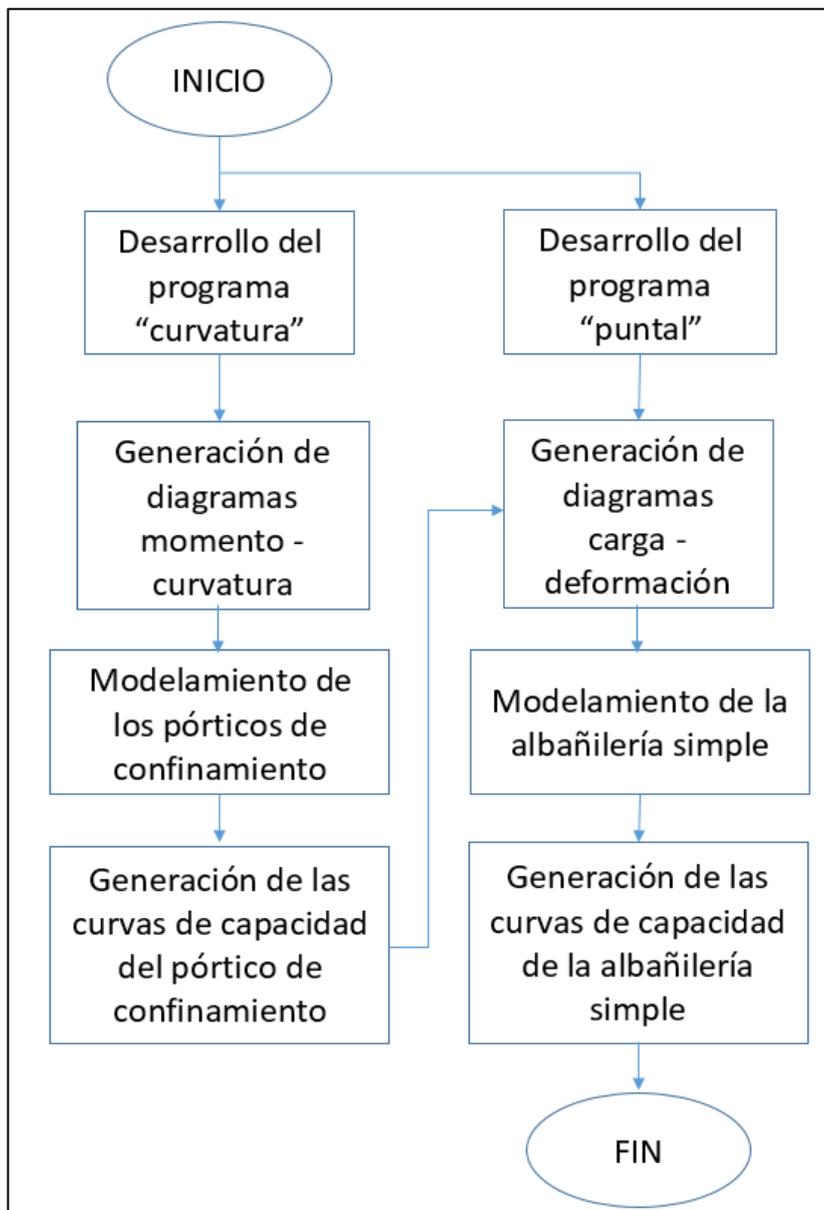


Figura 23. Flujograma del procedimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Se analizará los datos de acuerdo al procedimiento que se muestra en la tabla N°10 y el flujograma de la figura N°23. Las actividades serán realizadas bajo los códigos normativos que dan validez a los instrumentos de recolección de datos. Se utilizarán programas de computación escritos en código de Matlab. Así también, con el apoyo del asesor de tesis para verificación de los resultados obtenidos en base a los procedimientos de análisis ya mencionados.

Tabla 10. Procedimiento de la investigación.

ETAPAS	PASOS	ACTIVIDADES
1	1	Desarrollo del programa “a_nudos”, “b_colocación”, “c_cargas” y “d_curvatura” en código Matlab.
	2	Cálculo de las fuerzas internas de los pórticos de confinamiento debido a cargas de gravedad con “a_nudos”, “b_colocación” y “c_cargas”.
	3	Construcción de diagramas momento – curvatura con el programa “d_curvatura”.
2	4	Desarrollo del programa “e_capacidad” en código Matlab.
	5	Generación de la curva de capacidad resistente de los pórticos de confinamiento con el programa “e_capacidad”.
3	6	Desarrollo del programa “a_puntal” y “d_puntal” en código Matlab.
	7	Generación de los diagramas carga – deformación para los puntales equivalente con los programas “a_puntal”, “b_colocación”, “c_cargas” y “d_curvatura” y “d_puntal”.
4	8	Segundo desarrollo del programa “e_capacidad” en código Matlab.
	9	Generación de la curva de capacidad de los muros de albañilería con los programas “e_capacidad”.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1. Determinación de la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Paso 1: Desarrollo de los programas “a_nudos”, “b_colocación”, “c_cargas” y “d_curvatura” en código Matlab. Ver anexo N°3

El programa “d_curvatura” construye los diagramas momento curvatura a partir del cálculo del momento y la curvatura de fluencia, y con los factores a, b y c de la norma internacional ASCE 41-13. El confinamiento del concreto dependerá del espaciamiento del estribo.

Paso 2: Cálculo de las fuerzas internas de los pórticos de confinamiento debido a cargas de gravedad con “a_nudos”, “b_colocación” y “c_cargas”.

Paso 3. Construcción de diagramas momento – curvatura con el programa “d_curvatura”, Mostrado en las figuras 15 y 16

Muro N°1

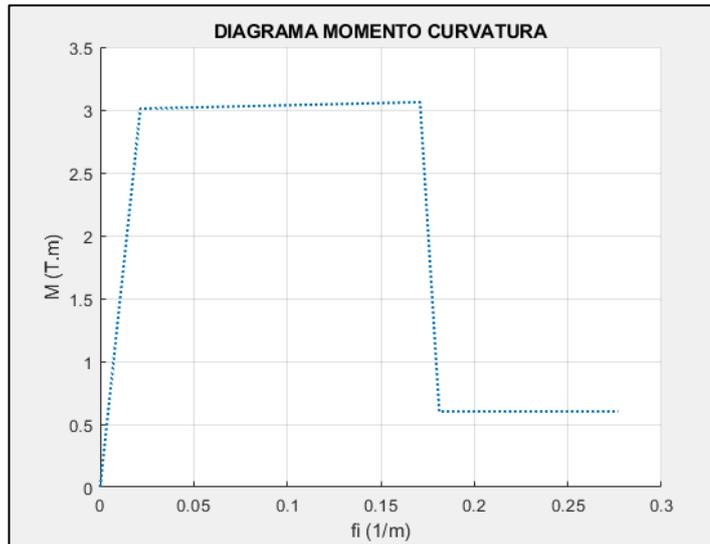


Figura 24. Diagrama momento curvatura de las columnetas del muro N°1.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 24, se muestra el diagrama momento curvatura de las columnetas del muro de albañilería N°1. Se observa que la capacidad a flexión (M_u) es de 2.90 Tm. La primera pendiente representa la rigidez elástica a flexión (EI_o) que es igual a 136.82 T/m, la segunda pendiente es la rigidez inelástica a flexión (EI_p) que es igual a 0.34 T/m y la ductilidad por curvatura (u) es de 7.77. También se puede apreciar una degradación sustancial de la rigidez debido a la fluencia del acero de refuerzo, la tercera es una caída súbita de la resistencia que se equilibra en una resistencia residual de 0.6 Tm. En esta última etapa se da la formación de una articulación con rigidez nula.

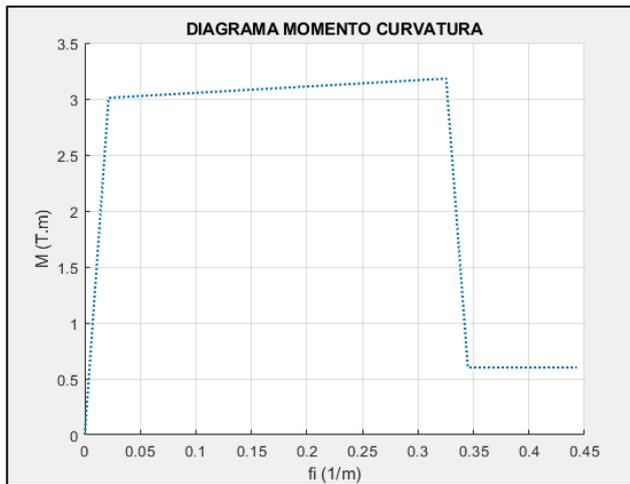


Figura 25. Diagrama momento curvatura de la viga solera del muro N°1.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 25, se muestra el diagrama momento curvatura de las vigas soleras del muro de albañilería N°1. Se observa que la capacidad a flexión (M_u) es de 2.80 Tm. La primera recta representa la rigidez elástica a flexión (EI_o) que es igual a 136.82 T/m, la segunda es la rigidez inelástica a flexión (EI_p) que es igual a 0.56 T/m y la ductilidad por curvatura (μ) es de 14.77. También se puede apreciar una degradación sustancial de la rigidez de la sección, debido a la fluencia del acero de refuerzo, la tercera es una caída súbita de la resistencia que se equilibra en una resistencia residual de 0.6 Tm. En esta última etapa se forma una articulación con rigidez nula.

Muro N°2 y 3

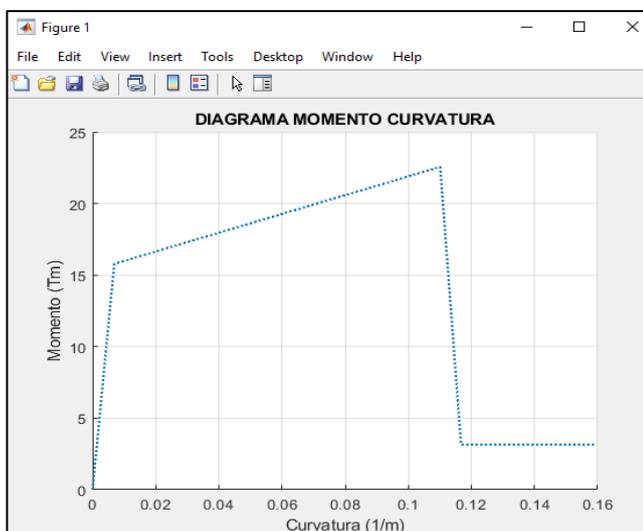


Figura 26. Diagrama momento curvatura, columnetas del muro N° 2 y 3.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 26, se muestra el diagrama momento curvatura de las columnetas del muro de albañilería N°2 y 3. Se observa una capacidad a flexión (M_u) de 22.5 Tm, la primera pendiente es la rigidez elástica a flexión (EI_o) que es igual a 2285.71 T/m, la segunda pendiente es la rigidez inelástica a flexión (EI_p) que es igual a 63.11 T/m y la ductilidad por curvatura (u) es de 15.71. También se puede apreciar una degradación sustancial de la rigidez debido a la fluencia del acero de refuerzo, la tercera es una caída súbita de la resistencia que se equilibra en una resistencia residual de 3.5 Tm. En esta última etapa se forma una articulación con rigidez nula.

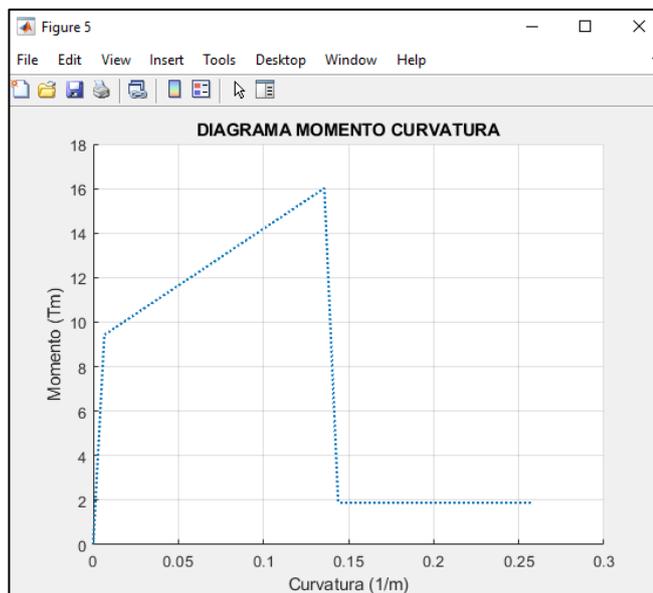


Figura 27. Diagrama momento curvatura de la viga solera del muro N°2 y 3.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 27, se muestra el diagrama momento curvatura de la viga solera del muro de albañilería N°2 y 3. Se observa una capacidad a flexión (M_u) de 16.00 Tm, la primera pendiente es la rigidez elástica a flexión (EI_o) que es igual a 1357.14 T/m, la segunda pendiente es la rigidez inelástica a flexión (EI_p) que es igual a 48.87 T/m, y la ductilidad por curvatura (u) es de 20.00. También se puede apreciar una degradación sustancial de la rigidez debido a la fluencia del acero de refuerzo, la tercera es una caída súbita de la resistencia que se equilibra en una resistencia

residual de 2 Tm. En esta última etapa se forma una articulación con rigidez nula.

3.6.2. Determinación de la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Paso 1: Desarrollo del programa “e_capacidad” en código Matlab. Ver anexo N°3

El programa “e_capacidad” construye la curva de capacidad resistente de los pórticos de confinamiento con los resultados del programa “curvatura” para la determinación de la capacidad de fluencia, necesario para la modelación inelástica de los muros de albañilería mediante el puntal equivalente.

Paso 2: Generación de la curva de capacidad resistente de los pórticos de confinamiento con el programa “e_capacidad”.

Muro N°1.

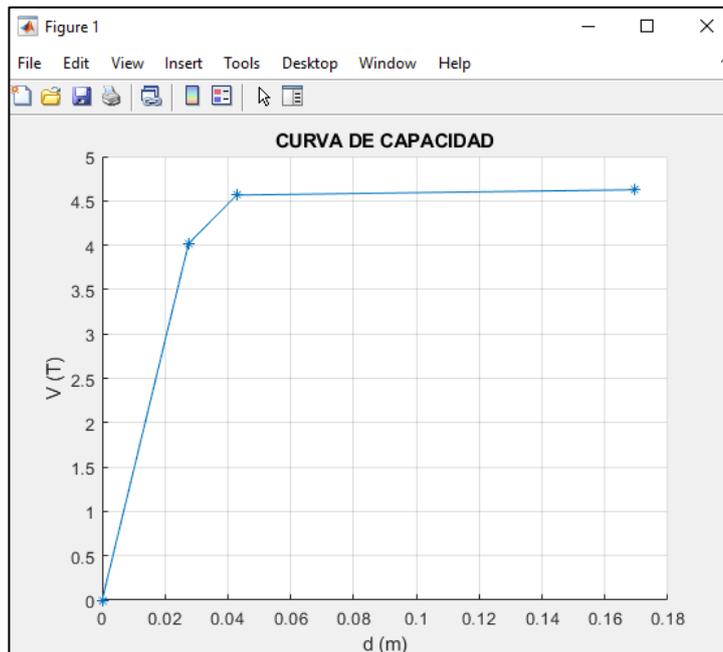


Figura 28. Curva de capacidad del pórtico de confinamiento del muro N°1.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 28, se muestra la curva de capacidad resistente del pórtico de confinamiento del muro de albañilería N°1 de donde se obtienen las propiedades al corte del sistema. Se observa una cortante de fluencia (V_u) de 4.50 T, la primera pendiente es la rigidez elástica al corte (K_e) que es igual a 150 T/m, la segunda pendiente es la rigidez inelástica al corte (K_i) que es igual a 0.71 T/m y la ductilidad por corte (u_d) es de 5.67. Mientras más grande sea la ductilidad, la estructura disipara mayor energía sísmica.

Muro N°2 y 3.

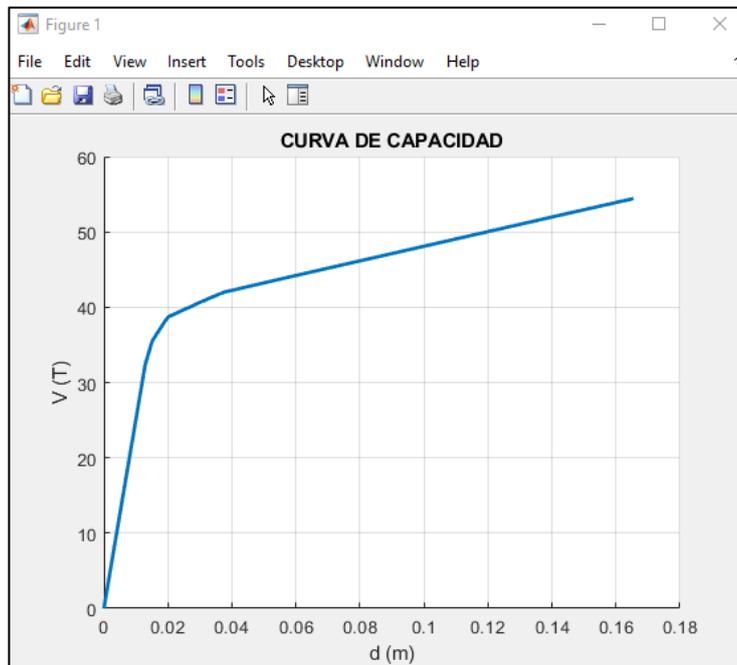


Figura 29. Curva de capacidad del pórtico de confinamiento, muro N°2 y 3.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 29, se muestra la curva de capacidad resistente del pórtico de confinamiento del muro de albañilería N°2 y 3 de donde se obtienen las propiedades al corte del sistema. Se observa una cortante de fluencia (V_u) de 54.44 T, la primera pendiente es la rigidez elástica al corte (K_e) que es igual a 1950.00 T/m, la segunda pendiente es la rigidez inelástica al corte (K_i) que es igual a 102.93 T/m y la ductilidad por corte (u_d) es de

8.50. Mientras más grande sea la ductilidad, la estructura disipara mayor energía sísmica.

3.6.3. Determinación de la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Paso 1: Desarrollo del programa “a_puntal” y “d_puntal” en código Matlab. Ver anexo N°3

El programa "a_puntal", incorpora en las últimas filas la matriz de nudos i-j del sistema aporticado, los nudos i-j de los puntales equivalentes.

El programa “d_puntal”, dibuja el diagrama carga - deformación de un puntal equivalente con la metodología de carrillo (2007) y Osorio (38).

Paso 2: Generación de los diagramas carga – deformación para los puntales equivalente con los programas “a_puntal” “b_colocación”, “c_cargas” y “d_curvatura” y “d_puntal”.

Ladrillo industrial Tipo III

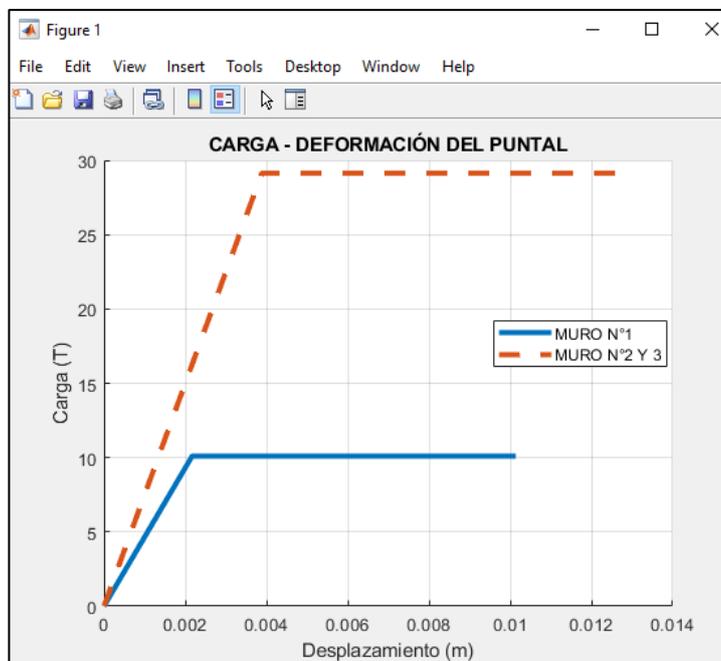


Figura 30. Diagrama carga – deformación del puntal con ladrillo tipo III.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 30, se observa el diagrama carga deformación del puntal de los muros con ladrillo industrial tipo III. El puntal del muro N°1 tendrá una capacidad a compresión (R_u) de 10.10 T y el muro N°2 y 3 una capacidad a compresión (R_u) de 29.14 T, como también se puede observar en la tabla 11.

Tabla 11. *Propiedades mecánicas del puntal con ladrillo tipo III.*

PUNTO	A		B		PROPIEDAD A LA COMPRESIÓN		
	d_y (m)	R_y (T)	d_u (m)	R_u (T)	EAe (T/m)	EAI (T/m)	ud (Adim)
1	0.002	10	0.011	10.10	5000.00	0.00	5.50
2 Y 3	0.004	29	0.013	29.14	7250.00	0.00	3.25

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 11, se muestran los puntos notables de los diagramas de carga deformación y las propiedades mecánicas del puntal. El muro N°1 tiene una rigidez axial elástica (EAe) de 5000.00 T/m, una rigidez axial inelástica (EAI) igual a 0 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 5.50. El muro N°2 y 3 tendrán una rigidez axial elástica (EAe) de 7250.00 T/m, una rigidez axial inelástica (EAI) igual a 0 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 3.25.

Ladrillo industrial Tipo IV

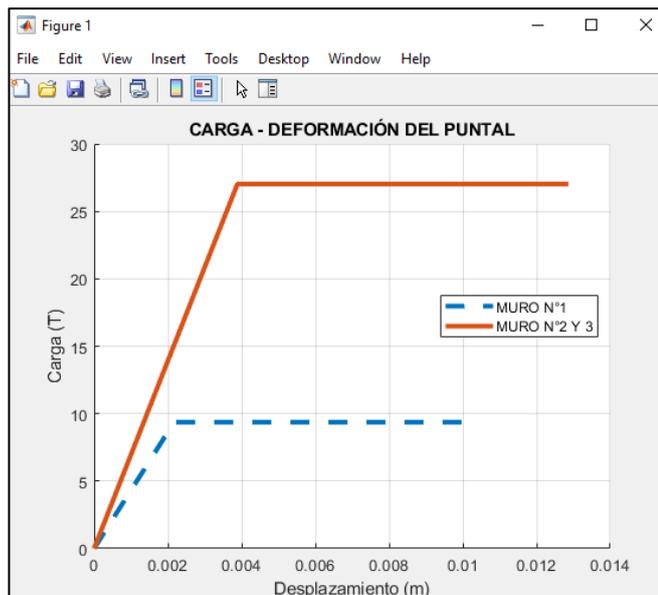


Figura 31. Diagrama carga – deformación del puntal con ladrillo tipo IV.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 31, se observa el diagrama carga deformación del puntal de los muros con ladrillo industrial tipo IV. El puntal del muro N°1 tendrá una capacidad a compresión de 9.37 T y el puntal del muro N°2 y 3 una capacidad a compresión de 27.03 T.

Tabla 12. *Propiedades mecánicas del puntal con ladrillo tipo IV.*

PUNTO	A		B		PROPIEDAD A LA COMPRESIÓN		
	dy (m)	Ry (T)	du (m)	Ru (T)	E Ae (T/m)	E Ai (T/m)	ud (Adim)
1	0.002	9.5	0.01	9.37	4750.00	0.00	5.00
2 Y 3	0.004	27.00	0.013	27.03	6750.00	0.00	3.25

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 12, se muestran los puntos notables de los diagramas de carga deformación y las propiedades mecánicas del puntal. El muro N°1 tiene una rigidez axial elástica (E Ae) de 4750.00 T/m, una rigidez axial inelástica (E Ai) igual a 0.00 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 5.00. El muro N°2 y 3 tendrán una rigidez axial elástica (E Ae) de 6750.00 T/m, una rigidez axial inelástica (E Ai) igual a 0.00 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 3.25.

Ladrillo industrial Tipo V

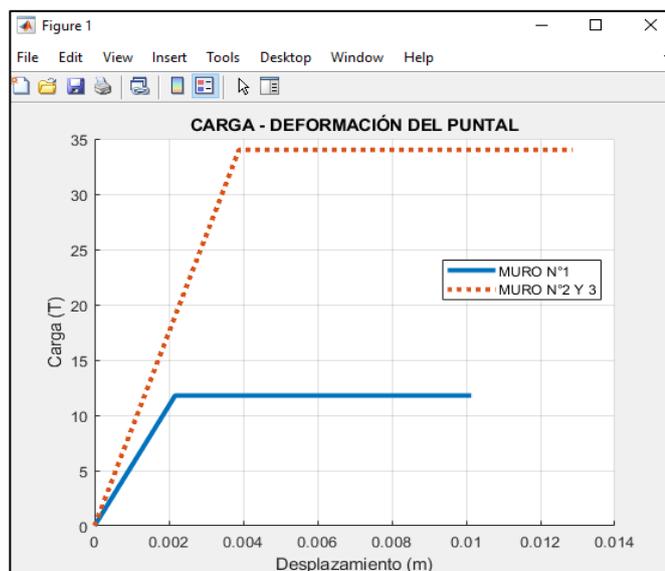


Figura 32. Diagrama carga deformación del muro N°1 con ladrillo tipo V.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 32, se observa el diagrama carga deformación del puntal de los muros con ladrillo industrial tipo V. El puntal del muro N°1 tendrá una capacidad a compresión de 12.00 T y el puntal del muro N°2 y 3 una capacidad a compresión de 34.01 T, como también se puede observar en la tabla 13.

Tabla 13. Capacidad a compresión del puntal del muro N°1, ladrillo tipo V.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD A LA COMPRESIÓN		
	dy (m)	Ry (T)	du (m)	Ru (T)	E Ae (T/m)	E Ai (T/m)	ud (Adim)
1	0.002	12	0.01	12	6000.00	0.00	5.00
2 Y 3	0.004	34	0.013	34	8500.00	0.00	3.25

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 13, se muestran los puntos notables de los diagramas de carga deformación y las propiedades mecánicas del puntal. El muro N°1 tiene una rigidez axial elástica (E Ae) de 6000.00 T/m, una rigidez axial inelástica (E Ai) igual a 0.00 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 5.00. El muro N°2 y 3 tendrán una rigidez axial elástica (E Ae) de 8500.00 T/m, una rigidez axial inelástica (E Ai) igual a 0.00 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 3.25.

3.6.4. Generación de la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Paso 1: Segundo desarrollo del programa “e_capacidad” en código Matlab, ver anexo N°3

Paso 2: Generación de la curva de capacidad de los muros de albañilería con los programas “e_capacidad”.

Ladrillo industrial Tipo III

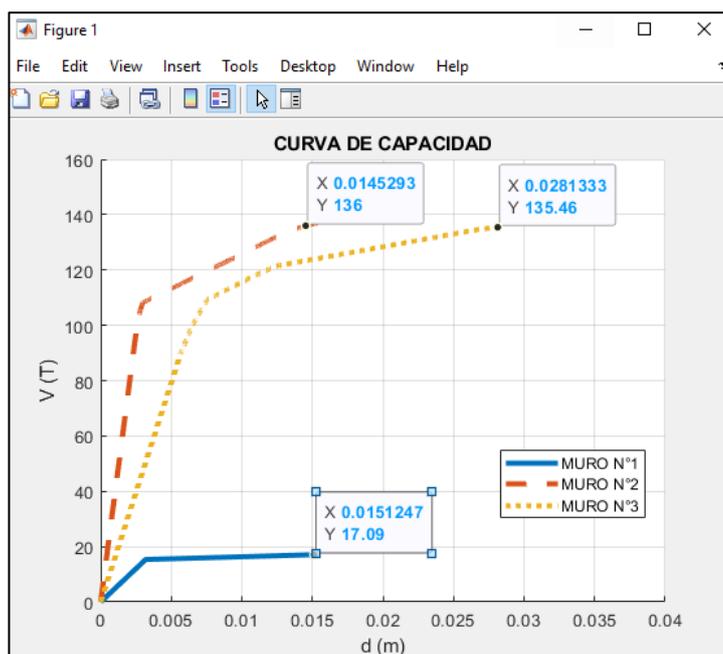


Figura 33. Curva de capacidad de los muros con ladrillo tipo III.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 33, se observa la curva de capacidad resistente de los muros de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo III. El muro N°1, 2 y 3 tienen una capacidad última (V_u) de 17.09, 136.00 y 136.00 T respectivamente, como también se observa en la tabla 14.

Tabla 14. Propiedades al corte de los muros con ladrillo tipo III.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD AL CORTE		
	d_y (m)	V_y (T)	d_u (m)	V_u (T)	K_e (T/m)	K_i (T/m)	u_d (Adim)
1	0.0025	16	0.0151	17.09	6400.00	79.37	6.04
2	0.0025	109	0.0145	136.00	43600.00	2250.00	5.80
3	0.0075	110	0.0281	136.00	14666.67	1262.14	3.75

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 14, se muestran los puntos notables de la curva de capacidad y las propiedades mecánicas al corte. El muro N°1 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 6400.00 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 79.37 T/m y una ductilidad al corte (u_d) de 6.04. El muro N°2 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 43600.00 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 2250.00 T/m y una ductilidad al desplazamiento (u_d) de 5.80. El muro N°3 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 14666.67 T/m, una rigidez

inelástica al corte (K_i) de 1262.14 T/m y una ductilidad al desplazamiento (u_d) de 3.75.

Ladrillo industrial Tipo IV

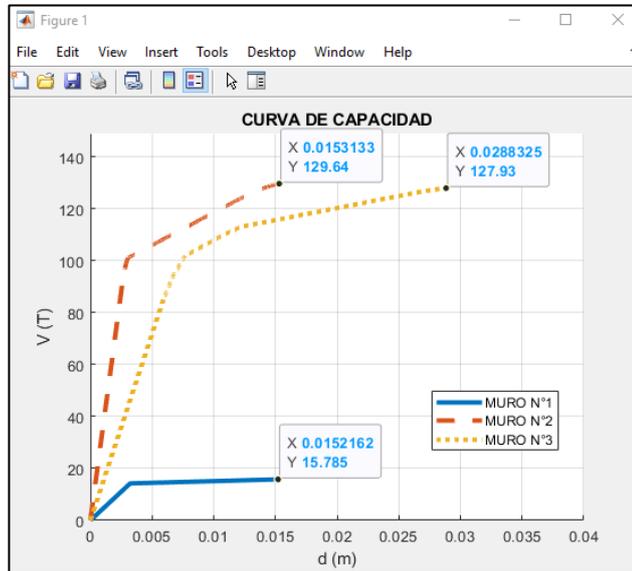


Figura 34. Curva de capacidad de los muros con ladrillo tipo IV.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 34, se observa la curva de capacidad resistente de los muros de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo IV. El muro N°1, 2 y 3 tienen una capacidad última (V_u) de 15.79, 129.64 y 127.93 T respectivamente, como también puede observar en la tabla 15.

Tabla 15. Propiedades al corte de los muros con ladrillo tipo IV.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD AL CORTE		
	d_y (m)	V_y (T)	d_u (m)	V_u (T)	K_e (T/m)	K_i (T/m)	u_d (Adim)
1	0.003	14.23	0.015	15.79	4743.33	130.00	5.00
2	0.003	100.83	0.015	129.64	33610.00	2400.83	5.00
3	0.008	102.2	0.029	127.93	12775.00	1225.24	3.63

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 15, se muestran los puntos notables de la curva de capacidad y las propiedades mecánicas al corte. El muro N°1 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 4743.33 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 130.00 T/m y una ductilidad al desplazamiento (u_d) de 5.00. El muro N°2 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 33610.00 T/m, una rigidez

inelástica al corte (K_i) de 2400.83 T/m y una ductilidad al corte (u_d) de 5.00. El muro N°3 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 12775.00 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 1225.24 T/m y una ductilidad al corte (u_d) de 3.63.

Ladrillo industrial Tipo V

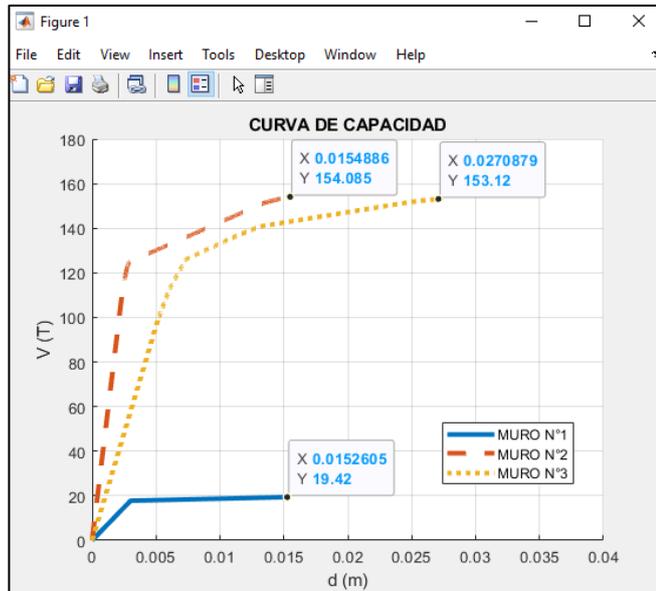


Figura 35. Curva de capacidad del muro N°1 con ladrillo tipo V.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 35, se observa la curva de capacidad resistente de los muros de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo V. El muro N°1, 2 y 3 tienen una capacidad última (V_u) de 19.42, 154.09 y 153.12 T respectivamente, como también puede observarse en la tabla 16.

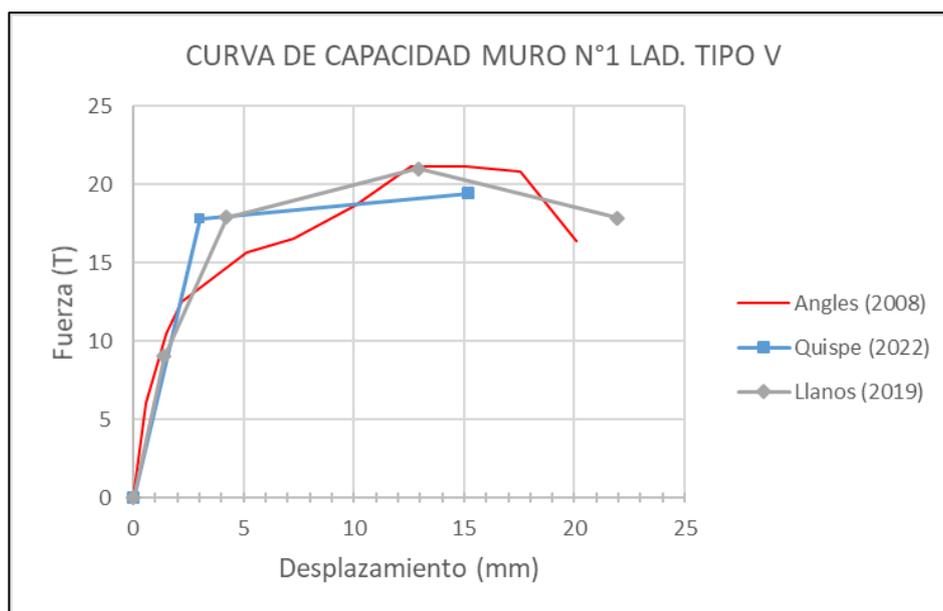


Figura 36. Comparación de la capacidad del muro N°1 con los antecedentes.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Propiedades al corte de los muros con ladrillo tipo V.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD AL CORTE		
	dy (m)	Vy (T)	du (m)	Vu (T)	Ke (T/m)	Ki (T/m)	ud (Adim)
1	0.003	17.79	0.015	19.42	5930.00	135.83	5.00
2	0.003	124.83	0.015	154.09	41610.00	2438.33	5.00
3	0.008	126.67	0.027	153.12	15833.75	1392.11	3.38

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 16, se muestran los puntos notables de la curva de capacidad y las propiedades mecánicas al corte. El muro N°1 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 5930.00 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 135.83 T/m y una ductilidad al desplazamiento (u_d) de 5.00. El muro N°2 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 41610.00 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 2438.33 T/m y una ductilidad al desplazamiento (u_d) de 5.00. El muro N°3 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 15833.75 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 1392.11 T/m y una ductilidad al desplazamiento (u_d) de 3.38.

3.6.5. Aplicación de la curva de capacidad resistente en la evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con ladrillos industriales.

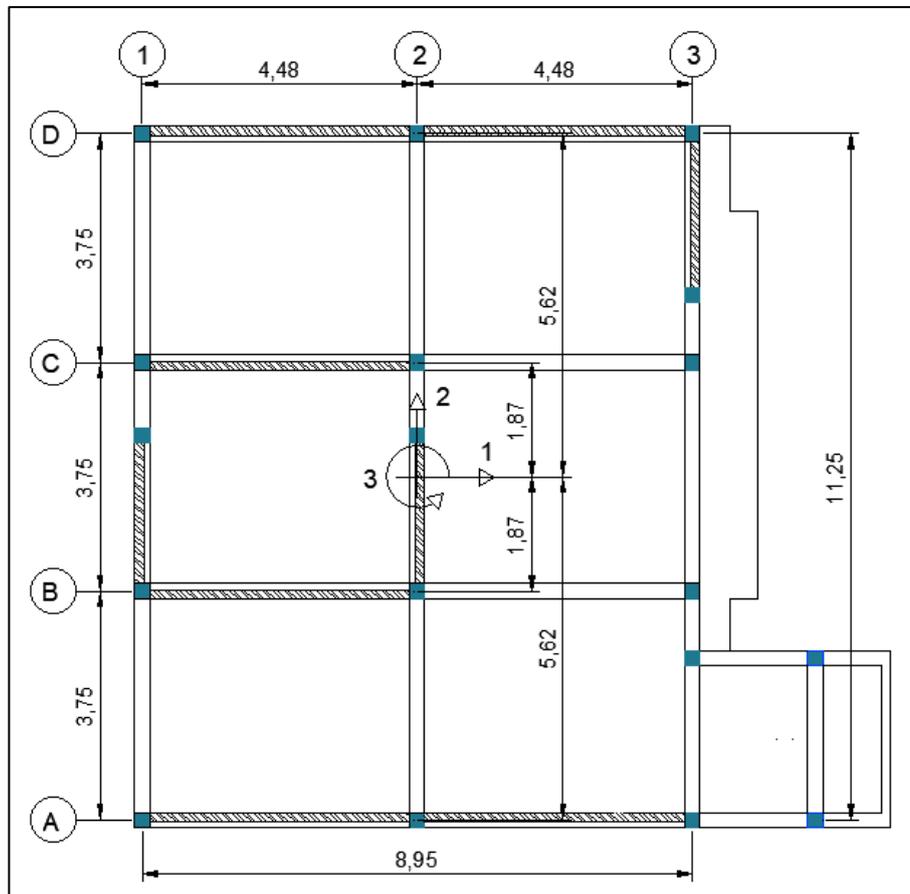


Figura 37. Vivienda de albañilería confinada.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 37, se muestra la planta típica de una vivienda de albañilería confinada de 3 pisos. La estructura tiene una altura de entrepiso de 2.8 m, que hace un total de 8.40 m, los muros tienen un espesor de 0.13 m y están confinados por columnas y vigas de 0.25 x 0.25 m de sección. El concreto armado tiene una resistencia de 175 Kg/cm² y la albañilería una resistencia a la compresión de 93 Kg/cm² con ladrillos industriales tipo III. Se analizará la estructura tanto en la dirección X e Y utilizando el sistema de computación desarrollado en la presente investigación. Las coordenadas 1, 2 y 3 son los grados de libertad en el centro de masas del techo.

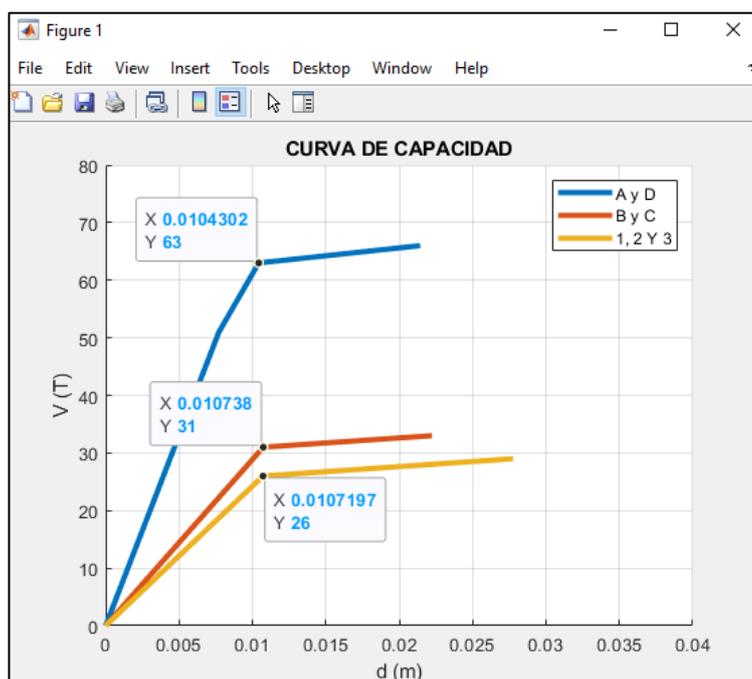


Figura 38. Curva de capacidad de los muros de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 38, se muestra la curva de capacidad resistente de los muros de la vivienda de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo III. El muro de los ejes A, B, C, D, 1, 2 y 3 tienen una capacidad última (V_u) de 66, 33, 33, 66, 29, 29 y 29 respectivamente, como también se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Propiedades al corte de los muros de la vivienda de albañilería.

PUNTO	FLUENCIA		ROTURA		PROPIEDAD AL CORTE		POSICIÓN	
	dy (m)	Vy (T)	du (m)	Vu (T)	ke (T/m)	ki (T/m)	α (°)	r (m)
A	0.0104	63	0.0214	66	6058	273	0	-5.62
B	0.0107	31	0.0222	33	2897	174	0	-1.87
C	0.0107	31	0.0222	33	2897	174	0	1.87
D	0.0104	63	0.0214	66	6058	273	0	5.62
1	0.0107	26	0.0278	29	2430	175	90	-4.48
2	0.0107	26	0.0278	29	2430	175	90	0
3	0.0107	26	0.0278	29	2430	175	90	4.48

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 17, se muestran los puntos notables de la curva de capacidad y las propiedades mecánicas al corte. El muro de los ejes A y D tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 6058 T/m y una rigidez inelástica al corte (K_i) de 273 T/m. El muro de los ejes B y C tienen una rigidez elástica al corte (K_e) de 2897 T/m y una rigidez inelástica al corte (K_i) de 174 T/m. El muro de los ejes 1, 2 y 3 tienen una rigidez elástica al corte (K_e) de 2430 T/m y una rigidez inelástica al corte (K_i) de 175 T/m. (α) es la dirección del muro respecto a la coordenada (1) y (r) es su posición respecto al centro de masas.

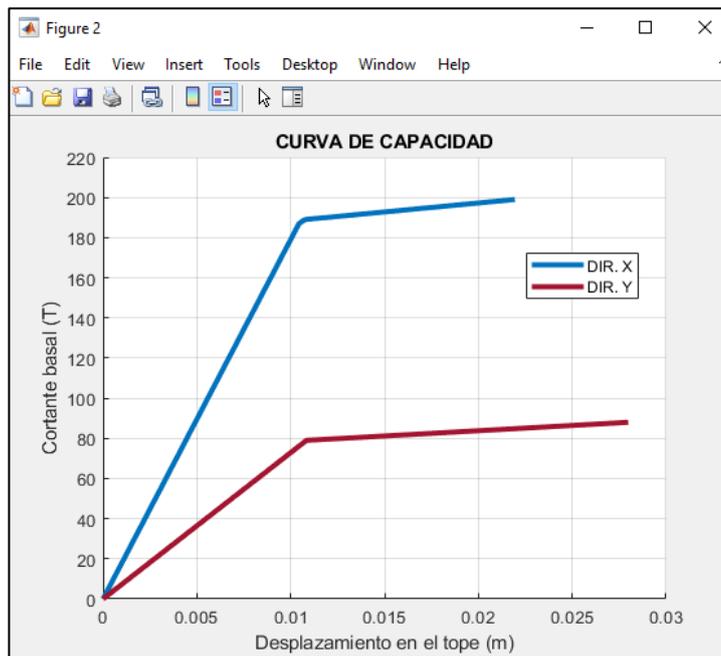


Figura 39. Curva de capacidad de la vivienda en la coordenada (1) y (2).

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 39, se muestra la curva de capacidad resistente de la vivienda de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo III. La capacidad última (V_u) en la dirección X e Y es de 199 T y 88 T con un desplazamiento último (d_u) de 0.0219 y 0.0279 m respectivamente.

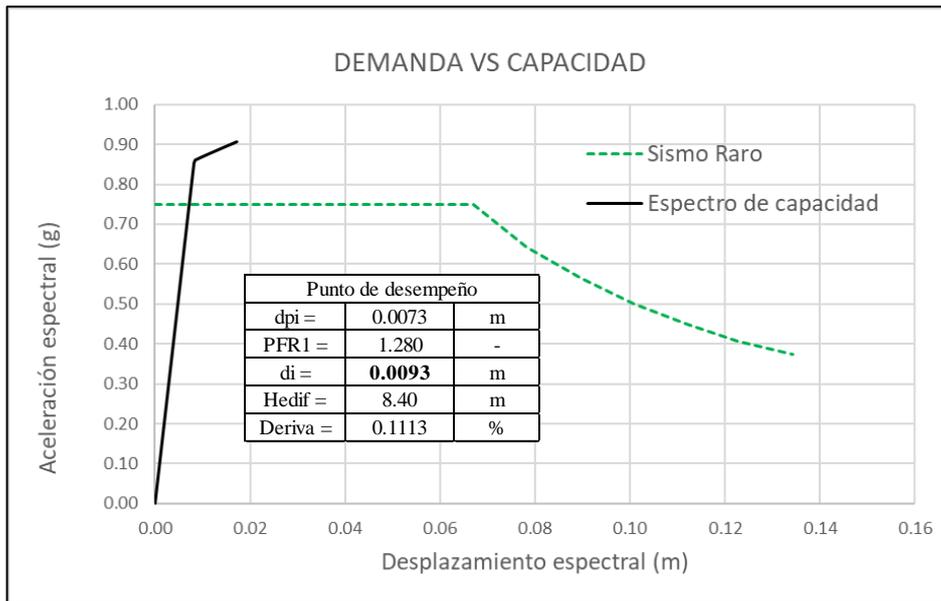


Figura 40. Punto de desempeño de la vivienda medido en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 40, se muestra la aplicación de la curva de capacidad resistente en la evaluación del desempeño sísmico de una vivienda de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo III en la dirección X. El sismo catalogado como sismo raro provoca un desplazamiento de 0.0093 m, que da una deriva de 0.11%.

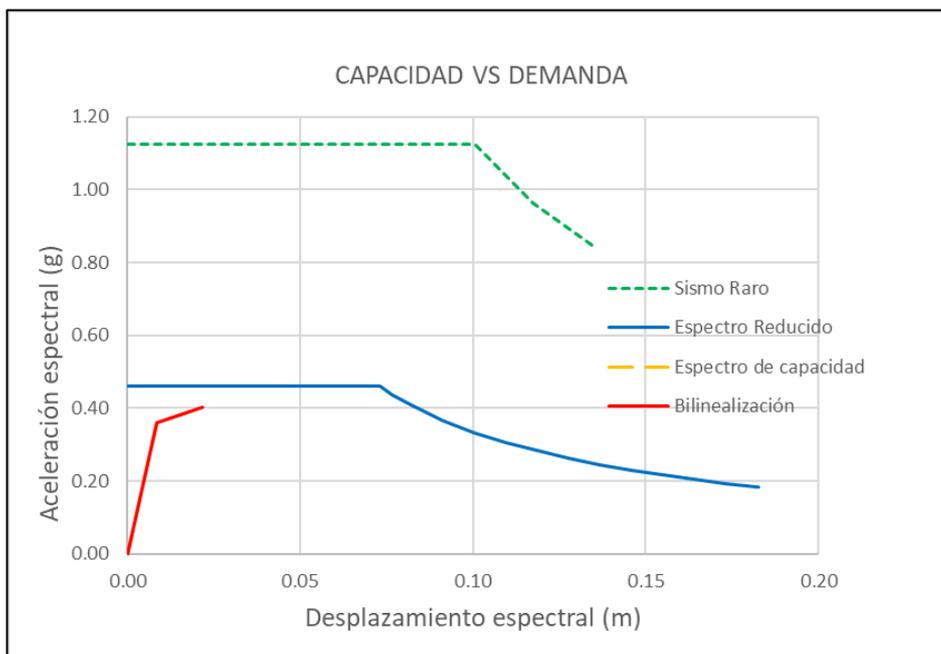


Figura 41. Punto de desempeño de la vivienda medido en la coordenada (2).

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 41, se muestra la aplicación de la curva de capacidad resistente en la evaluación del desempeño sísmico de una vivienda de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo III en la dirección Y. La curva de capacidad no alcanza el espectro reducido, dando a entender que la estructura sufrirá el colapso en la dirección Y.

3.7. Aspectos éticos

El investigador confirma y se adhiere a la sinceridad de sus resultados, y trabaja con diligencia y determinación para que la investigación sea un éxito mientras mantiene la precisión en cada etapa del cálculo. Para el desarrollo del presente estudio se utilizó códigos normativos como Normas peruanas de edificaciones (NTP E060 y E070), American Concrete Institute (ACI 318), American Society of Civil Engineers (ASCE) y Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC 40), que son fundamentales para que no se alteren los resultados obtenidos.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

El presente estudio fue desarrollado en la ciudad de San Ramon, distrito de San Ramon, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.



Figura 42. Ubicación política del distrito de San Ramón en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú.

4.2. Resultados de la investigación

4.2.1. Resultados de la determinación de la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Muro N°1

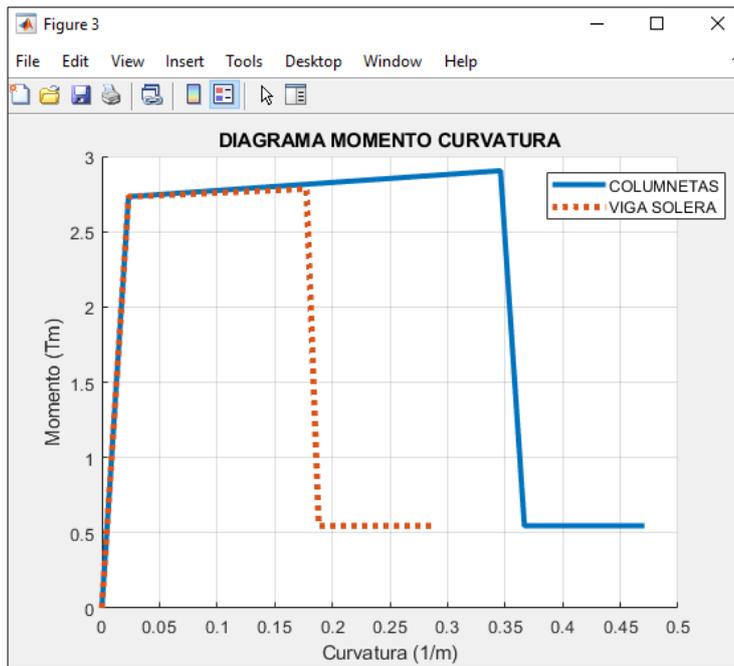


Figura 43. Momento curvatura de los elementos de confinamiento muro N°1.
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 43, se observa el diagrama momento curvatura de los elementos de confinamiento del muro de albañilería N°1. Las columnetas tienen una capacidad a flexión (M_u) de 2.90 Tm y la viga solera tiene una capacidad a flexión de 2.80 Tm como también se observa en la tabla 17. Esto significa que, a pesar de tener la misma sección, las tablas ASCE 41- 13 otorga mayor ductilidad por curvatura a las columnas en un 90%.

Tabla 18. *Propiedades a flexión de los elementos del muro N°1.*

PUNTO	A		B		PROPIEDAD A FLEXIÓN		
	ϕ_y	M_y	ϕ_u	M_u	E_{lo}	E_{lp}	u
	(1/m)	(Tm)	(1/m)	(Tm)	(Tm ²)	(Tm ²)	(Adim)
Columneta 1	0.022	2.75	0.171	2.9	136.82	0.34	7.77
Columneta 2	0.022	2.75	0.171	2.9	136.82	0.34	7.77
Viga solera	0.022	2.75	0.325	2.8	136.82	0.56	14.77

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 18, se muestran los puntos notables de los diagramas momento curvatura y las propiedades mecánicas del elemento. Las columnetas tienen una rigidez a flexión elástica (E_{lo}) de 136.82 Tm², una rigidez a flexión inelástica (E_{lp}) de 0.34 Tm² y una ductilidad a flexión

(ud) de 7.77. La viga solera tienen una rigidez a flexión elástica (EI_o) de 136.82 Tm², una rigidez a flexión inelástica (EI_p) de 0.56 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 14.77.

Muro N°2 y 3

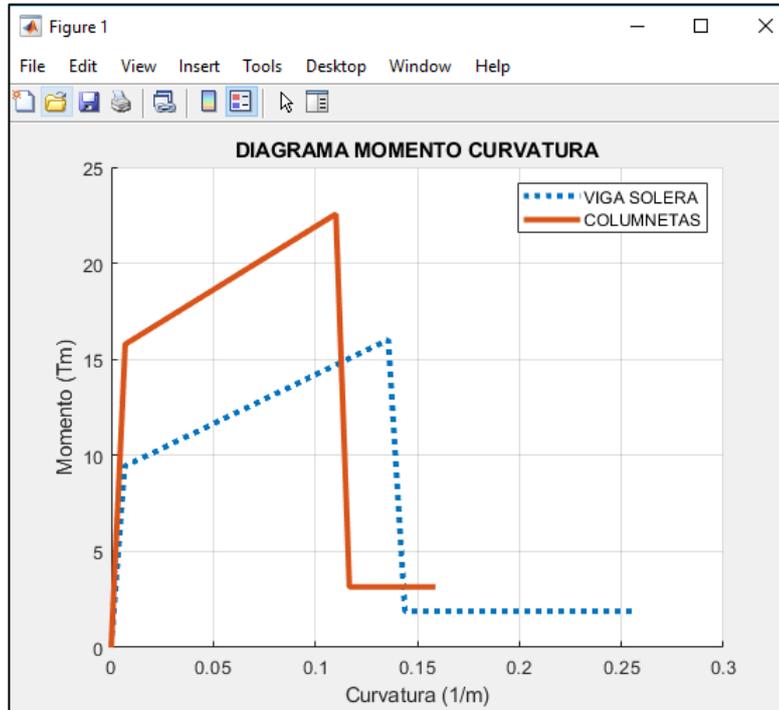


Figura 44. Momento curvatura de los elementos del muro N° 2 y 3.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 44, se muestra el diagrama momento curvatura de los elementos de confinamiento del muro de albañilería N°2 y 3. Las columnetas tienen una capacidad a flexión (M_u) de 22.50 Tm y la viga solera tiene una capacidad a flexión de 16.00 Tm como también se puede observar en la tabla 19. Esto significa que las columnas superan en un 41 % en la resistencia de rotura de la sección, debido a que tienen una sección de 0.45 x 0.45 m reforzada con 10 ϕ 5/8" mientras que las vigas tienen una sección de 0.35 x 0.45 m reforzada con 8 ϕ 5/8".

Tabla 19. Propiedades a flexión de los elementos del muro N°2 y 3.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD A FLEXIÓN		
	ϕ_y	M_y	ϕ_u	M_u	EI_o	EI_p	u
	(1/m)	(Tm)	(1/m)	(Tm)	(Tm ²)	(Tm ²)	(Adim)

Columneta 1	0.007	16	0.11	22.5	2285.71	63.11	15.71
Columneta 2	0.007	16	0.11	22.5	2285.71	63.11	15.71
Viga solera	0.007	9.5	0.14	16	1357.14	48.87	20.00

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 19, se muestran los puntos notables de los diagramas momento curvatura y las propiedades mecánicas del elemento. Las columnetas tienen una rigidez a flexión elástica (EI_o) de 2285.71 Tm², una rigidez a flexión inelástica (EI_p) de 63.11 Tm² y una ductilidad a flexión (u) de 15.71. La viga solera tienen una rigidez a flexión elástica (EI_o) de 1357.14 Tm², una rigidez a flexión inelástica (EI_p) de 48.87 T/m y una ductilidad por desplazamiento (ud) de 20.

4.2.2. Resultados de la determinación de la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Muro N°1,2 y 3

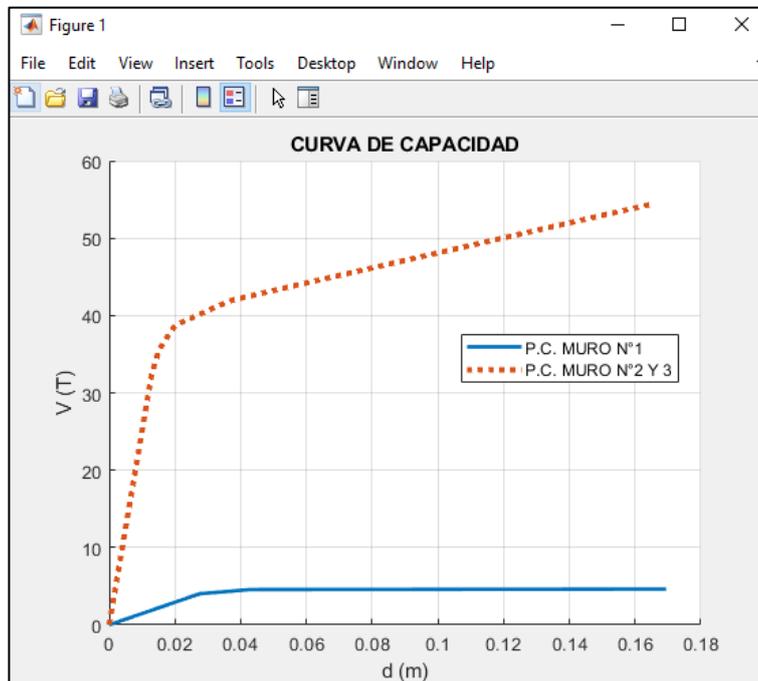


Figura 45. Curva de capacidad de los pórticos de confinamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 45, se observa la curva de capacidad resistente del pórtico de confinamiento de los muros de albañilería. El pórtico del muro N°1 tiene una cortante de fluencia (M_y) de 4.50 T y el pórtico del muro N°2 y 3 tiene una cortante de fluencia de 39.00 T como también se puede observar en la tabla 19. Esto significa que la resistencia de falla de los muros N° 2 y 3 son 8.67 veces mayor a la resistencia de falla del muro N° 1, debido a que su longitud es 3.33 veces mayor, además de la robustez de los elementos de confinamiento.

Tabla 20. *Propiedades de corte de los pórticos de confinamiento.*

PUNTO	A		B		PROPIEDAD AL CORTE		
	d_y (m)	V_y (T)	d_u (m)	V_u (T)	K_e (T/m)	K_i (T/m)	u_d (Adim)
1	0.03	4.50	0.17	4.6	150.00	0.71	5.67
2 Y 3	0.02	39.00	0.17	54.44	1950.00	102.93	8.50

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 20, se muestran los puntos notables de las curvas de capacidad resistente y las propiedades mecánicas del pórtico de confinamiento. El pórtico del muro N°1 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 150 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 0.71 Tm² y una ductilidad al desplazamiento (u_d) de 5.67. El pórtico del muro N°2 y 3 tiene una rigidez elástica al corte (K_e) de 1950 T/m, una rigidez inelástica al corte (K_i) de 102.93T/m y una ductilidad por desplazamiento (u_d) de 8.50.

4.2.3. Resultados de la determinación de la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Muro N°1

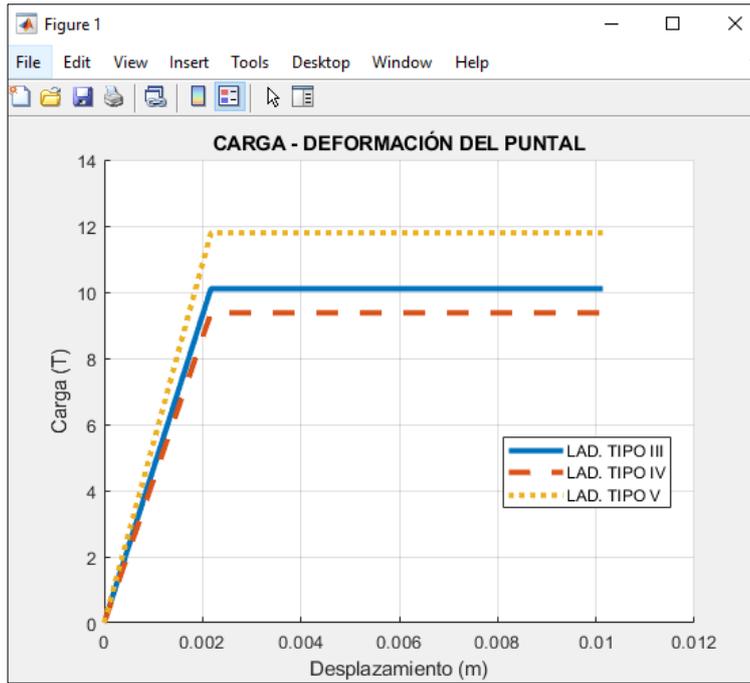


Figura 46. Diagrama carga – deformación del puntal del muro N°1.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 46, se muestra la determinación de la capacidad a compresión del puntal del muro N°1, se obtuvo como resultado una capacidad a compresión (R_u) de 10.10, 9.37 y 11.79 T utilizando los ladrillos industriales tipo III, IV y V. respectivamente. Esto significa que hay una variación 17 % en la resistencia de rotura del muro de albañilería, debido a la calidad del ladrillo, que pasa de ser un ladrillo hueco tipo III a un ladrillo sólido tipo V.

Tabla 21. Propiedades a compresión del puntal del muro N°1.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD A LA COMPRESIÓN		
	d_y (m)	R_y (T)	d_u (m)	R_u (T)	E_{Ae} (T/m)	E_{Ai} (T/m)	u_d (Adim)
III	0.002	10	0.01	10	5000.00	0.00	5.00
IV	0.002	9.5	0.01	9.5	4750.00	0.00	5.00
V	0.002	12	0.01	12	6000.00	0.00	5.00

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 21, se muestran los puntos notables del diagrama carga deformación y las propiedades mecánicas del puntal del muro N°1 con ladrillos industriales tipo III, IV y V. La rigidez axial elástica (E_{Ae}) de cada

puntal con ladrillo tipo III, IV y V es distinta con valores de 5000, 4750 y 6000 T/m respectivamente. En cambio, la rigidez axial inelástica (EAi) de cada puntal con ladrillo tipo III, IV y V son iguales a 0 T/m. Y la ductilidad por desplazamiento (ud) de cada puntal con ladrillo tipo III, IV y V también son iguales con un valor de 5.00.

Muro N°2 y 3

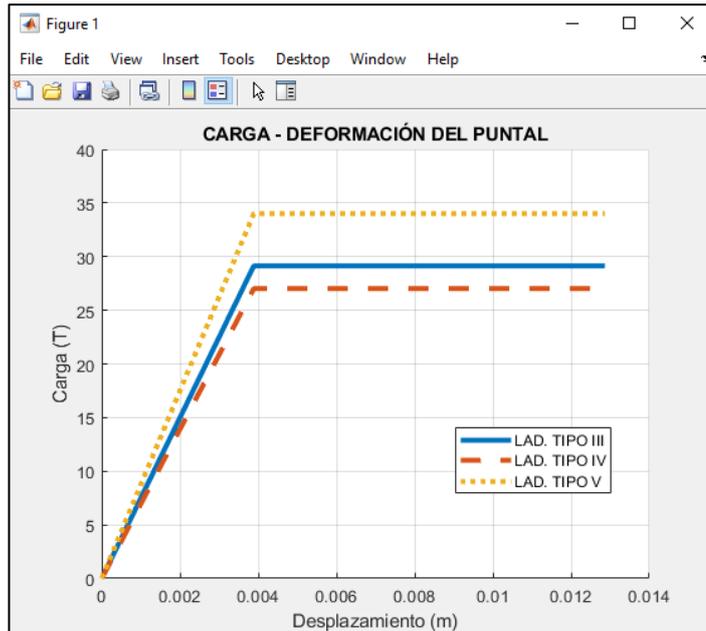


Figura 47. Diagrama carga – deformación del puntal del muro N°2 y 3.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 47, se observa el diagrama carga – deformación del puntal del muro N°2 y 3, se obtuvo como resultado una capacidad a compresión (R_u) de 29.14, 27.03 y 34.01 T utilizando ladrillos industriales tipo III, IV y V respectivamente. Esto significa, como en el caso anterior, que hay una variación 17 % en la resistencia de rotura del muro de albañilería, debido a la calidad del ladrillo, que pasa de ser un ladrillo hueco tipo III a un ladrillo sólido tipo V.

Tabla 22. Propiedades a compresión del puntal del muro N°2 y 3.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD A LA COMPRESIÓN		
	dy (m)	Ry (T)	du (m)	Ru (T)	EAe (T/m)	EAi (T/m)	ud (Adim)
III	0.004	29	0.013	29.14	7250.00	0.00	3.25

IV	0.004	27	0.013	27.03	6750.00	0.00	3.25
V	0.004	34	0.013	34.01	8500.00	0.00	3.25

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 22, se muestran los puntos notables del diagrama carga deformación y las propiedades mecánicas del puntal del muro N°2 y 3 con ladrillos industriales tipo III, IV y V. La rigidez axial elástica (EAe) de cada puntal con ladrillo tipo III, IV y V es distinta con valores de 7250, 6750 y 8500 T/m respectivamente. En cambio, la rigidez axial inelástica (EAi) de cada puntal con ladrillo tipo III, IV y V son iguales a 0 T/m. Y la ductilidad por desplazamiento (ud) de cada puntal con ladrillo tipo III, IV y V también son iguales con un valor de 3.25.

4.2.4. Resultado de la generación de la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Muro N°1

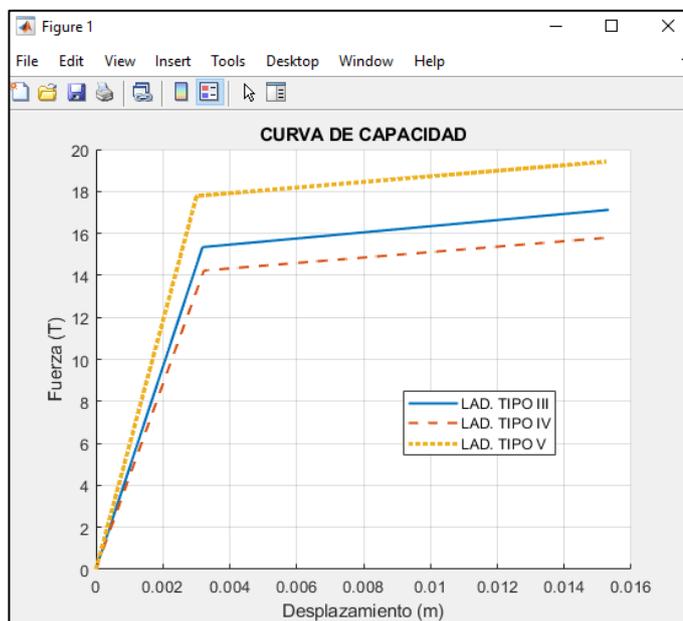


Figura 48. Capacidad resistente del muro N°1 con ladrillos tipo III, IV y V.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 48, se observa la curva de capacidad resistente de los muros de albañilería tipo N°1. Los ladrillos industriales tipo III, IV y V dieron como resultado una cortante de fisuramiento (V_y) de 16.00, 14.23 y

17.79 T y una capacidad resistente (V_u) de 17.10, 15.79 y 19.42 T respectivamente. Esto significa una variación de 11 % en la fuerza de corte que origina el fisuramiento y de 14% en la fuerza de corte que provoca el colapso parcial del muro de albañilería.

Tabla 23. *Propiedades al corte del muro N°1.*

PUNTO	A		B		PROPIEDAD AL CORTE		
	d_y (m)	V_y (T)	d_u (m)	V_u (T)	K_e (T/m)	K_i (T/m)	u_d (Adim)
III	0.0025	16.00	0.0151	17.00	6400.00	79.37	6.04
IV	0.003	14.23	0.015	15.79	4743.33	130.00	5.00
V	0.003	17.79	0.015	19.42	5930.00	135.83	5.00

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 23, se muestran los puntos notables de la curva de capacidad y las propiedades mecánicas al corte del muro N°1 con ladrillos industriales tipo III, IV y V. Con el ladrillo tipo III la rigidez elástica al corte (K_e) es de 6400 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 79.37 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) es de 6.04. Con el ladrillo tipo IV la rigidez elástica al corte (K_e) es de 4743 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 130.0 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) de 5.00. Con el ladrillo tipo V la rigidez elástica al corte (K_e) es de 5930 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 135.8 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) es de 5.00.

Muro N°2

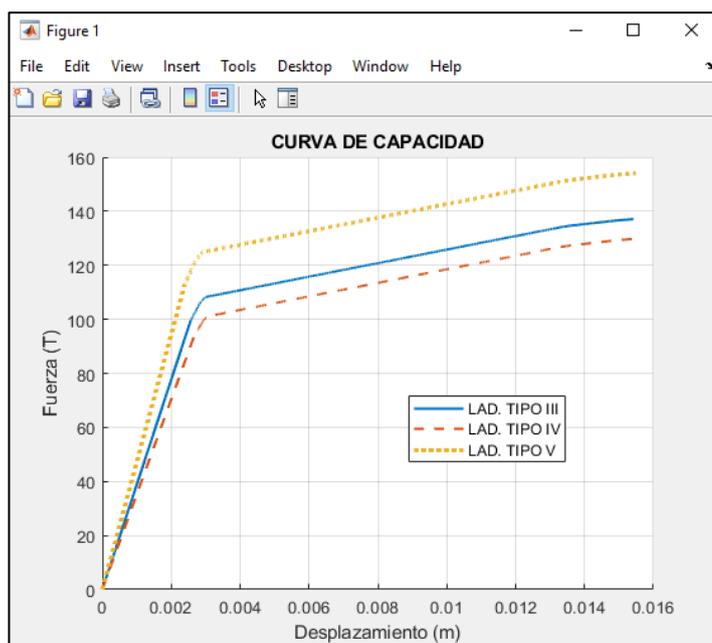


Figura 49. Capacidad resistente del muro N°2 con ladrillos tipo III, IV y V.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 49, se observa la curva de capacidad resistente de los muros de albañilería N° 2. Los ladrillos tipo III, IV y V dieron como resultado una cortante de fisuramiento (V_y) de 109.00, 100.83 y 124.83 T y una capacidad ultima (V_u) de 136.00, 129.64 y 154.09 T respectivamente. Esto significa una variación de 15 % en la fuerza de corte que origina el fisuramiento y de 13 % en la fuerza de corte que provoca el colapso parcial del muro de albañilería.

Tabla 24. Propiedades al corte del muro N°2.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD AL CORTE		
	dy (m)	V_y (T)	du (m)	V_u (T)	K_e (T/m)	K_i (T/m)	ud (Adim)
III	0.0025	109.00	0.0145	136.00	43600.00	2250.00	5.80
IV	0.003	100.83	0.015	129.64	33610.00	2400.83	5.00
V	0.003	124.83	0.015	154.09	41610.00	2438.33	5.00

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 24, se muestran los puntos notables de la curva de capacidad y las propiedades mecánicas al corte del muro N°2 con ladrillos industriales tipo III, IV y V. Con el ladrillo tipo III la rigidez elástica al corte (K_e) es de 436000 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 2250 T/m y la

ductilidad al desplazamiento (u_d) es de 5.08. Con el ladrillo tipo IV la rigidez elástica al corte (K_e) es de 33610 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 2401 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) de 5.00. Con el ladrillo tipo V la rigidez elástica al corte (K_e) es de 41610 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 2438 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) es de 5.00.

Muro N°3

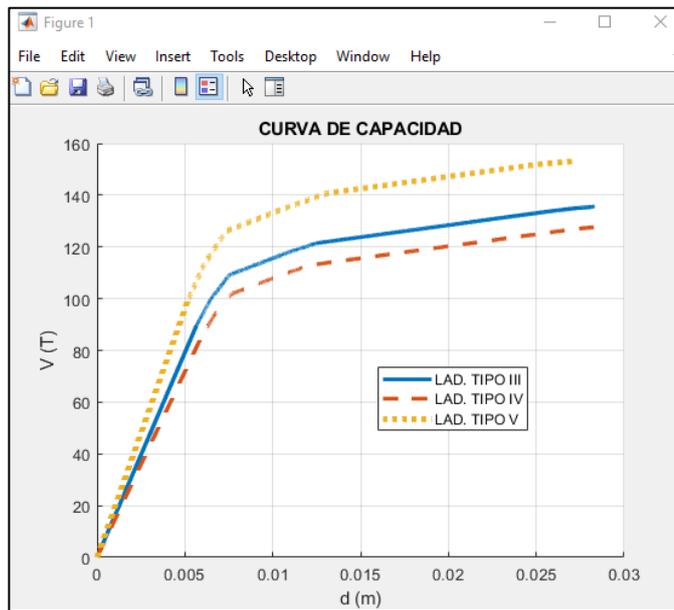


Figura 50. Capacidad resistente del muro 3 con ladrillos tipo III, IV y V.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 40, se observa la curva de capacidad resistente de los muros de albañilería tipo 3. Los ladrillos tipo III, IV y V dieron como resultado una cortante de fisuramiento (V_y) de 110.00, 102.20 y 126.67 T y una capacidad última (V_u) de 136.00, 127.93 y 153.12 T respectivamente. Esto significa, como en el caso anterior, una variación de 15 % en la fuerza de corte que origina el fisuramiento y de 13 % en la fuerza de corte que provoca el colapso parcial del muro de albañilería.

Tabla 25. Propiedades al corte del muro N°3.

PUNTO	A		B		PROPIEDAD AL CORTE		
	d_y (m)	V_y (T)	d_u (m)	V_u (T)	K_e (T/m)	K_i (T/m)	u_d (Adim)
LAD.							

III	0.0075	110.00	0.0281	136	14666.67	1262.14	3.75
IV	0.008	102.20	0.029	127.93	12775.00	1225.24	3.63
V	0.008	126.67	0.027	153.12	15833.75	1392.11	3.38

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 25, se muestran los puntos notables de la curva de capacidad y las propiedades mecánicas al corte del muro N°3 con ladrillos industriales tipo III, IV y V. Con el ladrillo tipo III la rigidez elástica al corte (K_e) es de 14667 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 1262 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) es de 3.75. Con el ladrillo tipo IV la rigidez elástica al corte (K_e) es de 12775 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 1225 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) de 3.63. Con el ladrillo tipo V la rigidez elástica al corte (K_e) es de 15834 T/m, la rigidez inelástica al corte (K_i) es de 1392 T/m y la ductilidad al desplazamiento (u_d) es de 3.38.

4.2.5. Resultado de la aplicación de la curva de capacidad resistente en la evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con ladrillos industriales.

Tabla 26. Límites de distorsión de viviendas de albañilería.

Grado de desempeño	Límite de distorsión (%)	Límite en desplazamiento (m) Altura Edif. = 8.4 m	Desplazamiento del tope (m)
Totalmente operacional	< 0.05	0.0042	-
Operacional	< 0.10	0.0084	-
Seguridad de vida	< 0.17	0.0143	0.0093
Prevención de colapso	< 0.22	0.0185	-
Colapso	> 0.44	0.0370	-

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 26, se muestra los resultados de la aplicación de la curva de capacidad resistente en la evaluación del desempeño sísmico de una vivienda de albañilería confinada con ladrillo industrial tipo III en la dirección Y. De acuerdo a los límites de distorsión recomendados por Astroza y Schmidt (2004), citado en (39), el nivel de desempeño de la estructura es de seguridad de vida. En la dirección X, la curva de capacidad

no corta el espectro del sismo catalogado como raro, por lo tanto, la estructura alcanza el colapso.

V. DISCUSIÓN

Las discusiones se presentan en el orden de los objetivos específicos y al final la discusión general.

Discusión 1.

Se determinó la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería modelados con ladrillo tipo III, IV y V. Las columnetas del muro N°1 tienen una capacidad a flexión (M_u) de 2.9 Tm y la viga solera de 2.8 Tm. Los elementos de confinamiento del muro N°2 son los mismos que presenta el muro N°3, las columnetas de estos muros tienen una capacidad a flexión (M_u) de 22.5 Tm y la viga solera tiene una capacidad a flexión de 16.00 Tm.

Respecto a (10), citado como antecedente nacional, desarrollo el programa “mocurva1” para el cálculo de diagramas momento curvatura con el cual comparamos los resultados de “d_curvatura” desarrollada en la presente investigación. Se obtuvo como resultados, para las columnetas del muro N°1, una capacidad a flexión (M_u) de 3.10 Tm y para la viga solera una capacidad a flexión de 2.95 Tm; de igual modo, para las columnetas del muro N°2 y 3 se obtuvo una capacidad a flexión de 23.00 Tm y para las vigas soleras una capacidad a flexión de 17.50 Tm.

Comparando los resultados se obtiene una variación promedio de 6%. El programa “mocurva1” utiliza en su algoritmo el modelo de Whitney para el comportamiento del concreto sin confinar y el modelo Park y Paulay para el comportamiento del acero, no considera el incremento de la ductilidad por el confinamiento de los estribos como si están considerados en las tablas del ASCE 41-13.

Discusión 2.

Se determinó la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales. El pórtico del muro N°1 tiene una cortante de fluencia (M_y) de 4.5 Ton con un desplazamiento de 3.0 cm y el pórtico del muro N°2 y 3 tiene una cortante de fluencia de 39 Ton con un desplazamiento de 2.0 cm. Esto se mide siempre en el primer nivel ya que con

estas cortantes se determina el límite de deformación de los muros de albañilería según la tabla 7-9 del FEMA 256.

Respecto a (6), citado como antecedente internacional, aplico la metodología del puntal equivalente y calibro sus resultados con un ensayo de laboratorio de un muro de albañilería confinada de 3 m de largo por 2 m de alto con ladrillos industriales huecos. En la determinación de la cortante de fluencia (V_y) del pórtico de confinamiento, obtuvo como resultado un valor de 5.45 Ton con un desplazamiento de 0.55 cm.

Como se puede observar los valores determinados para la cortante de fluencia (V_y) del pórtico de confinamiento del muro N°1 (4.5 T), está por debajo del resultado de (6) en un -21%. Por otro lado, el desplazamiento de fluencia (d_y) es de 3.96 cm y está por encima en un 720%. Esta variación se da debido a que la longitud del pórtico de confinamiento tiene 2/3 partes de la longitud del pórtico del antecedente, por lo tanto, una menor rigidez, y los elementos de confinamiento son más flexibles debido a su esbeltez.

Discusión 3.

Se determinó la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales. Utilizando el ladrillo tipo III, el puntal del muro N°1 tendrá una capacidad a compresión de 10 T y el muro N°2 y 3 una capacidad a compresión de 29 T. Utilizando un ladrillo tipo IV, el puntal del muro N°1 tendrá una capacidad a compresión de 9.5 T y el puntal del muro N°2 y 3 una capacidad a compresión de 27 T. Utilizando un ladrillo tipo V, el puntal del muro N°1 tendrá una capacidad a compresión de 12 T y el puntal del muro N°2 y 3 una capacidad a compresión de 34 T.

Respecto a (40), citado como antecedente internacional, aplico la metodología del puntal equivalente al muro N°2 y 3 de esta investigación, pero utilizando un ladrillo industrial hueco tipo I. Obtuvo como resultado una capacidad a compresión de 16.19 T.

Como se puede observar, la capacidad a compresión del puntal del muro N°2 y 3 con ladrillos tipo III, IV y V es igual a 29, 27 y 34 T y están por encima del resultado de (40) en 79, 67 y 110%, debido a que el ladrillo utilizado por Lema

es tipo I con una resistencia a compresión (f_m) de 30 Kg/cm². Cabe resaltar que, en la presente investigación la capacidad a compresión del puntal con ladrillo tipo IV es menor al valor del puntal con ladrillo tipo III, pero debería ser todo lo contrario porque el primero es de mayor calidad. Esto revela errores en los ensayos a compresión de pilas de albañilería con ladrillo tipo III, realizado por (5), que dan como resultado una resistencia a compresión (f_m) de 96.46 Kg/cm² para una pila con ladrillos que tienen una resistencia a compresión (f_b) de 110 kg/cm². La diferencia entre estos valores ($f_b - f_m$) debería ser mayor a 60 kg/cm² como lo muestran los demás autores.

Discusión 4.

Se generó la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales. Utilizando el ladrillo industrial tipo III la capacidad resistente (V_u) de los muros N°1,2 y 3 es de 17.09, 136 y 135.5 T respectivamente. Utilizando el ladrillo industrial tipo IV la capacidad resistente (V_u) de los muros N°1,2 y 3 es de 15.79, 129.6 y 127.9 T respectivamente. Y Utilizando el ladrillo industrial tipo V la capacidad resistente (V_u) de los muros N°1,2 y 3 es de 19.42, 154.09 y 153.12 T respectivamente.

Respecto a (19), citado como antecedente nacional, realizo un ensayo de carga monotónica al muro N°1 con ladrillo industrial tipo V y construyo el comportamiento histerético mostrado en la figura 29, por otro lado, (11) da a conocer una curva de 4 rectas para modelos de columna ancha y compara sus resultados con el ensayo anterior. En ambos casos la capacidad ultima del muro (V_u) es igual a 21 T.

Se puede observar que la capacidad ultima (V_u) del muro N°1 con ladrillo tipo V es 19.42 T y es menor al resultado de (19) y (11) en un -8%.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1.

Se determinó la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales. Las columnetas del muro N°1 tienen una capacidad a flexión (M_u) de 2.9 Tm y la viga solera tiene una capacidad a flexión de 2.8 Tm. Esto significa que, a pesar de tener la misma sección, las tablas ASCE 41- 13 otorga mayor ductilidad por curvatura a las secciones esbeltas de columnas en un 90%. Por otro lado, las columnetas del muro N°2 y 3 tienen una capacidad a flexión (M_u) de 22.5 Tm y la viga solera tiene una capacidad a flexión de 16 Tm. Esto significa que las columnas superan en un 41 % en la resistencia de rotura de la sección, debido a que tienen una sección de 0.45 x 0.45 m reforzada con 10 \varnothing 5/8" mientras que las vigas tienen una sección de 0.35 x 0.45 m reforzada con 8 \varnothing 5/8". Se niega la hipótesis específica que la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor de 50Tm.

Conclusión 2.

Se determinó la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales. El pórtico del muro N°1 tiene una cortante de fluencia (M_y) de 4.50 T y el pórtico del muro N°2 y 3 tiene una cortante de fluencia de 39.00 T. Esto significa que la resistencia de falla de los muros N° 2 y 3 son 8.67 veces mayor a la resistencia de falla del muro N° 1, debido a que su longitud es 3.33 veces mayor, además de la robustez de los elementos de confinamiento. Por lo tanto, se niega la hipótesis específica que la Cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento, es mayor a 10T.

Conclusión 3.

Se determinó la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales tipo III, IV y V. Obteniendo como resultado valores de 10.10, 9.37 y 11.79 T respectivamente para el muro N°1 y valores de 29.14, 27.03 y 34.01 T para el muro N°2 y 3. En ambos casos hay una variación de 17 %, debido a la calidad del ladrillo, que pasa de ser un ladrillo hueco tipo III a un ladrillo sólido tipo V. Por lo tanto, se niega la hipótesis

especifica que la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, sea mayor a 10T.

Conclusión 4.

Se generó la curva de capacidad resistente de los 3 muros de albañilería confinada con ladrillos industriales tipo III, IV y V. Obteniendo como resultado valores de 17.10, 15.79 y 19.42 T respectivamente para el muro N°1 y valores de 136.00, 129.64 y 154.09 T para el muro N°2 y 3. Esto significa, que existe una variación de 15 % en la fuerza de corte que origina el fisuramiento y de 13 % en la fuerza de corte que provoca el colapso parcial del muro de albañilería. Por lo tanto, se confirma la hipótesis general que la capacidad resistente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor de 5 T.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1. Se determinó la capacidad a flexión de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, utilizando la tabla del ASCE 41-13 en la construcción de los diagramas momento curvatura para el análisis de la sección. Para alcanzar aproximaciones más realistas, se recomienda utilizar curvas constitutivas de los materiales y un análisis basado en equilibrio de fuerzas y compatibilidad de deformaciones para el análisis de la sección de los elementos de confinamiento.

Recomendación 2. Se determinó la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, realizando un análisis Push over con el programa “e_capacidad”. Este paso se puede reducir notablemente porque no es necesario que la cortante sea exacta en la determinación de los desplazamientos límites del muro con la tabla 7-9 del ASCE 41-13. Para el cálculo de esta cortante de fluencia se recomienda utilizar las ecuaciones de la cortante resistente de columnas que presenta el código ACI 318 – 14 considerando la influencia de los estribos.

Recomendación 3. Se determinó la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, utilizando la metodología propuesta por (6). Este autor agrega un factor igual a 3 a la ecuación del ancho de puntal (w_p) que presenta el código FEMA 306 (1998). Se ha descubierto que este factor sirve para calibrar la rigidez elástica del muro, por ello se recomienda revisar la rigidez elástica de los muros de albañilería confinada antes del análisis Push over.

Recomendación 4. Se generó la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, realizando un análisis Push over con el programa “e_capacidad”, que está desarrollado en base a la metodología del puntal equivalente para el análisis no lineal. Se recomienda estudiar la metodología de columna ancha y desarrollar un programa apoyándose en el algoritmo de “e_capacidad”. La metodología Columna ancha considera de manera más exacta las propiedades elásticas del material.

REFERENCIAS

1. **VILLAREAL, Genner.** *Diseño sísmico de edificaciones.* Lima : Editora & Imprenta Grafica Norte S.R.L., 2015.
2. **ZUÑIGA, oscar y TERÁN, Amador.** Ingeniería Sísmica. *Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de manpostería confinada.* México : s.n., 2008. Vol. 79, 25-48. Disponible en: <https://bit.ly/3i4OEt2>.
3. **EMPRESA EDITORA EL COMERCIO.** El comercio. [En línea] [Citado el: 20 de Noviembre de 2021.] <https://bit.ly/3i9KEro>.
4. **NTP E.070.** *Norma técnica de albañilería estructural.* Lima : Macro, 2021.
5. **CORAL, Melissa.** *Ensayos ciclicos de muros de albañilería confinada contruidos con ladrillos King Kong de fabricación industrial.* Lima : s.n., 2018. Disponibe en: <https://bit.ly/3CLfHD9>.
6. **CARRILLO, Julian y GONZÁLES, Giobanni.** *Modelación Inelatica de Pórticos de Concreto con Manpostería No Reforzada.* Colombia : s.n., 2007. Vol. 74, p. 229-239. Disponible en: <https://bit.ly/3pZQDTV>.
7. **MURILLO, José y CAICEDO, David.** *Desempeño sísmico del sistema estructural de una vivienda unifamiliar de 3 losas ubicada en San Carlos Quevedo y propuesta de reforzamiento.* Guayaquil : s.n., 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3lszcCc>.
8. **SÁNCHEZ, Sulpicio, ARROYO, Roberto y JEREZ, Sandra.** *Revista de Ingeniería sísmica. Modelo de un grado de libertad para evaluar la curva carga lateral - Distorsión en muros de manpostería confinada.* 2010. Vol. 83, págs. 25-42. Disponible en: <https://bit.ly/3MT2gpl>.

9. **CANO LICONA, Jesús y TENA COLUNGA, Arturo.** *Diseño sísmico de estructuras de manpostería para distintos niveles de desempeño estructural con base a adecuaciones propuestas al método simplificado de análisis.* Mexico : Sociedad mexicana de ingeniería sísmica, 2005. 10-02. Disponible en: <https://bit.ly/34HxXAV>.

10. **HINOSTROZA, Saul.** *Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.* Huancayo : s.n., 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3i3C8tU>.

11. **LLANOS, Elard.** *Aproximación al cálculo de la envolvente de resistencia lateral para muros de albañilería confinada.* 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3taeDWj>.

12. **TORRE, Jhonny.** *Análisis no lineal estatico de una edificación de albañilería confinada en la ciudad de Huancavelica 2018.* 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3q8714H>.

13. **COSINGA, Alexander.** *Evaluación del riesgo y desempeño sísmico de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Chaclacayo de la región Lima en el año 2018.* 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3t9dhuP>.

14. **CHANG, Daniel.** *Estudio de relaciones Momento - Curvatura en secciones de Concreto Armado y Concreto Preesforzado sometidas a Flexión.* Lima : s.n., 2015. Disponible en: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/145873>.

15. **AL CHAAR, Ghassan.** *Evaluation of the strength and stiffness of unreinforced masonry infill structures.* 2002. Disponible en: <https://bit.ly/3JcelhX>.

16. **SAN BARTOLOMÉ, Angel.** *Construcciones de albañilería.* Lima : Fondo editorial de la PUCP, 1994. 84-8390-965-0.

17. **ABANTO, Flavio.** *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería.* Lima : San Marcos, 2012.

18. **PAREDES, Jonathan y CAYCHO, David.** *Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica.* Lima : s.n., 2009. Disponible en: <https://bit.ly/3KFj8hu>.

19. **ANGLES, Paola.** *Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla.* Lima : s.n., 2008. Disponible en: <https://bit.ly/3CJTIGd>.

20. **AGUIAR, Roberto.** Análisis sísmico por desempeño. *Centro de Investigaciones Científicas.* Ecuador : Escuela Politécnica del Ejército, 2003. Vol. 342. Disponible en: <https://bit.ly/3pZP9cj>.

21. **CARRILLO, Wilmer.** *Modelación del comportamiento inelástico de pórticos de concreto con mampostería no reforzada.* Bogotá : s.n., 2004. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10305/u250827.pdf?sequence=1>.

22. **FEMA 273.** *NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings.* Washington D.C. : s.n., 1997.

23. **FEMA 356.** *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, by American Society of Civil Engineers.* Washington D.C. : s.n., 2000.

24. **ASTROZA, Maximiliano y SCHMIDT, Andrés.** Revista de ingeniería sísmica. *Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño.* 2004. 70. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/618/61807003.pdf>.

25. **RODRIGUEZ, Sergio.** *Diagrama Momento - Curvatura para secciones de hormigón armado. Determinación del valor de ductilidad local de una sección de*

hormigon armado. Empleo del programa matlab en aplicaciones estructurales a nivel seccional (Parte II). 2015. Disponible en: <https://bit.ly/3KXj1Ot>.

26. **CARRASCO DIAZ, Sergio**. *Metodología de la Investigación científica*. Lima Perú : San Marcos, 2005.

27. **SUPO, Jose**. *Seminario de Investigación: sinopsis del libro y carpeta de aprendizaje*. s.l. : Bioestadístico EIRL, 2014.

28. **HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar**. *Metodología de la Investigación*. Colonia Desarrollo Santa Fe : s.n., 2014. Vol. VI.

29. **ARIAS, Odón y FIDIAS, Gerardo**. *El proyecto de investigación*. 6. Caracas : Episteme, 2012. pág. 138. Vol. VI.

30. **NTP E.030**. *Norma técnica de ingeniería sísmoresistente*. Lima : Macro, 2019.

31. **NTP E060**. *Norma técnica de concreto armado*. Lima : Macro, 2009.

32. **NEHRP NIST**. *Soil Structure Interaction for Building Structures*. 2012.

33. **ASCE/SEI 7-10**. *Minimum design loads for buildings and other structures*. Virginia : s.n., 2010.

34. **ASCE/SEI 41**. American Society of Civil Engineers. *seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. EE UU : s.n., 2013. 978-0-7844-1285-5.

35. **FEMA 440**. *Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. Washington : s.n., 2005.

36. **ATC - 40**. Applied Technology Council. *Seismic evaluation and retrofit of concrete building*. California : s.n., 1996. Vol. 01.

37. **SEAOC**. Structural Engineers Association of California. *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary*. California : s.n., 1999.

38. **OSORIO, Juan y RAMÍREZ, José.** *Influencia de los muros de mampostería simple no aislados en el comportamiento sísmico de edificaciones de pórticos de concreto reforzado.* Medellín - Colombia : s.n., 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3sV7Puf>.

39. **SANTANA, Ronald.** *Diseño sísmico por desempeño de estructuras de albañilería confinada.* Huancayo - Perú : s.n., 2012. Disponible en: <https://bit.ly/3MahLJh>.

40. **LEMA, Sairy y MÉNDEZ, Jessica.** *Determinación del desempeño de estructuras aporricadas de hormigón armado con y sin mampostería en la ciudad de Quito.* Quito : s.n., 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3JsJcvU>.

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de Operacionalización de Variables

TÍTULO: GENERACIÓN DE CURVAS DE CAPACIDAD RESISTENTE DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLOS INDUSTRIALES, SAN RAMÓN JUNÍN 2021.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (X): LADRILLOS INDUSTRIALES	Según la Norma Técnica Peruana E070 (2021), los ladrillos industriales son unidades de albañilería de arcilla cocida que puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.	Los ladrillos industriales se definirán operacionalmente de acuerdo a su clasificación en el reglamento nacional de edificaciones (4) como Tipo III, Tipo IV y Tipo V.	D1. Tipo III	I1. Absorción (%)
				I2. Alabeo (mm)
				I3: Resistencia a compresión (Mpa)
			D2. Tipo IV	I1. Absorción (%)
				I2. Alabeo (mm)
				I3: Resistencia a compresión (Mpa)
			D3. Tipo V	I1. Absorción (%)
				I2. Alabeo (mm)
				I3: Resistencia a compresión (Mpa)
VARIABLE DEPENDIENTE (Y): CURVA DE CAPACIDAD RESISTENTE	Según Aguiar (2003), la curva de capacidad resistente es la respuesta sísmica de la estructura hasta alcanzar el colapso. Es la base del análisis en las nuevas filosofías de diseño sísmico de estructuras. Relaciona el desplazamiento máximo en el tope, con la fuerza cortante en la base de la estructura analizada.	La curva de capacidad resistente se definirá operacionalmente en 3 dimensiones que son: La capacidad a flexión de los elementos de confinamiento, la cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento y la Capacidad a compresión del puntal equivalente.	D1: Capacidad a flexión de los elementos de confinamiento	I1: Rigidez elástica
				I2: Rigidez inelástica
				I3: Ductilidad por flexión
			D2: Cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento	I1: Rigidez elástica
				I2: Rigidez inelástica
				I3: Ductilidad por desplazamiento
			D3: Capacidad a compresión del puntal equivalente	D2: Rigidez elástica axial
				D2: Rigidez inelástica axial
				D3: Ductilidad por desplazamiento

Anexo N° 2. Matriz de consistencia

TÍTULO: GENERACIÓN DE CURVAS DE CAPACIDAD RESISTENTE DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLOS INDUSTRIALES, SAN RAMÓN JUNÍN 2021.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
GENERAL ¿Cómo se generan la curvas de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021?	GENERAL Generar la curva de capacidad resistente de muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021.	GENERAL La capacidad resistente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor de 5 T en San Ramón Junín 2021.	Variable Independiente (X): LADRILLOS INDUSTRIALES	D1: Ladrillo tipo III	I1: Absorción (%)	Ficha de recolección de datos	Tipo de investigación: Básica Nivel: Explicativo Diseño: No experimental Descriptivo transversal Población: Muros de albañilería confinada con ladrillos industriales
					I2: Alabeo (mm)		
					I3: Resistencia a compresión (Mpa)		
				D2: Ladrillo tipo IV	I1: Absorción (%)		
					I2: Alabeo (mm)		
					I3: Resistencia a compresión (Mpa)		
				D3: Ladrillo tipo V	I1: Absorción (%)		
					I2: Alabeo (mm)		
					I3: Resistencia a compresión (Mpa)		
¿Cuánto es la Cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021?	Determinar la Cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021.	La Cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor a 10T en San Ramón Junín 2021.	Variable Dependiente (Y): CURVA DE CAPACIDAD RESISTENTE	D1: Capacidad a flexión de los elementos de confinamiento	I1: Rigidez elástica	Ficha de recolección de datos	Muestra: Muros de albañilería confinada con ladrillos industriales Técnica de medición: Observación
					I2: Rigidez inelástica		
					I3: Ductilidad por flexión		
				D2: Cortante de fluencia de los pórticos de confinamiento	I1: Rigidez elástica por corte		
					I2: Rigidez inelástica por corte		

					I3: Ductilidad por corte		
¿Cuánto es la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021?	Determinar la capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, San Ramón Junín 2021.	La capacidad a compresión del puntal equivalente de los muros de albañilería confinada con ladrillos industriales, es mayor a 10T en San Ramón Junín 2021.		D3: Capacidad a compresión del puntal equivalente	D2: Rigidez elástica axial		
					D2: Rigidez inelástica axial		
					D3: Ductilidad por fuerza axial		

Anexo N° 3. Programas de computación

a_nudos

```
function [np,nt,nn,ne,nc,nv,gl,glr,ij]=a_nudos(np,nt)
%-----
% El programa "nudos1", asigna los nudos i-j a cada elemento de un sistema
% aporticado con elementos en posición horizontal o vertical.
%
%                               Por: Juan carlos Quispe Ango
%                               UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%                               Febrero/2022
%-----
% [np,nt,nn,ne,nc,nv,gl,glr,ij]=nudos1(np,nt)
%-----
% ENTRADA
%   np = Número de pisos
%   nt = Número de tramos
% RESULTADOS
%   np = Número de pisos
%   nt = Número de tramos
%   nn = Número de nudos
%   ne = Número de elementos
%   nc = Número de columnas
%   nv = Número de vigas
%   gl = Número de coordenadas
%   glr = Número de coordendas restringidas
%   ij = Matriz de nudos para cada elemento
%-----
    clc
% 1. ENUMERACIÓN DE NODOS COLUMNAS
    nn=(nt+1)*(np+1);
    nc=(nt+1)*np;
    nv=nc-np;
    ne=nc+nv;
    gl=nn*3;
    glr=(nt+1)*3;
    gll=gl-glr;
% 2. ENUMERACIÓN DE NODOS
% Columnas
    col=1:1:nc;
    ic=col;
    jc=ic+(nt+1);
% Vigas
    vig=1:1:nv;
    pisos=zeros(1,nv);
    for i=1:nv
        j=ceil(i/nt);
        pisos(1,(j-1)*nt+1:j*nt)=j;
    end
    iv=nt+vig+pisos;
    jv=iv+1;
% Total
    ij=[ic',jc';iv',jv'];
```

a_puntal

```
function [ij,nd,ne]=a_puntal(ij,np,nt,ne)
%-----
% El programa "a_puntal", incoorpora en las ultimas filas la matriz de
% nudos i-j del sistema aporticado, los nudos i-j de los puntales
% equivalentes.
%
%                               Por: Juan Carlos Quispe Ango
%                               UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%                               Febrero/2021
%-----
% [ij,nd,ne]=a_puntal(ij,np,nt,ne)
%-----
% ENTRADA
%   ij = Matriz de nudos para cada elemento
%   np = Número de pisos
%   nt = Número de tramos
%   ne = Número de elementos
% RESULTADOS
%   ij = Matriz de nudos para cada elemento
%   nd = Número de diagonales
%   ne = Número de elementos
%-----
% 1. MATRIZ DE NUDOS PARA DIAGONALES (xy)
    for n=1:np
        x=(n-1)*nt+n+1:n*(nt+1);
        y=n*(nt+1)+1:n*(nt+1)+nt;
        xy((n-1)*nt+1:n*nt,1:2)=[x',y'];
    end
% 2. INCOORPORACIÓN DE NUDOS DE LAS DIAGONALES (xy) A (ij)
    nd=numel(xy(:,1));
    ij(ne+1:ne+nd,1:2)=xy;
    ne=ne+nd;
% 3. SALIDA
    fprintf('INCOORPORACIÓN DE NUDOS DE LAS DIAGONALES A MATRIZ (ij) \n');
```

b_colocacion

```
function [xyz,VC]=b_colocacion(ne,nn,ij)
%-----
% El programa "colocacion", construye el vector de colocación (VC) que
% sirve para el ensamblaje de la matriz de rigidez global de la estructura.
%
%                               Por: Juan Carlos Quispe Ango
%                               UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%                               Febrero/2021
%-----
% [xyz,VC]=colocacion2(ne,nn,ij)
%-----
% ENTRADA
%   ne = Número de elementos
%   nn = Número de nudos
%   ij = matriz de nudos para cada elemento
% RESULTADOS
%   xyz = Coordenadas (gl) Horizontal, vertical y Momento para cada nudo
%   VC = Vector de colocación
```

```

%-----
% 1. CONSTRUCCIÓN DE COORDENADAS PARA NUDOS
xyz=[];
xyz(:,1)=1:3:nn*3-2;
xyz(:,2)=2:3:nn*3-1;
xyz(:,3)=3:3:nn*3;
% 2. ORDENAMIENTO DE COORDENADAS PARA CADA ELEMENTO
for i=1:ne
    ei(i,:)=xyz(ij(i,1),[1,2,3]); % Recoge la fila ij(i,1) de xyz
    ej(i,:)=xyz(ij(i,2),[1,2,3]); % Recoge la fila ij(i,2) de xyz
end
VC=[ei,ej];
% 3. SALIDA
fprintf('Grados de libertad en los nudos (xyz): \n');
fprintf('Vector de colocación (VC): \n');

```

c_cargas

```
function [x,c,m]=c_cargas(np,nt,ne,nc,nv,gl,glr,VC)
```

```

%-----
% El programa "cargas3",
%
%                               Por: Juan carlos Quispe Ango
%                               UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%                               Febrero/2022
%-----
% [x,c,m]=cargas3(np,nt,ne,nc,nv,gl,glr,VC)
%-----
% ENTRADA
% np = Número de pisos
% nt = Número de tramos
% ne = Número de elementos
% nc = Número de columnas
% nv = Número de vigas
% gl = Número de coordenadas o grados de libertad
% glr = Número de coordenadas restringidas
% VC = Vector de colocación
% RESULTADOS
% x = Matriz con F. AXIALES en los extremos de los elementos
% c = Matriz con CORTANTES en los extremos de los elemento
% m = Matriz con MOMENTOS en los extremos de los elementos
%-----
% 1. ENTRADA
datos=input('Ingrese el archivo de datos: ');
L=xlsread(datos,'B3:B225');
c1=xlsread(datos,'C3:C225');
c2=xlsread(datos,'D3:D225');
an=xlsread(datos,'E3:E225');
EA=xlsread(datos,'L3:L225');
GA=xlsread(datos,'M3:M225');
EI=xlsread(datos,'N3:N225');
CARGAS=xlsread(datos,'O3:O225');
T=xlsread(datos,'P3:P225');
EIo=EI; % Rigidez inicial elasticos en los extremos
EIab=[EI,EI];
% 2. VECTOR DE CARGAS DE EMPOTRAMIENTO (R)
R=zeros(gl,1);

```

```

for i=1:ne
    if i<=nc                % Cargas de empotramiento en las columnas
        F(:,i)=zeros(6,1);
    else                    % Cargas de empotramiento en las vigas
        w=CARGAS(i);
        l=L(i);
        F(:,i)=[0 w*l/2 w*l^2/12 0 w*l/2 -w*l^2/12]';
        vc=VC(i,:);
        iR=zeros(gl,1);
        iR(vc)=F(:,i); % Se remplazo por las 7 instrucciones siguientes
        % 06/01/22
        % vc=VC(i,:);
        % vci=vc;
        % vc(vc==0)=[]; % Se eliminan las coordenadas iguales a (0).
        % a=find(vci); % Se ubica los casilleros de las coordenadas...
        % f=F(:,i); % distintas de (0).
        % n=f(a);
        % iR(vc)=n;
        R=R+iR;
    end
end
fprintf('Vector de CARGAS DE EMPOTRAMIENTO (R) \n');
R
% 3. VECTOR DE CARGAS DE GRAVEDAD EN LOS NUDOS (Q)
Q=zeros(gl,1);
for i=1:nc
    c=2*i+(i-1);
    Q(c)=-CARGAS(i);
end
fprintf('Vector de CARGAS DE GRAVEDAD en los nudos (Q) \n');
Q
% 4. ESTADO INICIAL (FUERZAS INTERNAS) DE LA ESTRUCTURA
% Matriz de rigidez de los elementos
for i=1:ne
    k=rigidez1(L(i),an(i),EA(i),EIo(i),EIab(i,1),EIab(i,2),T(i));
    ke(:,:,i)=k;
end
% Vector de colocación
% Matriz de rigidez de la estructura
K=zeros(gl,gl);
for i=1:ne
    DK=zeros(gl,gl);
    vc=VC(i,:);
    vci=vc;
    vc(vc==0)=[]; % Se eliminan las coordenadas iguales a (0).
    a=find(vci); % Se ubica los casilleros de las coordenadas...
    ki=ke(:,:,i); % distintas de (0).
    n=ki(a,a);
    DK(vc,vc)=n;
    K=K+DK;
end
% Partición de la matriz de rigidez
a=glr+1:gl; % Coordenadas libres (a)
b=1:glr; % Coordendas restringidas (b)
Kaa=K(a,a);
Kab=K(a,b);
Kba=K(b,a);
Kbb=K(b,b);
% Vector de desplazamientos de la estructura (D)
Pa=Q(a); % Cargas nodales en coord. libres

```

```

Ra=R(a);           % Cargas de empotramiento en coord. libres
Rb=R(b);           % (Pa-Ra)= Matriz de fuerza de la estructura
Da=inv(Kaa) * (Pa-Ra); % Desplazamiento de coord. libres
Pb=Kba*Da+Rb;      % Reacciones en coord. restringidas
D=zeros(g1,1);
D(a)=Da;
% Acumulación de fuerzas internas y desplazamiento
for i=1:ne
    vc=VC(i,:);     % Vector de colocación del elemento (i).
    a=find(vc);     % Posición de los valores distintos de (0).
    vc(vc==0)=[];  % Vector de colocación sin (0).
    di=zeros(6,1);
    di(a)=D(vc);   % Vector de desplazamientos del elemento.
    p(:,i)=ke(:, :, i)*di+F(:,i); % Axial, cortante y momentos del elemento.
end
% Reorganización de fuerzas internas
for i=1:ne
    if i<=nc
        x(i,1:2)=p([2,5],i); % Solo axial
        c(i,1:2)=p([1,4],i); % Solo Cortante
    else
        x(i,1:2)=p([1,4],i);
        c(i,1:2)=p([2,5],i);
    end
end
m=[p(3,:) ', p(6,:)']; % Solo momentos
% 5. RESULTADOS
fprintf('Matriz con F. AXIALES en los extremos de los elementos (x) \n');
fprintf('Matriz con CORTANTES en los extremos de los elementos (c) \n');
fprintf('Matriz con MOMENTOS en los extremos de los elementos (m) \n');

```

d_puntal

```

function [vy,du,EAp]=d_puntal(np,nt,ne,nc,nv,nd,my)
%-----
% El programa "d_puntal" dibuja el diagrama carga - deformación de
% un puntal equivalente con la metodología de carrillo (2007) y Osorio y
% Ramirez (2019).
%
%                               Por: Juan Carlos Quispe Ango
%                               UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%                               Febrero/2022
%-----
% [R]=deformacionpuntal(lm,hm,bc,hc,t,fc,fm,mp,Vpo)
%-----
% ENTRADA
% np = Número de pisos
% nt = Número de tramos
% ne = Número de elementos
% nc = Número de columnas
% nv = Número de vigas
% nd = Número de puntales
% my = Momentos de fluencia
% RESULTADOS
% vy = Vector de capacidad a compresión
% du = Vector de desplazamiento ultimo
% EAp = Vector de rigidez elastica axial
%-----

```

```

% 1. ENTRADAS
datos=input('Ingrese el archivo de datos: ');
datos1=xlsread(datos);
datos2=xlsread(datos);
datos2(1:(ne-nd),:)=[];
% 2. REORGANIZACIÓN
% Vector de colocación (x,y,z) para recoger secciones de columna
for i=1:np
    n=(i-1)*nt+i:i*(nt+1)-1;
    m=(i-1)*nt+i+1:i*(nt+1);
    x((i-1)*nt+1:i*nt)=[n];
    y((i-1)*nt+1:i*nt)=[m];
end
z=nc+1:nc+nv;
% Recogemos el promedio de las dimensiones de las columnas
hcp=zeros(2,nd); % Se promedia el peralte de las secciones
hcp(1,:)=datos1(x,7); % Se considera que el ancho es constante
hcp(2,:)=datos1(y,7);
hcp=mean(hcp); % Es vector fila
bca=zeros(2,nd);
bca(1,:)=datos1(x,6);
bca(2,:)=datos1(y,6);
bca=mean(bca); % Es vector fila
% Recogemos el menor (my) de los elementos que rodean al muro
me=min(my'); % Es vector fila
myp=zeros(3,nd);
myp(1,:)=me(x);
myp(2,:)=me(y);
myp(3,:)=me(z); % Menor (my=mp) de los confinamientos
myp=min(myp);
% Recogemos altura de las columnas
hmp=datos1(x,2);
% 2. PREPARACIÓN AL BUCLE
for j=1:nd
    lm=datos1(nc+j,2)
    hm=hmp(j)
    bc=bca(j)
    hc=hcp(j)
    t=datos2(j,6)
    fm=datos2(j,8)/500
    mp=myp(j)
    Vpo=datos2(j,17)
% 1. CÁLCULOS PREVIOS
    Em=datos2(j,8) % T/m2
    Ec=datos1(1,8) % T/m2
    an=atan(hm/lm);
    and=atand(hm/lm)
    Ic=bc*hc^3/12 % m4
    L=sqrt(lm^2+hm^2)
% 2. ANCHO DEL PUNTAL EQUIVALENTE
    lam=(Em*t*sin(2*an)/(4*Ec*Ic*hm))^(1/4);
    w=0.175*(lam*hm)^-0.4*L
% 3. TIPO DE FALLA DEL PUNTAL
    m=8*mp/(fm*t*lm^2)
% 4. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL PUNTAL
    if m<1 % Falla por compresión
        z=pi()/2*(4*Ec*Ic*hm/(Em*t*sin(2*an)))^(1/4);
        Rc1=2*z*t*fm*sec(an)/3;
        Rc2=fm*t*w;
        R=min([Rc1,Rc2]);
    end
end

```

```

else % Deslizamiento por cortante
    tau=0.03*fm;
    u=0.30;
    R=tau*L*t/(1-u*(hm/lm));
end
% 5. RESISTENCIA A CORTANTE DE LA ALBAÑILERÍA
Vm=t*lm*sqrt(fm/102)*102/6
% 6. TABLA 7-9 FEMA 256
beta=Vpo/Vm
rel=lm/hm % Relación longitud/altura de la albañilería
if (beta<0.7) % (beta>=0.3)&&(beta<0.7)
    if (rel>=0.5)&&(rel<1)
        d=0.5-((0.1/0.5)*(rel-0.5));
    elseif (rel>=1)&&(rel<2)
        d=0.4-(((0.4-0.3)/(2-1))*(rel-1));
    end
elseif (beta>=0.7)&&(beta<1.3)
    if (rel>=0.5)&&(rel<1)
        d=1-(((1-0.8)/(1-0.5))*(rel-0.5));
    elseif (rel>=1)&&(rel<2)
        d=0.8-(((0.8-0.6)/(2-1))*(rel-1));
    end
elseif (beta>=1.3)
    if (rel>=0.5)&&(rel<1)
        d=1.5-(((1.5-1.2)/(1-0.5))*(rel-0.5));
    elseif (rel>=1)&&(rel<2)
        d=1.2-(((1.2-0.9)/(2-1))*(rel-1));
    end
end
d
% 7. PUNTOS NOTABLES
wp=3*w % Rigidez elastica, intente calibrar con factor 3.
EA=Em*wp*t;
k=EA/L;
dy=R/(k*cos(an)) % Desplazamiento de fluencia horizontal
%du=d*hm*cos(an)/100
dup=(d+0.5*d)*hm/100; % (d+0.5d) expresión planteada por calibración
% 9. MATRIZ DE RESISTENCIA Y RIGIDEZ AXIAL SECANTE DE LOS PUNTALES
vy(j,1)=min([R/cos(an),Vm]); % Expresión planteada por calibración
EAp(j,1)=EA; % T/m
du(j,1)=dup;
% 8. DIAGRAMACIÓN ;OK!
% figure(j)
% hold on % Sobreescribe
% plot([0,R/k,dup*cos(an)], [0,vy(j,1)*cos(an),vy(j,1)*cos(an)], '-
','LineWidth',3)
% title('CARGA - DEFORMACIÓN DEL PUNTAL')
% xlabel('Desplazamiento (m)')
% ylabel('Carga (T)')
% grid on
end

```

e_capacidad

```

function
[rotulas,Vy,Dx,dp]=e_capacidad(np,nt,ne,nc,nv,gl,glr,x,c,m,VC,my,mu,EIab,EIp,vy,
du,EAp)

```

```

%-----
% El programa "e_capacidad", construye la curva de capacidad resistente de
% porticos planos de concreto armado y muros de albañilería confinada.
%
%                               Por: Juan Carlos Quispe Ango
%                               UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%                               Febrero/2022
%-----
% [rotulas]=resistencia(np,nt,ne,nc,gl,glr,x,c,m,VC,my,mu,EIab,EIp)
%-----
% ENTRADA
%
% RESULTADOS
%   Rotulas = Número de articulaciones generadas
%-----
% 1. ENTRADA
datos=input('Ingrese el archivo de datos: ');
datos=xlsread(datos);
%H=input('¿Cual es la altura del edificio? (m): ');
L=datos(1:ne,2);
c1=datos(1:ne,3);
c2=datos(1:ne,4);
an=datos(1:ne,5);
EA=datos(1:ne,12);
GA=datos(1:ne,13);
T=datos(1:ne,16);
EIo=EIab(:,1); % Rigidez inicial elasticos en los extremos
% 2. REORGANIZACIÓN DE ENTRADAS
fprintf('PARAMETROS DE ENTRADA: \n');
fprintf('Momentos de fluencia (fisuramiento) (my). \n');
my      % El momento de fluencia se reparte a los extremos
fprintf('Momentos de rotura (mu). \n');
mu      % El momento de rotura se reparte a los extremos
if ne~=nc+nv
    fprintf('Cortante maxima de los puntales (vu). \n');
    vy
    fprintf('Desplazamiento ultimo de los puntales (du). \n');
    du
end
fprintf('Rigidez efectiva a flexión (EIab). \n');
EIab
fprintf('Rigidez en estado plastico (EIp). \n');
EIp      % La rigidez inelastica se reparte a los extremos
if ne~=nc+nv
    fprintf('Rigidez a carga axial (EA). \n');
    EA(nc+nv+1:ne)=EAp % Se ingresa la rigidez plastica de los puntales
end
% 3. INCORPORACIÓN DE FUERZAS LATERALES AL VECTOR DE CARGAS EN LOS NUDOS
e=0.5;          % Escala de fuerza lateral en el tope
Q=zeros(gl,1); % REVISAR EL TEMA DE INCORPORACIÓN
for i=1:np
    vc=3*i*(nt+1)+1:3:3*(i+1)*(nt+1)-2;
    P=i*e/np;
    Q(vc)=P/(nt+1);
end
% 4. PREPARACIÓN A LA SECUENCIA REPETITIVA
fluencia=zeros(ne,2);
rotura=zeros(ne,2);
fisuramiento_albanileria=zeros(ne-nc-nv,1);
rotura_albanileria=zeros(ne-nc-nv,1);

```

```

rotulas=0;
dx=zeros(ne,2);
dc=zeros(ne,2);
dm=zeros(ne,2);
dr=zeros(ne-nc-nv,1);
v=0;           % Para acumular cortante basal
d=0;           % Para acumular desplazamiento en el tope.
j=0;           % Contador para la captura de (v) y (d).
% 5. SECUENCIA REPETITIVA PUSHOVER HASTA EL COLAPSO
while rotulas<1
%   Matriz de rigidez de los elementos
   for i=1:ne
       if (EIab(i,1)>0) && (EIab(i,2)>0)
           [k,t]=rigidez1(L(i),an(i),EA(i),EIo(i),EIab(i,1),EIab(i,2),T(i));
       elseif (EIab(i,1)==0) && (EIab(i,2)>0)
           [k]=rigidezb1(L(i),an(i),EA(i),EIo(i),EIab(i,1),EIab(i,2));
       elseif (EIab(i,1)>0) && (EIab(i,2)==0)
           [k]=rigidezb2(L(i),an(i),EA(i),EIo(i),EIab(i,1),EIab(i,2));
       elseif (EIab(i,1)==0) && (EIab(i,2)==0)
           [k]=rigidezb3(L(i),an(i),EA(i),EIo(i),EIab(i,1),EIab(i,2));
       end
       ke(:, :, i)=k;
       te(:, :, i)=t;
   end
%   Vector de colocación
%   Matriz de rigidez de la estructura
   K=zeros(gl,gl);
   for i=1:ne
       DK=zeros(gl,gl);
       vc=VC(i, :);
       vci=vc;
       vc(vc==0)=[]; % Se eliminan las coordenadas iguales a (0).
       a=find(vci); % Se ubica los casilleros de las coordenadas
       ki=ke(:, :, i); % distintas de (0).
       n=ki(a,a);
       DK(vc,vc)=n;
       K=K+DK;
   end
%   Partición de la matriz de rigidez
   a=glr+1:gl; % Coordenadas libres (a)
   b=1:glr; % Coordendas restringidas (b)
   Kaa=K(a,a);
   Kab=K(a,b);
   Kba=K(b,a);
   Kbb=K(b,b);
%   Vector de desplazamientos de la estructura (D)
   Pa=Q(a); % Cargas nodales en coord. libres
   Da=inv(Kaa)*Pa; % Desplazamiento de coord. libres.
   Pb=Kba*Da; % Reacciones en coord. restringidas.
   D=zeros(gl,1);
   D(a)=Da;
%   Acumulación de fuerzas internas y desplazamiento
   for i=1:ne
       vc=VC(i, :); % Vector de colocación del elemento (i).
       a=find(vc); % Posición de los valores distintos de (0).
       vc(vc==0)=[]; % Vector de colocación sin (0).
       dg=zeros(6,1);
       dg(a)=D(vc); % Vector de desplazamientos del elemento.
       p(:,i)=ke(:, :, i)*dg; % Axial, cortante y momentos del elemento Glg
       de(1:6,i)=dg; % Para el comportamiento de los puntales
   end
end

```

```

end
% Reorganización de desplazamientos
for i=1:ne
    if i<=nc
        idx(i,1:2)=de([2,5],i); % Solo axial
        idc(i,1:2)=de([1,4],i); % Solo Cortante
    else
        idx(i,1:2)=de([1,4],i);
        idc(i,1:2)=de([2,5],i);
    end
end
idm=[de(3,:)',de(6,:)']; % Solo momentos
dx=dx+idx; % Acumulación de axiales
dc=dc+idc; % Acumulación de cortantes
dm=dm+idm; % Acumulación de momentos
% Reorganización de fuerzas internas
for i=1:ne
    if i<=nc
        ix(i,1:2)=p([2,5],i); % Solo axial
        ic(i,1:2)=p([1,4],i); % Solo Cortante
    else
        ix(i,1:2)=p([1,4],i);
        ic(i,1:2)=p([2,5],i);
    end
end
im=[p(3,:)',p(6,:)']; % Solo momentos
x=x+ix; % Acumulación de axiales
c=c+ic; % Acumulación de cortantes
m=m+im; % Acumulación de momentos
% Selección de axiales en los puntales
if ne~=nc+nv
    xp=x(nc+nv+1:ne,2);
end
% Selección de desplazamientos horizontales de los puntales
if ne~=nc+nv
    dp=dx(nc+nv+1:ne,2); % Desplazamiento absoluto
    dp(nt+1:nt*np)=dp(nt+1:nt*np)-dp(1:nt*(np-1)); % Despl. relativo
end
% Acumulación de la cortante basal y el desplazamiento en el tope
for i=1:np
    vc=3*i*(nt+1)+1:3:3*(i+1)*(nt+1)-2;
    iv(i,:)=Q(vc);
end
v=v+sum(sum(iv));
d=d+D(g1-2);
% Pushover controlado OK!
% Captura de fallas
pos1=find(abs(m(:,:))>my(:,:)); % Se encuentra la posición de ...
fluencia(pos1)=1; % ... los m mayores a my.
pos2=find(abs(m(:,:))>mu(:,:));
rotura(pos2)=1;
if ne~=nc+nv % Para comportamiento de puntales
    pos3=find(xp(:)>vy(:));
    fisuramiento_albanileria(pos3)=1;
    pos4=find(dp(:)>du(:));
    rotura_albanileria(pos4)=1;
end
rotulas1=sum(sum(rotura));
rotulas2=sum(sum(rotura_albanileria));
rotulas=rotulas1+rotulas2;

```

```

% Captura de cortante y desplazamiento, cambio de estado de los
% elementos e impresión en pantalla.
    if pos1~=0
        j=j+1;
        fprintf('ESTADO DE FALLA %2d (ne,[i,j]): \n',j);
        fluencia
        rotura
        fprintf('Fuerza axial: \n');
        x
        dx
        fprintf('Fuerzas cortantes: \n');
        c
        dc
        fprintf('momentos flectores: \n');
        m
        dm
        fprintf('Estado de la resistencia: \n');
        my(pos1)=mu(pos1) % Se reemplazan los (my) por (mu).
        %my(pos2)=0 % Se reemplazan los (mu) por (0).
        fprintf('Estado de la rigidez a flexión: \n');
        EIab(pos1)=EIp(pos1) % Se reemplazan las rigideces elas. por inel
        %EIab(pos2)=0 % Se reemplazan las rigideces inel. por (0).
        Vy(j+1)=v; % Captura de cortante y desplazamiento
        Dx(j+1)=d;
    end
% Captura de cortante y desplazamiento, cambio de estado de los
% puntales e impresión en pantalla.
    if ne~=nc+nv % Para comportamiento de puntales
        if pos3~=0
            j=j+1;
            fprintf('ESTADO DE FALLA %2d (ne,[i,j]): \n',j);
            fisuramiento_albanileria
            rotura_albanileria
            fprintf('Fuerza axial: \n');
            x
            dx
            fprintf('Fuerzas cortantes: \n');
            c
            dc
            fprintf('momentos flectores: \n');
            m
            dm
            fprintf('Estado de la resistencia: \n');
            vy(pos3)=vy(pos3);
            fprintf('Estado de la rigidez a axial: \n');
            ea=EA(nc+nv+1:ne); % Se extrae EA de los puntales
            ea(pos3)=0; % Se elimina la rigidez axial puntales
            EA(nc+nv+1:ne)=ea;
            Vy(j+1)=v; % Captura de cortante y desplazamiento
            Dx(j+1)=d;
        end
    end
end
end
% 7. DIAGRAMACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD
hold on % Sobreescribe
plot(Dx,Vy,'-', 'LineWidth',3)
title('CURVA DE CAPACIDAD')
xlabel('d (m)')
ylabel('V (T)')
grid on

```

Anexo N° 4. Fichas de recolección de datos

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS

PROYECTO: GENERACIÓN DE CURVAS DE CAPACIDAD RESISTENTE DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLOS INDUSTRIALES, SAN RAMÓN JUNÍN 2021.

AUTORES: Juan Carlos Quispe Angó

VALIDEZ

I. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO III						
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und	
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa	
II. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO IV						
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und	
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa	
III. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO V						
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und	
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa	
IV. CAPACIDAD A FLEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO						
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und	
Rigidez elástica a flexión	T	Rigidez inelástica a flexión	T	Ductilidad por flexión		
V. CORTANTE DE FLUENCIA DE LOS PÓRTICOS DE CONFINAMIENTO						
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und	
Rigidez elástica por corte	T	Rigidez inelástica por corte	T	Ductilidad por corte	cm	
VI. CAPACIDAD A COMPRESIÓN DEL PUNTAL EQUIVALENTE						
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und	
Rigidez elástica axial	T/m	Rigidez inelástica axial	T/m	Ductilidad por fuerza axial	Adim.	

Nota: Calificar la validez de acuerdo a los valores de la tabla.

SUMATORIA = 6
 PROMEDIO = 1

APELLIDOS Y NOMBRES:	<i>De la Calle Vega Pado Renzo</i>
PROFESIÓN:	<i>Ingeniero Civil</i>
REGISTRO CIP N°:	<i>154396</i>
EMAIL:	<i>padelaCalleV@gmail.com</i>
TELEFONO:	<i>998501029</i>

RANGO	VALIDEZ
Menos de 0.50	Nula
0.50 - 0.59	Baja
0.60 - 0.69	Valida
0.70 - 0.79	Muy valida
0.80 - 0.99	Excelente
1	Perfecta

Pado
 DE LA CALLE VEGA PADO RENZO
 ING. CIVIL
 CIP 154396

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS

PROYECTO: GENERACIÓN DE CURVAS DE CAPACIDAD RESISTENTE DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLOS INDUSTRIALES, SAN RAMÓN JUNÍN 2021.

AUTORES: Juan Carlos Quispe Anco

VALIDEZ

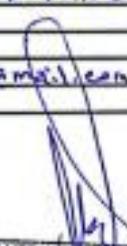
I. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO III							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa		
II. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO IV							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa		
III. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO V							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa		
IV. CAPACIDAD A FLEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Rigidez elástica a flexión	T	Rigidez inelástica a flexión	T	Ductilidad por flexión			
V. CORTANTE DE FLUENCIA DE LOS PÓRTICOS DE CONFINAMIENTO							0
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Rigidez elástica por corte	T	Rigidez inelástica por corte	T	Ductilidad por corte	cm		
VI. CAPACIDAD A COMPRESIÓN DEL PUNTAL EQUIVALENTE							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Rigidez elástica axial	T/m	Rigidez inelástica axial	T/m	Ductilidad por fuerza axial	Adim.		

Nota: Calificar la validez de acuerdo a los valores de la tabla.

SUMATORIA = 5
 PROMEDIO = 0.83

APELLIDOS Y NOMBRES:	JAVIER HERNAN CORNEJO ALMESTAR
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL
RÉGISTRO CIP N°:	36668
EMAIL:	Javierhernancornejoalmestar@gmail.com
TELÉFONO:	946606289

RANGO	VALIDEZ
Menos de 0.50	Nula
0.50 – 0.59	Baja
0.60 – 0.69	Valida
0.70 – 0.79	Muy valida
0.80 – 0.99	Excelente
1	Perfecta


 JAVIER HERNAN CORNEJO ALMESTAR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 36668

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS

PROYECTO: GENERACIÓN DE CURVAS DE CAPACIDAD RESISTENTE DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLOS INDUSTRIALES, SAN RAMÓN JUNÍN 2021.

AUTORES: Juan Carlos Quispe Ango

VALIDEZ

I. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO III							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa		
II. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO IV							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa		
III. LADRILLO INDUSTRIAL TIPO V							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Absorción	%	Alabeo	mm	Resistencia a compresión	Mpa		
IV. CAPACIDAD A FLEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO							0
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Rigidez elástica a flexión	T	Rigidez inelástica a flexión	T	Ductilidad por flexión			
V. CORTANTE DE FLUENCIA DE LOS PÓRTICOS DE CONFINAMIENTO							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Rigidez elástica por corte	T	Rigidez inelástica por corte	T	Ductilidad por corte	cm		
VI. CAPACIDAD A COMPRESIÓN DEL PUNTAL EQUIVALENTE							1
Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3	Und		
Rigidez elástica axial	T/m	Rigidez inelástica axial	T/m	Ductilidad por fuerza axial	Adim.		

Nota: Calificar la validez de acuerdo a los valores de la tabla.

SUMATORIA =

5

PROMEDIO =

0.83

APELLIDOS Y NOMBRES:	CAPUNAY GONZALEZ WALTER
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL
RÉGISTRO CIP N°:	82522
EMAIL:	wcapunay@hotmail.com
TELÉFONO:	952678480

RANGO	VALIDEZ
Menos de 0.50	Nula
0.50 – 0.59	Baja
0.60 – 0.69	Valida
0.70 – 0.79	Muy valida
0.80 – 0.99	Excelente
1	Perfecta




WALTER CAPUNAY GONZALEZ
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 82522