



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- SCOPUS
- Compendex
- Chemical Abstracts
- Metal Abstracts
- World Aluminium Abstracts
- Mathematical Reviews
- Petroleum Abstracts
- Current Mathematical Publications
- MathSci
- Revencty
- Materials Information
- Periódica
- Actualidad Iberoamericana

UNIVERSIDAD DEL ZULIA



REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Hacia los 130 años de creación de la Universidad del Zulia

"Buscar la verdad y afianzar los valores trascendentales", misión de las universidades en su artículo primero, inspirado en los principios humanísticos. Ley de Universidades 8 de septiembre de 1970.

Experimental and Analytical Study of the Structural Properties of Lateral Loads of a Reinforced Masonry Using a Prototype Concrete Block

Marcela Poma^{1*} , Karina Aguirre² , María Belén Correa¹ , Edwin Guaminga² ,
Edwin Dibujés² , Luis Hernández²

¹Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

²Centro de Investigación de la Vivienda, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

*Autor de correspondencia: nidia.poma@epn.edu.ec

<https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a06>

Recepción: 21/02/2020 | Aceptación: 29/05/2020 | Publicación: 31/07/2020

Abstract

Reinforced masonry has been extensively studied and its analytical and experimental research has contributed to the development and improvement of design codes and construction procedures. The main objective of this investigation is to improve the insight of the performance of reinforced masonry under lateral loads, so three reinforced masonry walls were built with equal properties and dimensions. Each specimen was subjected to a cyclic lateral load test until failure, yielding experimental data such as loads and maximum displacements. Then, capacity curves and some parameters, such as energy dissipation, secant stiffness, strength degradation, were obtained in order to understand the structural behavior of specimens. Finally, an analytical model was proposed which shows a capacity curve using ideal conditions. Results from experimental-analytical models were compared, and it was found that the analytical model showed less load capacity than the experimental model.

Keywords: reinforced masonry; lateral load; capacity curve; energy dissipation; hysteresis.

Estudio Experimental y Analítico de las Propiedades Estructurales ante Cargas Laterales de una Mampostería Reforzada Utilizando un Bloque Prototipo de Concreto

Resumen

La mampostería reforzada ha sido centro de varios estudios experimentales y analíticos que han dado como resultado la elaboración de normas que controlan calidad y procesos de diseño de construcción. Esta investigación permitió analizar el comportamiento de la mampostería estructural ante cargas laterales, para ello se construyó tres muros de mampostería reforzada con iguales características tanto en propiedades como en dimensiones. Los mismos fueron sometidos a ensayos cíclicos de carga lateral, arrojando datos experimentales como cargas y desplazamientos máximos. Con estos datos se obtuvieron los diagramas de histéresis fuerza-desplazamiento y con ello las curvas de capacidad; variables importantes para conocer el comportamiento estructural de cada muro. De igual manera se analizó la variación de los siguientes parámetros: energía disipada, rigidez secante, degradación de la rigidez y degradación de la resistencia, además, se desarrolló un programa analítico que permite obtener la curva de capacidad de la mampostería usando condiciones ideales. Luego se comparó los resultados de las dos fases: experimental-analítica, donde se obtuvo que los valores de capacidad de carga analítica son menores a la capacidad de carga obtenida experimentalmente.

Palabras clave: mampostería reforzada; carga lateral; curva de capacidad; disipación de energía; histéresis.

Introducción

En Ecuador gran parte de las construcciones son informales, según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional cerca del 70% de las construcciones son informales [1], esto quedó al descubierto ante el evento sísmico del 16 de abril de 2016 en donde, tan solo en Pedernales, el 70% de la infraestructura presentó daños graves en las fachadas, divisiones internas y estabilidad física [2] y por ende es imprescindible desarrollar métodos de diseño que incorporen características propias de los materiales empleados in situ.

Ante esta necesidad, se han desarrollado numerosas investigaciones de reforzamiento en muros de mamposterías sometidos a carga lateral, con el objetivo de mejorar su comportamiento estructural y sus propiedades mecánicas, reemplazando o mejorando sus elementos constitutivos, o incorporando materiales que presenten una mejor respuesta en conjunto con la estructura. En América Latina se han realizado investigaciones importantes, los peruanos San Bartolomé & Vargas [3] propusieron reforzar con malla electrosoldada un muro de mampostería de ladrillo que previamente había fallado por fuerza cortante. La malla electrosoldada no permitió que el muro de mampostería de ladrillo fallara por corte, pero sí presentó un patrón de fallas por flexión, varias fisuras en la base de las columnas y falla por deslizamiento en la base del muro. Tumialan et al. [4] plantearon un reforzamiento con varillas de fibras de vidrio; esta es una técnica viable, no sólo por sus propiedades mecánicas sino también desde el punto de vista estético y económico, su utilización no requiere preparar la superficie por métodos abrasivos. Además, la estética de la mampostería se conserva ya que el refuerzo se coloca dentro de las juntas de la cama. El tamaño del diámetro de las varillas (6.25 mm) está limitado por el grosor de la junta del mortero, que generalmente no puede ser mayor de 10 mm. Las varillas se instalaron cortando parte del mortero con un molinillo y se llenaron las juntas con una pasta a base de epoxi, incrustando las barras en la junta y reorganizando. Para asegurar una unión adecuada entre la pasta a base de epoxi y la mampostería, se eliminó el polvo por medio de un soplador de aire una vez que fue completado el rectificado de las juntas del mortero. Con los ensayos realizados en esta investigación se pudo observar que, a pesar de haber una mayor cantidad de fisuras en la mampostería reforzada con fibra de vidrio, éstas son más finas que aquellas que aparecen en la mampostería no reforzada. En Países como Canadá y Australia [5], han desarrollado técnicas de reforzamiento con cables que consiste en colocar dos cables en la mampostería, formando una "X", sostenidos mediante placas ancladas a las esquinas superiores e inferiores del muro, pero fijados solamente a una de las esquinas para permitir su movilidad, este sistema mejora la capacidad de disipación de energía y resistencia de las estructuras durante los sismos, pues absorbe los esfuerzos de tensión y mejora la ductilidad de la mampostería.

Ramírez et al. [6] estudiaron experimentalmente diez muros de mampostería parcialmente reforzada, sometidos a cargas cíclicas en el plano. Las variables analizadas en este estudio fueron: la relación de aspecto, la relación del refuerzo de corte y el nivel de precompresión axial. Se evaluó la influencia de cada una de estas variables en diferentes parámetros estructurales, como la degradación de la rigidez, la resistencia al corte, la ductilidad de desplazamiento, la disipación de energía, el amortiguamiento viscoso equivalente y el nivel de deriva. De los resultados obtenidos se identificó que cuando aumenta la relación de aspecto del muro, la resistencia al corte disminuye. Por otro lado, el incremento de la relación del refuerzo horizontal originó un aumento en la resistencia al corte, con una mayor influencia en muros regulares y delgados; el nivel de deriva demostró ser dependiente de las tres variables de diseño consideradas en este estudio.

Con estos argumentos se ha tenido la necesidad de hacer un estudio del comportamiento estructural de Mamposterías reforzadas ante carga lateral, recalando que en Ecuador el estudio de mamposterías reforzadas es escaso [2], por ello es de suma importancia que se realicen investigaciones en donde se brinde información como: procesos constructivos, ventajas y desventajas técnicas, económicas, constructivas y de óptima resistencia, acerca de este tipo de sistema constructivo.

Para ello se ha desarrollado un modelo experimental sometido a ciclos de carga lateral, ensayo que se realizó en el Centro de Investigación de la Vivienda (CIV-EPN) y un modelo analítico, haciendo uso de un lenguaje de programación en OPENSEES. Obteniendo como resultado las curvas de capacidad de ambos modelos, las mismas que fueron comparadas y analizadas para brindar un panorama del comportamiento estructural que ofrece este sistema constructivo. Además, se consideró la variación de los siguientes parámetros: energía disipada, rigidez secante, degradación de la rigidez, degradación de la resistencia, amortiguamiento viscoso.

Metodología

Con el fin de efectuar un análisis experimental y analítico de las propiedades mecánicas de un muro de mampostería reforzada, se realizó la construcción de tres probetas en el Centro de Investigación de la Vivienda de la Escuela Politécnica Nacional (CIV-EPN).

Bloque Prototipo: La unidad de mampuesto está compuesto de concreto, y cuenta con una resistencia a la rotura por compresión promedio de 4 MPa, la masa promedio del bloque es 9,29 kg, este bloque tiene forma de un prisma recto y hueco, además cuenta con muescas en la parte superior, mismas que ayudan a la trabazón de los bloques, en la figura 1, se muestra la geometría, dimensiones y se evidencia como están unidas las muescas y conforman una sola unidad con el mampuesto.

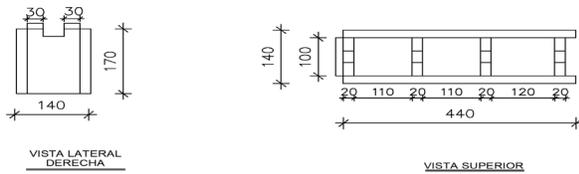


Figura 1. Geometría y dimensiones (mm) del bloque prototipo

Concreto: Tanto en la cimentación como en la riostra horizontal (viga de confinamiento) el concreto empleado tiene una resistencia a la compresión de 21 MPa a los 28 días, la cual fue obtenida mediante una dosificación preestablecida por el ACI 318-14 [7], y sigue relaciones básicas entre los componentes.

En la tabla 1 se indica las propiedades mecánicas alcanzadas para el concreto de la viga de cimentación y riostra horizontal.

Tabla 1. Concreto: Propiedades Mecánicas

Denominación, Unidades	Descripción	Valor
$f'c$, MPa	Resistencia a la compresión del concreto	23,28
E_c , MPa	Módulo de elasticidad del concreto	22700
γ_p , N/m ³	Peso específico promedio	22442

El Módulo de elasticidad del concreto se determinó con la ecuación 1 tomada del ACI 318-14 [7]

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'c} \quad (MPa) \quad (1)$$

Dónde:

$f'c$: Resistencia a la compresión del concreto en (MPa)

Mortero de pega:

Para obtener las propiedades mecánicas del mortero, se tomó tres cubos de muestra por cada mezcla que se realizó, cada cubo mide 50X50X50 mm, dando un total de 9 muestras de cubos, los cuales fueron ensayados a los 28 días de cumplir con su fraguado. En la Tabla 2, se presenta las propiedades mecánicas alcanzadas para el mortero.

El módulo de elasticidad del mortero de pega se determinó utilizando la ecuación 2 tomada de Crisafulli, la misma está en función de la resistencia de compresión [8].

Tabla 2. Mortero de pega: Propiedades mecánicas

Denominación, Unidades	Descripción	Valor
f'_j , MPa	Resistencia a la compresión del mortero de pega	11,10
E_j , MPa	Módulo de elasticidad del mortero de pega	11100
γ_p , N/m ³	Peso específico promedio	21309,56

$$E_j = 1000 * f'_j \quad (2)$$

Dónde:

f'_j = Resistencia a compresión del mortero de pega (KPa).

En este caso el mortero se clasifica como un M15 según la NEC-15 [10].

Acero de refuerzo: De acuerdo con las normas NTE INEN 1511 [9], ASTM A-82 [10], ASTM A-496 [11], el acero de refuerzo utilizado en los modelos experimentales fue varillas corrugadas de 18 mm, tanto para la viga de cimentación como en la riostra horizontal (viga de confinamiento).

El esfuerzo de fluencia de las varillas corrugadas es $f_y = 420$ MPa, valor especificado en catálogos por el fabricante, el mismo ha sido considerado al no poseer datos experimentales propios.

Escalerilla (Refuerzo Horizontal): Para el modelo experimental se empleó una escalerilla conformada por varillas trefiladas corrugadas, electrosoldadas perpendicularmente entre sí, con un diámetro de 4 mm, espaciado de 100 mm. El valor especificado por el fabricante del esfuerzo de fluencia de la escalerilla es $f_y = 500$ MPa.

Concreto líquido o Grout: La dosificación se la realizó en base a la norma ASTM C476-10 [12], se tomaron 12 muestras de cilindros y se realizó ensayos de compresión en laboratorio. En la Tabla 3 se muestra las propiedades obtenidas del grout u concreto líquido.

Tabla 3. Grout u concreto líquido: Propiedades mecánicas

Denominación, Unidades	Descripción	Valor
f'_{cr} , MPa	Resistencia a la compresión del grout	13,40
E_r , MPa	Módulo de elasticidad del grout	9150
γ_p , N/m ³	Peso específico promedio	21560

Utilizando la ecuación 3 tomada de la NEC-SE-MP [13], se determinó el módulo de elasticidad para el grout u concreto líquido:

$$E_r = 2500 * (f'_{cr})^{\frac{4}{3}} \leq 20000 \text{ (MPa)} \quad (3)$$

Dónde:

E_r = Módulo de elasticidad del grout u concreto líquido.

f'_{cr} = Resistencia a la compresión del grout o concreto líquido (MPa)

Método 1 (Experimental): Para el análisis experimental se construye tres muros de mampostería reforzada de iguales características tanto en materiales como en dimensiones, tomando en consideración las especificaciones establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 [13] y ACI530-11 [14] respectivamente, para luego someterlos a ensayos de carga lateral. Las dimensiones de los muros se muestran en la Figura 2.

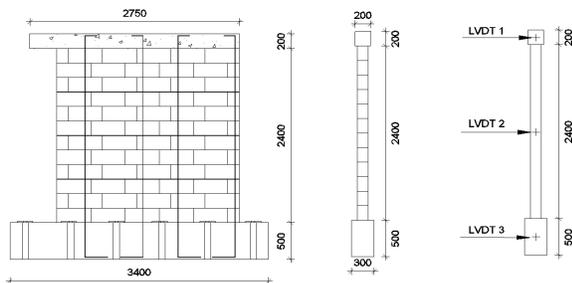


Figura 2. Dimensiones (mm) del muro de Mampostería

La instrumentación de los muros consistió en una celda de carga y de 3 LVDTs (Linear Variable Differential Transformer). La celda de carga midió la magnitud de la fuerza lateral. Los LVDTs 1 y 2 midieron los desplazamientos laterales en el centro y en la altura total del muro, respectivamente. El LVDT 3 midió el deslizamiento lateral de la viga de cimentación. Para la definición del protocolo de carga se utilizó el método C del método de ensayo del ASTM E2126-11 [15].

Los tres muros de mampostería reforzada fueron sometidos a 10 ciclos de carga hasta alcanzar su agotamiento, tomando en cuenta que se consideró sentido positivo cuando el muro era empujado (a la izquierda) y sentido negativo cuando el muro era halado (a la derecha). Ver Figura 3 a), b).



a)



b)

Figura 3. a) Equipo de aplicación de carga b) Estado de Agotamiento al finalizar el ensayo

No se aplicó carga vertical en este estudio, ya que ésta, influenciaría directamente en la resistencia del muro de mampostería y retardaría el agrietamiento diagonal, además se buscaba condiciones desfavorables a carga lateral.

Método 2 (Analítico): Para implementar la modelación en un sistema de mampostería reforzada se parte de un modelo celosía, atribuyendo a la mampostería un ensamblaje de celdas de celosía conformada por dos elementos verticales, dos horizontales y dos diagonales [16]. Ver Figura 4.

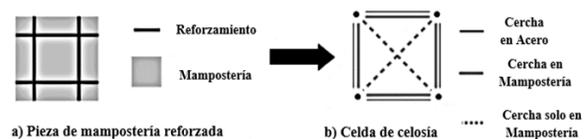


Figura 4. Idealización de una pieza de mampostería como una celda de celosía [16]

Para la discretización de los muros de mampostería se partió de los refuerzos verticales para conseguir los "Steel Truss", que es un sistema triangulado de elementos estructurales rectos interconectados. Como

se muestra en la Figura. 4 (b) el perímetro de la celda está formado por elementos verticales y horizontales, y a la vez estos representan el refuerzo vertical y horizontal embebido en el muro, además se tiene elementos diagonales que simulan los Masonry Truss (Cercha).

Cada nodo que se encuentra conectado a los elementos de la celosía posee dos grados de libertad, con desplazamientos verticales y horizontales, con excepción del nodo número 100 que únicamente presenta desplazamiento horizontal por ser el punto dónde se aplica la carga cíclica, y de los nodos que se encuentran en la base fija, observar Figura 5. Los tramos de nodos que se encuentran encerrados por líneas rojas son la representación de los refuerzos verticales que se encuentran embebidos en el muro de mampostería reforzada.

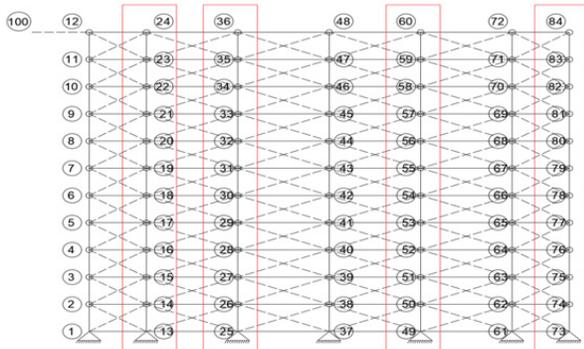


Figura 5. Numeración de nodos y elementos celosía en el muro de mampostería reforzada

Dentro de la plataforma OpenSees y su programación existen diferentes tipos de materiales, en este caso se ha utilizado los siguientes: ConcreteWbeta y Steel 02 [17].

Resultados y Discusión

Modelo Experimental

Los diagramas de histéresis y las curvas envolventes de la fuerza lateral vs los desplazamientos para cada muro ensayado se presentan en la Figura 6,7 y 8.

Energía Disipada

Los resultados obtenidos para cada uno de los muros con respecto a la energía disipada se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4. Valores acumulados de Energía Disipada

Muro 1	Muro 2	Muro 3
2,21 KJ	2,13 KJ	3,49 KJ

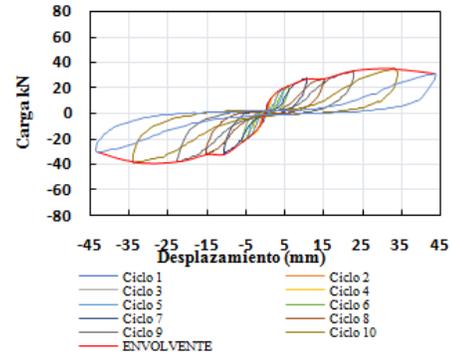


Figura 6. Curva de histéresis Muro 1

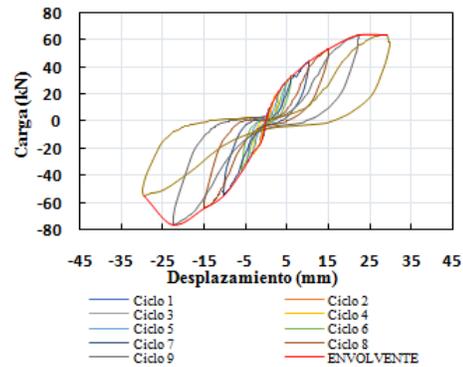


Figura 7. Curva de histéresis Muro 2

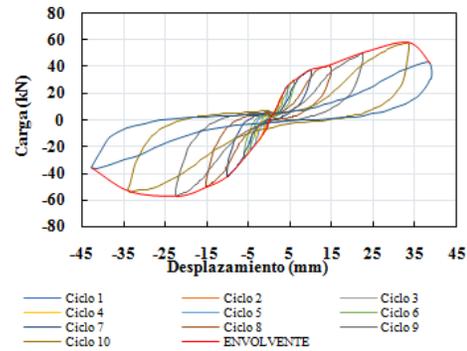


Figura 8. Curva de histéresis Muro 3

Al observar la tabla 4 notamos que el muro 3 presenta valores atípicos de energía acumulada disipada con respecto a sus dos similares, debido a alguna variación en su proceso constructivo, presentando una mayor disipación de energía en una razón de 1.6 veces en comparación con el muro 1 y 2, existiendo una mejor respuesta en el mismo, como resultado de la recuperación de energía que se produjo.

Rigidez Secante

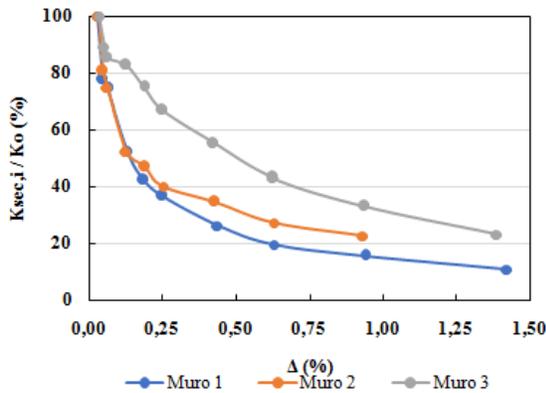


Figura 9. Degradación de rigidez de los muros ensayados. $K_{sec,i}$: rigidez secante para cada ciclo de desplazamiento. K_o : rigidez inicial en el primer ciclo de carga. Δ : deriva

La degradación de la rigidez de un muro de mampostería sometido a la acción de cargas laterales cíclicas en el plano depende del nivel de daño que experimentará durante su respuesta cíclica. Como se puede observar en la Figura 9, la rigidez secante de los muros 1 y 2 disminuyó rápidamente durante los primeros niveles de desplazamiento y después continuó cayendo gradualmente hasta el final del ensayo; en tanto que el muro 3 presentó menores porcentajes de degradación, comprobándose con el menor nivel de daño mostrado de los tres muros en estudio. El muro 1 presentó el mayor número de fisuras y desgaste de materiales, sin llegar a un nivel de colapso establecido para un 70% de la degradación de la resistencia máxima [18].

Amortiguamiento Viscoso Equivalente

Una de las formas más simples de representar la amortiguación real de las estructuras es a través del amortiguamiento viscoso equivalente.

Gallegos y Casabonne (2005, p.233) [19], propone una ecuación para obtener este parámetro:

$$\xi = \frac{\text{Energía disipada/ciclo}}{2 * \pi * K_{sec} * \delta^2_{m\acute{a}x}} \quad (4)$$

Dónde:

K_{sec} Rigidez Secante

$\delta_{m\acute{a}x}$ Desplazamiento máximo en cada ciclo

Lo que se puede observar en la Figura 10 es que en promedio el primer muro tiene un menor amortiguamiento equivalente a comparación de los otros dos muros.

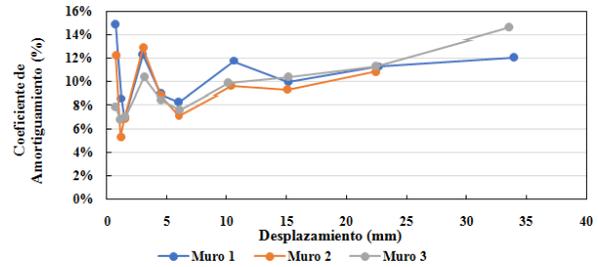


Figura 10. Amortiguamiento viscoso equivalente de los tres muros de mampostería reforzada.

De acuerdo con la ecuación, a medida que la energía disipada es baja y la degradación de rigidez es mayor, los valores obtenidos serán cada vez más bajos, cumpliendo con esta teoría se obtuvo que el primer muro presentó un 12.42% de amortiguamiento tal y como se observa en la figura 10, convirtiéndose este en el rango más bajo en comparación con sus similares.

Capacidad y Degradación de la Resistencia

Como se puede observar en la tabla 5, la capacidad del muro 2 es mayor que la capacidad de sus otros dos similares en una relación promedio de 1.5 veces, si relacionamos esto con la degradación de la resistencia, al término de los ensayos se observó que el muro 2 fue mucho más rígido en su base, ya que en las tres primeras hileras hubo desborde de grout por las cavidades del mampuesto, por esta condición concluimos que aumento su capacidad de carga.

En la Figura 12, se encuentran las tres curvas de capacidad experimentales de cada muro.

Tabla 5. Valores experimentales alcanzados de capacidad para los tres muros de Mampostería Reforzada

Muro/condición	Muro 1	Muro 2	Muro 3
Carga (kN)	34,44	63,63	58,38
Desplazamiento (mm)	33,37	22,3	33,31

En los ensayos de los tres muros de mampostería reforzada las primeras fisuras aparecieron entre el cuarto y quinto ciclo de carga en el sentido de empuje a una carga promedio de 19.61 [kN], si bien esto no infiere de una manera significativa en la resistencia del sistema, a este punto se le puede tomar como un punto de control de desempeño al momento de diseñar este tipo de estructuras. En la figura 11 se puede observar las primeras fisuras presentadas en uno de los especímenes.



Figura 11. Primeras fisuras en uno de los especímenes en la ejecución de los ensayos.

Modelo Analítico: En Metodología, ya se han descrito las propiedades y características que se ha asignado para obtener la curva de capacidad, luego ha sido fundamental la calibración del modelo cumpliendo los rangos permitidos por el OpenSees, teniendo así, un modelo analítico con valores iniciales y finales, en la Tabla 6 se observa un ejemplo de la calibración para el acero de refuerzo vertical, de la misma manera se lo realizó para los otros tipos de materiales.

Tabla 6. Propiedades mecánicas del acero de refuerzo vertical.

Abreviación, Unidades	Denominación	MODELO INICIAL Valor	MODELO FINAL Valor
fy, MPa	Esfuerzo de fluencia	421,33	500
fu, MPa	Esfuerzo de rotura	568	568
esh	Deformación de fluencia	0,02	0,002
eult	Deformación última	0,1	0,1
Es, MPa	Tangente inicial elástica	210000	210000
Esh, MPa	Tangente inelástica	27579,029	400
b	Coefficiente de endurecimiento por deformación	0,0027	0,0027
Ro	Parámetros que controlan la transición de la rama elástica a la plástica	10	20
cR1		0,98	0,98
cR2		0,15	0,15
a1		0,0020	0,0020
a2	Parámetros de endurecimiento isotrópico	1	1
a3		0	0
a4		1	1

Con los valores finales alcanzados del modelo analítico se obtuvo la curva de capacidad con resultados de 45.22 [kN] de capacidad de carga y 35.49 [mm] en desplazamiento.

Al hacer una comparación entre el modelo analítico y el experimental, se obtiene la tabla 7, y la figura 12 respectivamente.

Tabla 7. Valores de capacidad de carga para los dos modelos, Experimental-Analítico.

Muro/condición	Muro 1	Muro 2	Muro 3	Modelo Analítico
Carga (kN)	34,44	63,63	58,38	45,22
Desplazamiento (mm)	33,37	22,3	33,31	35,49

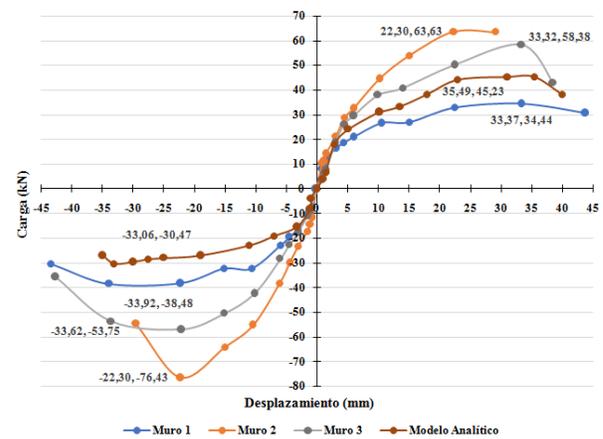


Figura 12. Curvas de capacidad experimentales y curva analítica

Conclusiones

Los muros presentaron un comportamiento casi elastoplástico, evidenciando un tipo de falla dúctil, caracterizado por este tipo de muros con refuerzo vertical. Además, se pudo evidenciar el aporte del refuerzo horizontal, distribuyendo uniformemente el daño en la mampostería, aumentando la capacidad de deformación y la resistencia a cargas laterales.

El OpenSees al finalizar la calibración del modelo analítico, se puede inferir que utiliza métodos basados en elementos finitos, y el paso primordial para tener éxito en el programa es tener el mayor número de subdivisiones tanto de elementos como de nodos, además de especificar cargas a las que está expuesto y restricciones nodales que

el diseñador crea conveniente.

La capacidad de carga alcanzada mostró que el muro 1, presentó el valor más bajo de capacidad de carga con 34,44 kN, mientras que el muro 2 alcanzó 63,63 kN, siendo este el de mayor resistencia, y por último el muro 3 con un valor de 58,38 kN. Haciendo una comparación con el modelo analítico que alcanzó una capacidad de 45,22 kN, existen una variación en cuanto a aproximación de resultados; por lo que atribuimos esto a las iteraciones y calibraciones realizadas en cuanto al modelo analítico.

Las fallas finalizando los ensayos, se presentaron en el centro de los tres muros de mampostería siendo el mortero el primer elemento en fallar, observando que el desprendimiento de este se dio en la parte superior del bloque donde tiene una menor adhesión.

El bloque prototipo de concreto en este estudio, evidenció debido a su geometría que su acople al momento de levantar las paredes es muy bueno, además posee canalizaciones verticales huecas que permiten programar y detallar las instalaciones de electricidad, sin necesidad de romper la mampostería existente, tal como sucede con la mampostería tradicional de ladrillos de campo o bloques cerámicos.

Los muros de este estudio no presentaron tipo de fallas por corte, mostrando un agrietamiento atípico en la mampostería, distinto al hecho de que este tipo de muros poseen refuerzo en la dirección vertical para evitar fallas por flexión, y en los cuales se espera un mecanismo de falla por corte evidenciado por grietas inclinadas debido a tensiones diagonales.

Agradecimientos

Expresamos nuestros Agradecimientos a la empresa Inova TK, por la donación del bloque prototipo de concreto para el estudio en mampostería reforzada, además agradecemos la colaboración del Centro de Investigaciones de la Vivienda (CIV-EPN) por permitir realizar esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- [1] López L.O. y Alarcón V.C. : "Incidencia Social de los recursos financieros recaudados por la ley solidaria: Estudio Pedernales Ecuador". Repositorio ESPE, Quito, 2018.
- [2] Cornejo Páez D. : "Influencia de muros de mampostería en el comportamiento de edificios de Manta durante el terremoto de 16 de abril del 2016". Pedernales-Ecuador, ResearchGate, Conference Paper, No 3 anual (2017) 9-12.
- [3] San Bartolomé Á., y Vargas Lama A. : "Reparación de un muro de albañilería armada". Rev. Costos, No 143, (2015) 3-10.
- [4] Tumialan G., San Bartolomé A., y Nanni A. : "Comportamiento Sísmico de Tabiques reforzados con varillas de fibra de vidrio". Sencico, Lima, 2004.
- [5] Chuang S, Zhuge Y, y McBean P.C. : "Seismic Retrofitting of Unreinforced Masonry Walls by cable system". Rev. Earthquake Engineering Vancouver, Vol. 13, No 3228, (2004) 1-6.
- [6] Ramírez P, Sandoval C., y Almazán J. : "Experimental study on in-plane cyclic response of partially grouted reinforced concrete masonry shear walls". Engineering Structures 2016.
- [7] American Concrete Institute. : "ACI 318S-14, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural". Comité ACI 318, Farmington Hills, U.S.A., 2014.
- [8] Crisafulli F. J. : "Seismic Behaviour of Reinforced Concrete Structures with Masonry Infills". Christchurch, New Zeland, 1997.
- [9] INEN. Servicio Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana. : "NTE INEN 1511, Alambre conformado en frío para hormigón armado. Requisitos". Quito, Ecuador, 2016.
- [10] American Society for Testing and Materials. : "ASTM A82 / A82M-07, Standard Specification for Steel Wire, Plain, for Concrete Reinforcement (Withdrawn 2013)". ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007, www.astm.org.
- [11] American Society for Testing and Materials. : "ASTM A496 / A496M-07, Standard Specification for Steel Wire, Plain, for Concrete Reinforcement (Withdrawn 2013)". ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007, www.astm.org.
- [12] American Society for Testing and Materials. : "ASTM C476-20, Standard Specification for Grout for Masonry". ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, www.astm.org.
- [13] MIDUVI. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Norma Ecuatoriana de la Construcción. : "NEC-SE-MP. Mampostería Estructural". Quito, Ecuador, 2015.
- [14] American Concrete Institute. : "ACI 530 / 530.1-11., Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures and Related Commentaries". Masonry Standards Joint Committee (MSJC), Reston U.S.A., 2011.

-
- [15] American Society for Testing and Materials. : "ASTM E2126-19, Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Vertical Elements of the Lateral Force Resisting Systems for Buildings". ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019, www.astm.org
- [16] Scoott A. Williams. : "Numerical Analysis of Reinforced Masonry Shear Walls using the Nonlinear Truss Approach". Virginia Tech, Blacksburg Virginia, 2013.
- [17] OpenSees Command Language Manual (2006). Retrieve from OpenSees.: <https://opensees.berkeley.edu/>.
- [18] Alcocer S., Hernández H., y Sandoval H. : "Envolvente de Resistencia Lateral de Piso para estructuras de mampostería". Rev.Téc SciELO. Ing. Univ. UNAM, Vol. 14, No. 89 (2013) 3-15.
- [19] Gallegos H.: "Albañilería Estructural (2da Edición)". Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 1991.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Volumen Especial, 2020, No. 2, pp. 04 - 110 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en Julio de 2020, por el **Fondo Editorial Serbiluz**, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientifica.org