



REHABILITACIÓN CON MALLA Y MORTERO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CON ABERTURAS

Leonardo E. Flores ¹, Moisés Ríos² y Carlos Reyes Salinas ³

RESUMEN

Se presentan los resultados del ensaye, ante fuerzas horizontales cíclicas, de dos muros de mampostería con una abertura al centro en forma de ventana, rehabilitados con malla de alambre soldado y recubrimiento de mortero. Los dos especímenes fueron previamente ensayados y llevados a un nivel de daño severo, con grietas de más de 10 mm en mampostería y daño en castillos. La técnica de rehabilitación incluyó la reparación de los extremos de los castillos, el relleno con mortero cemento-arena de grietas de más de 3 mm y la colocación de la malla, rodeando los bordes del muro en los extremos y en la abertura. La malla usada fue la 6×6-10/10, se conectó con clavos de 50 mm a cada 450 mm y se cubrió con mortero de espesor 25 mm. Este refuerzo se colocó en ambas caras del muro. Como resultado, los muros rehabilitados superaron ampliamente la respuesta de los especímenes originales, tanto en rigidez inicial, carga de agrietamiento, cortante máximo como en capacidad de deformación. La falla ocurrió al fracturarse los alambres de la malla. La resistencia de los modelos reparados fue de tres veces la de los especímenes originales.

ABSTRACT

The test of two masonry walls with a window in the middle, rehabilitated with a jacketing of welded wire mesh and mortar cover, and subjected to horizontal cyclic loading is presented. The specimens were previously tested and left in a severe damage condition with cracks thickness of more than 10 mm and damage in tie-columns. The rehabilitation technique included reconstruction of the ends of concrete elements, filling of cracks of thickness wider than 3 mm, and the use of steel mesh in the wall and around of lateral and window edges. Steel mesh was type 6×6-10/10, connected by nails separated each 450 mm and cover with 25 mm-thickness cement mortar. The jacketing was placed in both sides of the walls. As results, the rehabilitated walls showed improved characteristics like initial stiffness, cracking load, maximum load and deformation capacity. The failure occurred with the fracture of mesh wires. The strength of rehabilitated models was three times that of the original specimens.

INTRODUCCIÓN

La reparación de estructuras dañadas o el refuerzo, si se determina que son vulnerables, es uno de los campos de más impacto social en la ingeniería estructural, en especial cuando existen daños causados por desastres en el más importante patrimonio que tiene una familia como lo es su propia vivienda que, en nuestro país, generalmente está construido con el uso de mampostería de algún tipo, desde adobe hasta piezas de gran calidad y modalidades de refuerzo modernas y diversas.

El tipo de fenómenos que más afectan a estas estructuras es la acción sísmica, en especial cuando la configuración de la estructura carece de suficiente cantidad de elementos resistentes (muros de carga). La acción de los asentamientos diferenciales es otro fenómeno que causa daño a las estructuras de mampostería agrietando los muros y causando que pierdan su capacidad ante otros efectos como futuros sismos.

Si bien, es posible reconstruir parcialmente un inmueble, o cambiar el sistema resistente con la adición de nuevos elementos estructurales, es necesario tomar conciencia que la gran mayoría de la población no cuenta

¹ Investigador, Subdirección de Estructuras y Geotecnia, CENAPRED, Delfín Madrigal 665, Pedregal de Sto. Domingo, México D.F. lf@cenapred.unam.mx

² Asistente de investigador, CENAPRED

³ Subdirector de Estructuras y Geotecnia, CENAPRED, creyes@cenapred.unam.mx

con recursos para afrontar reparaciones costosas, más aún en momentos inesperados de crisis tras la ocurrencia de un desastre. Además de que la edificación de una gran parte de la vivienda, y su posible reparación en caso de desastres, son realizadas por autoconstrucción. Por todo esto es necesario contar con técnicas de refuerzo eficientes, que requieran el mínimo costo y capacitación técnica para aplicarlas, y que de manera adicional proporcionen no sólo la restitución de la capacidad original de la estructura sino que, de preferencia, la superen aportando un mayor nivel de seguridad.

La técnica de rehabilitación con malla y mortero ha sido ampliamente usada en el medio, en gran medida sin un sustento técnico. Sin embargo, ya algunas investigaciones han comprobado su eficiencia, tanto para reparación como para refuerzo de nuevas estructuras (ver Ruiz y otros, 1994, y Zepeda y otros, 1996). Esta técnica es relativamente fácil de aplicar, no requiere supervisión especializada, y es considerablemente económica.

En el presente estudio se incursiona con mayor profundidad en la aplicación de la técnica, verificando en particular el comportamiento de muros con aberturas y el detallado necesario para rodear los extremos de las aberturas con la malla, mismo que es requisito en las nuevas normas técnicas complementarias para el diseño de estructuras de mampostería (NTCM) del reglamento de construcciones para el Distrito Federal (GDF, 2004). En dicha norma se incluye por primera vez esta modalidad de refuerzo para mejorar la capacidad a cortante; la resistencia a cargas verticales y a flexión las proporcionan la mampostería y los elementos de refuerzo vertical. En la figura 1 se presentan los requisitos de las NTCM.

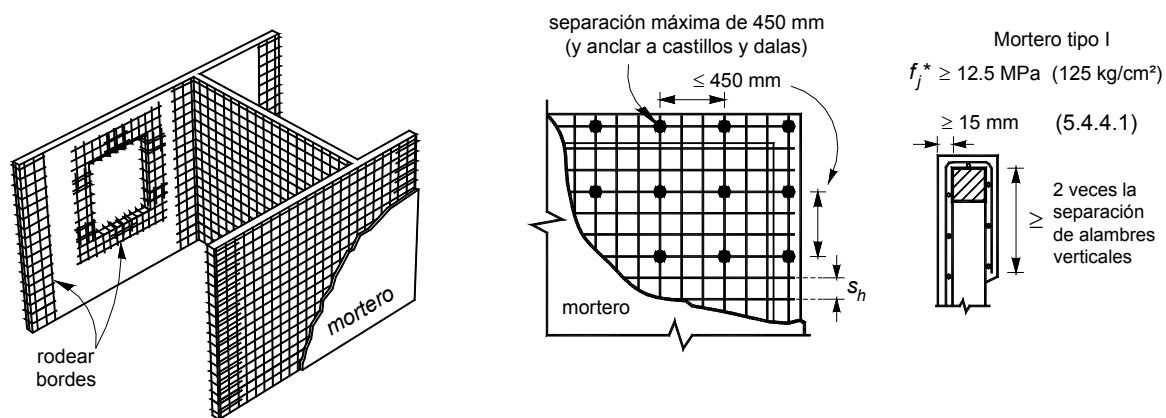


Figura 1 Requisitos para uso de malla y mortero (GDF, 2004)

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Los especímenes usados en este estudio fueron previamente ensayados ante cargas laterales cíclicas y fueron llevados a un nivel de daño severo, con agrietamientos en la mampostería de más de 10 mm y penetración de las grietas en los extremos de los castillos. Los detalles de dimensiones, instrumentación y los resultados generales se presentan en otro artículo de este congreso (Flores y otros, 2004). Los especímenes fueron construidos con mampostería de piezas macizas de arcilla recocida y confinados en sus extremos por castillos. Ambos poseían una abertura en forma de ventana al centro. El primer modelo, MV-1R, no contaba con refuerzo alrededor de la abertura, mientras que al espécimen MV-2R le fueron construidos castillos a los lados de la ventana cuya longitud alcanzó toda la altura del muro, y dalas de cerramiento arriba y abajo de la misma.

Geometría de los especímenes

Los muros fueron de 3.15 m de longitud y 2.5 m de altura. Los castillos en sus extremos se construyeron de 150×120 mm, reforzados con cuatro barras no. 3 (9.5 mm de diámetro) y estribos de alambón no. 2 a cada 180 mm. Para los elementos de refuerzo de la ventana del espécimen MV-2R se usaron castillos y dalas de

120×120 mm, armados con tres barras no. 3 y estribos no. 2 espaciados a cada 180 mm. En la figura 2 se presentan las dimensiones generales de los especímenes.

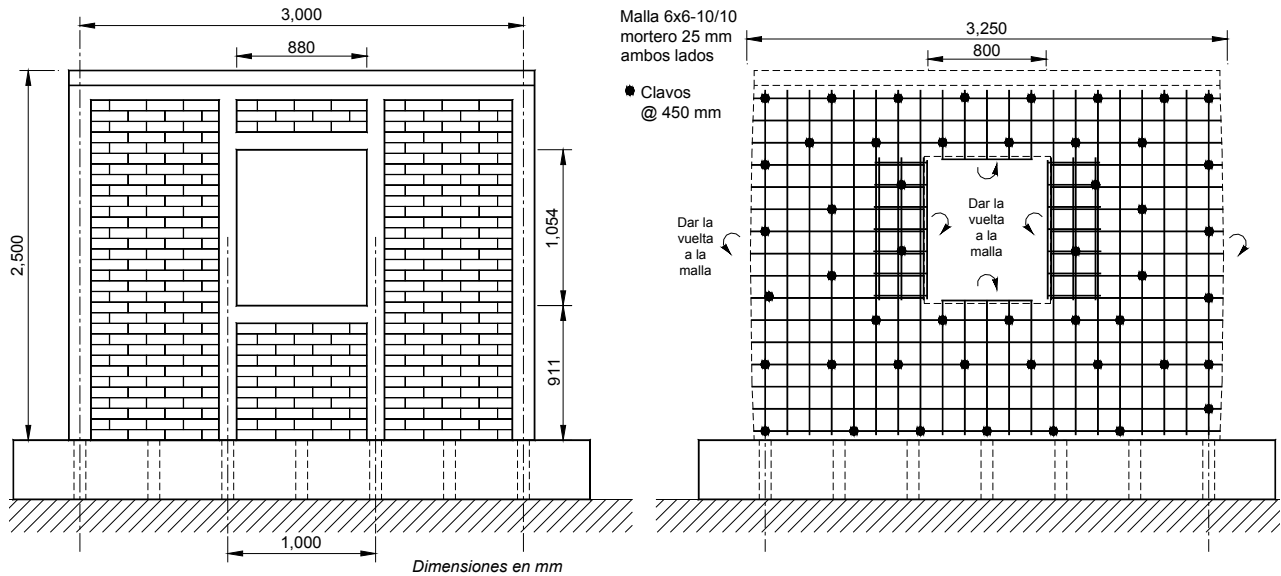


Figura 3 Dimensiones generales de los modelos
a) Modelo original del MV-2R, b) Malla y posición de los conectores

Materiales

En la tabla 1 se resumen los valores de las resistencias medias obtenidas en los ensayos de materiales. La resistencia a la compresión de la mampostería se obtuvo con el ensaye de pilas, y la de diseño a cortante con el ensaye de muretes a compresión diagonal.

Tabla 1 Resistencias medias medidas en pruebas de materiales MPA (kg/cm²)

Resistencia a la compresión de la pieza	f_p^*	5.6	(57)
Resistencia de diseño de la mampostería	f_m^*	1.4	(14)
Resistencia de diseño a cortante	v_m^*	0.14	(1.44)
Resistencia a la compresión del concreto	f_c^c	15	(153)
Resistencia a compresión del mortero de pega	f_j^c	9.1	(93)
Resistencia a compresión del mortero del recubrimiento (promedio)	f_j^r	10.2	(104)
Esfuerzo de fluencia, barra del no. 3 (9.5 mm)	f_y	490	(4990)
Esfuerzo de fluencia, alambón no 2	$f_{y,t}$	266	(2710)
Esfuerzo de fluencia nominal de la malla de alambre	$f_{y,h}$	500	(5000)
Esfuerzo último nominal de la malla de alambre	$f_{u,h}$	700	(7000)

Nota: 1 kg/cm² = 0.0981 MPa

Dimensiones reales de las piezas de mampostería: 119×236×53 mm

En el refuerzo de los muros se usó malla con denominación 6×6-10/10, que es la de mayor uso en la construcción. Esta malla tiene alambres calibre 10 (3.43 mm de diámetro), separados 150 mm (6 plg).

El mortero, tanto de pega como el usado en el recubrimiento fueron elaborados con cemento, cal y arena en proporción volumétrica 1:¼:3.75.

El concreto usado para la reparación de los castillos se fabricó con tamaño máximo de agregado de 10 mm y se dejó lo suficientemente fluido para garantizar un colado adecuado.

Tipo de ensaye

El ensaye se realizó aplicando fuerzas horizontales cíclicas reversibles mediante un gato hidráulico a la altura de la losa. Para el control de los ensayos se usó la distorsión angular, la cual se definió como el cociente entre el desplazamiento horizontal a nivel de la losa entre la altura del instrumento con el que se midió el dicho desplazamiento. La historia de cargas siguió las recomendaciones del apéndice normativo A de las NTCM.

Adicionalmente a las celdas de carga y los instrumentos medidores de deformación externos e internos usados en los especímenes originales, se colocaron deformímetros eléctricos adheridos a los alambres de la malla siguiendo las diagonales de los dos segmentos de muro. Los detalles del marco de carga e historia de carga se pueden consultar en Flores y otros (2004).

Daño previo

Los especímenes originales fueron llevados a distorsiones de 0.006 y 0.008 (MV-1 y MV2, respectivamente), provocándoles agrietamientos inclinados que siguieron aproximadamente las diagonales entre las esquinas de las ventanas y los extremos de los castillos laterales. Para esas distorsiones el ancho de las grietas varió entre 10 y 20 mm en la mampostería, y en los castillos desde 5 mm hasta el desconchamiento completo de la zona dañada. En la figura 3 se muestran detalles del daño en castillos y mampostería.



Figura 3 Daño en castillos y en el panel de mampostería

Proceso de rehabilitación

El procedimiento de rehabilitación siguió los siguientes pasos:

- 1) Apuntalamiento de la losa, diseñado para tomar las cargas verticales.
- 2) Demolición y nuevo colado del concreto de la zona dañada de los castillos (en los extremos o en las esquinas de las aberturas). La demolición de castillos de cada muro no fue simultánea, sino que se reparó un castillo antes de comenzar a demoler otro.
- 3) Finalizada la reparación de castillos, se reemplazaron las piezas de mampostería en zonas donde se encontraban totalmente fracturadas, lo cual se dio al centro de los segmentos de muro, donde se cruzaron los agrietamientos diagonales principales en forma de “X”, y en las esquinas de la ventana del modelo MV-1R.

- 4) Relleno de grietas de más de 3 mm de anchura. Se usó mortero de cemento y arena en proporción 1:3, con arena cernida para tener una pasta fina.
- 5) Limpieza del muro, eliminando la pintura.
- 6) Colocación de la malla y fijación al muro con clavos para concreto, de 50 mm (2 plg) a cada 450 mm en tresbolillo (fig. 3), sujetando a la malla con alambre recocido. La malla dio vuelta a los extremos laterales del muro y a la abertura. El traslape de la malla, después del doblar, fue de 300 mm, o es decir dos cuadros de la misma. Se colocó este refuerzo en ambas caras de los muros.
- 7) Aplicación del recubrimiento de mortero cemento-cal-arena en proporción 1:¼:3.75 de 25 mm de espesor. Los elementos de concreto (castillos y dalas) se “picaron” previamente para mejorar la adherencia del mortero y se les aplicó una primera porción de mezcla dejándolo fraguar un día.

Con el fin de simular las condiciones reales de la rehabilitación se dejó la carga vertical que ejercía un esfuerzo de 0.25 MPa (2.5 kg/cm²) sobre la sección de los segmentos de muro en los especímenes originales. Por tal motivo necesaria la colocación de polines de madera para apuntalar las zonas dañadas y así poder llevar a cabo la demolición y reparación de los extremos de los castillos. El colado de los castillos dañados se realizó de tal forma que se rellenara totalmente la zona demolida. No se observaron problemas de separación perceptible entre el concreto viejo y nuevo.

En la reparación de las grietas, antes de rellenarlas con mortero se practicó una ligera ranuración en forma de bisel en el borde de las mismas. El objetivo principal del relleno de grietas fue proporcionar un apoyo adecuado para cuando esa zona de la mampostería tuviera que transmitir esfuerzos de compresión normal a cada grieta, de lo contrario se perdería rigidez en el muro durante el cierre de éstas. No se consideró necesario el ranurado y relleno de grietas menores a 3 mm de anchura, pues podría causarse mayor daño que beneficio.

La malla fue colocada en contacto con la mampostería. Otros ensayos se han mostrado que este detalle permite un anclaje más firme mediante los clavos y es suficiente el apoyo del mortero sobre los alambres para asegurar un trabajo en conjunto.

En las figura 4 se muestran distintas etapas de la reparación de los especímenes.

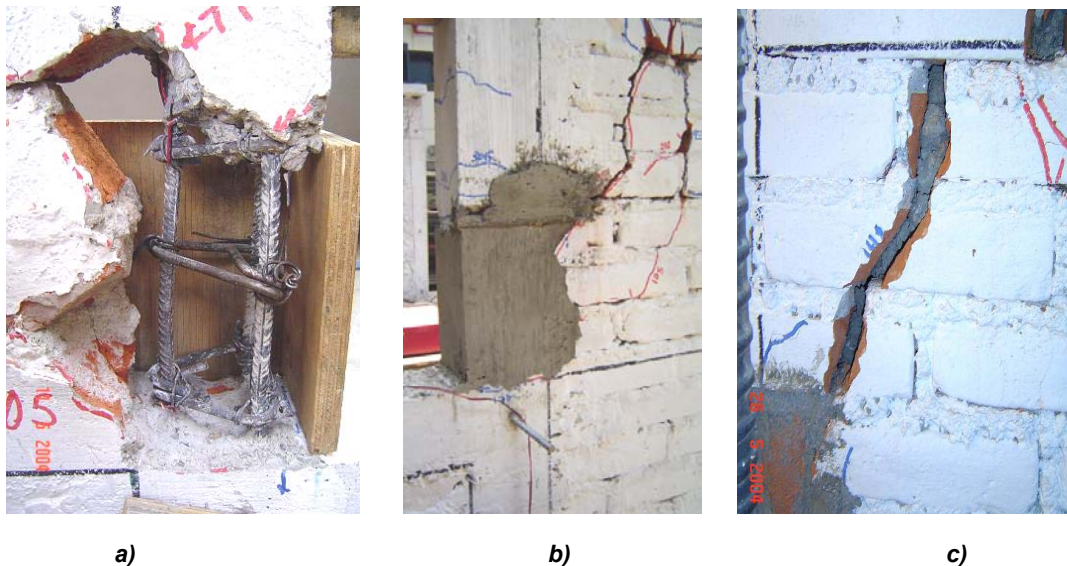


Figura 4 Proceso de reparación a) demolición de extremo de castillo, b) colado de castillos, c) relleno de grietas



Figura 5 Proceso de reparación a) reemplazo de las piezas más dañadas, b) malla y recubrimiento con mortero

Predicción de resultados

Con el objeto de predecir la resistencia de los especímenes se usaron las expresiones de las NTCM (GDF, 2004), en donde la resistencia del muro de mampostería más la malla será la suma de la de las resistencias correspondientes derivadas de las ecuaciones siguientes:

$$V_{mR} = F_R (0.5v_m^* A_T + 0.3P) \leq 1.5 F_R v_m^* A_T \quad (1)$$

$$V_{sR} = F_R \eta p_h f_{yh} A_T \quad (2)$$

donde

- F_R factor de resistencia, se tomó igual a 1.0 para la predicción en estos ensayos;
- P carga vertical sobre el muro;
- v_m^* resistencia a compresión diagonal de la mampostería;
- A_T área transversal del muro (área en planta = longitud por espesor del muro, se incluye la longitud de los castillos).
- p_h cuantía de acero proporcionada por los alambres horizontales de la malla;
- f_{yh} esfuerzo especificado de fluencia de la malla; y
- η factor de eficiencia.

La ecuación 1 representa la contribución del muro de mampostería y la ecuación 2 la contribución de la malla de alambre soldado.

Debido a que los muros ya estaban dañados y reparados antes de la colocación de la malla, no es correcto considerar el cien por ciento de la resistencia de la mampostería. Sin embargo, no se cuenta con estudios sobre cuánto puede haberse recuperado la resistencia original con el relleno de grietas y reconstrucción de los castillos. En este trabajo se supuso que se recuperaría al menos un 50% de la resistencia original.

El porcentaje de refuerzo, considerando valores nominales y el espesor original del muro, fue $p_h = 0.00103$. El valor teórico de la eficiencia del acero horizontal, η , está propuesto en las NTCM (ec 3).



$$\eta = 1.4 - p_h f_{yh} \times 4/30; \quad 0.2 \leq \eta \leq 0.6 \quad (3)$$

En este caso se tomó $\eta = 0.6$. Así, aplicando las expresiones anteriores $V_{sR} = 83$ kN (8.5 t), por lo que la resistencia total del muro más la malla dada por $V_{R, RDF} = \frac{1}{2} V_{mR} + V_{sR}$, sería $V_{R, RDF} = 103$ kN (10.5 t).

En el planteamiento anterior se desprecia la contribución del mortero a la resistencia total del muro, no obstante, en este y otros estudios se ha encontrado que su participación puede llegar a ser sumamente importante, tanto en la rigidez inicial como en las resistencias de agrietamiento y máxima.

En un intento de predecir más cercanamente la rigidez y la resistencia se tomó también la contribución del mortero, con un esfuerzo igual a $\sqrt{f_j'}$. Así, resultó que la contribución del mortero sería, $V_{mort} = 123$ kN (12.5 t).

Con lo anterior se llegó a una resistencia teórica probable de $V_{Max, teórico} = 226$ kN (23 t). Asimismo, bajo el supuesto de que la malla trabajaría solamente hasta después de haberse agrietado el muro, se propuso calcular la carga de agrietamiento descontando la contribución de la misma. Con esta hipótesis se llegó a $V_{agr, teórico} = 142$ kN (14.5 t). Los cálculos teóricos, así como el de la rigidez inicial, se presentan gráficamente en la figura 11, en la que también se incluyen las envolventes experimentales. A pesar de que las estimaciones anteriores son sumamente simplificadas, sirven para verificar una posible metodología de cálculo.

COMPORTAMIENTO GENERAL

Las tres etapas de comportamiento se verificaron en los dos ensayos: una etapa aproximadamente elástica lineal hasta el primer agrietamiento; una etapa plástica con pérdida de rigidez, incremento en el agrietamiento, e incremento en la resistencia hasta llegar a la carga máxima; y la etapa de falla que en este caso se presentó súbitamente al fracturarse los alambres de la malla.

Modelo MV-1R

En la etapa inicial el espécimen se comportó aproximadamente de forma elástica lineal hasta el primer agrietamiento. Este agrietamiento no se presentó súbitamente, debido a que empezaron a surgir pequeñas grietas inclinadas a una distorsión y carga de 0.00053 mm/mm y 97 kN (9.92 t) respectivamente. Se consideró que la etapa inicial, en que el modelo se comportó aproximadamente de manera elástica lineal concluyó en la distorsión 0.00105 y la carga 137 kN (14 t) con grietas de 1.5 mm de ancho en el punto de carga máxima que se cerraron a 0.4 mm de ancho al descargar. A partir de estos valores se formó un patrón con grietas inclinadas distribuidas tanto en los segmentos de muro a los lados de las ventanas, como de cuatro grietas iniciadas en las cuatro esquinas de la ventana y dirigidas diagonalmente hacia afuera.

Se aplicaron en total doce ciclos de carga, mientras se producían nuevos agrietamientos inclinados distribuidos en el muro. Previo a la falla del muro el espesor de grietas no sobrepasó los 2 mm. La carga máxima se presentó para una distorsión de 0.0062 mm/mm y una carga de 294 kN (30 t).

Cuando la prueba se dirigía a una distorsión de 0.008, comenzaron a fracturarse los alambres de la malla y, llegada la distorsión 0.0084, se perdió totalmente la capacidad de carga lateral fallando completamente los alambres restantes y formándose una grieta de más de 20 mm de anchura en el panel superior Este y en la parte baja del lado Oeste partiendo de la esquina inferior de la ventana (fig. 6).

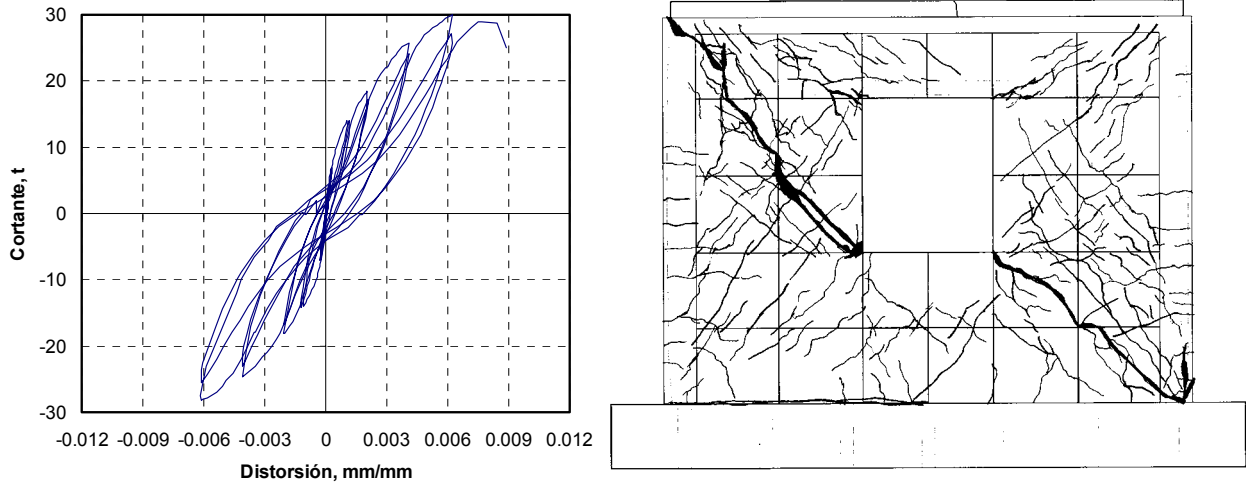


Figura 6 Curva de histéresis y patrón de agrietamiento final, modelo MV-1R, cara Norte

Modelo MV-2R

Los primeros agrietamientos inclinados, después de la etapa elástica, se presentaron en una distorsión de 0.00069 mm/mm y una carga de 108 kN (11.02 t). Estos agrietamientos se observaron en los segmentos de muro a los lados de la ventana y se formaron de manera similar al modelo anterior, el ancho de estas primeras grietas fue de 0.3 mm con la carga aplicada y se cerraron a 0.1 mm al descargar.

La carga máxima se presentó a una distorsión de 0.0061 mm/mm y una carga de 265 kN (27.02 t). Para esta distorsión las grietas se abrían hasta 2 mm en el pico, pero al descargar se cerraban a 0.1 mm. En este espécimen no ocurrió falla súbita, sin embargo, sí se comenzaron a fracturar varios alambres de la malla al llegar a la distorsión de 0.008. Para el ciclo a 0.01 ya se había perdido más del 30% de la carga máxima, además de continuar la fractura en cadena de los alambres por lo que se dio por terminado el ensaye. Las grietas mayores, en el punto en el que se fracturaron los alambres, llegaron a más de 10 mm de anchura.

En la figura 7 se muestra la curva de histéresis y el patrón de agrietamiento final.

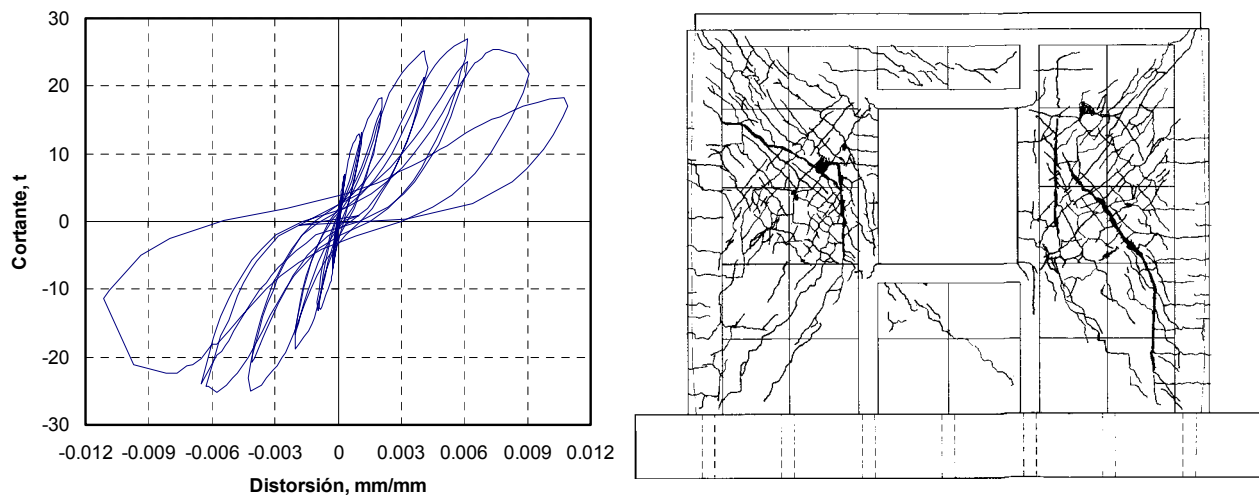


Figura 7 Curva de histéresis y patrón final de daño, MV-2R, cara Norte

Resultados generales

Los patrones de agrietamiento de las figuras 6 y 7 muestran una aceptable distribución de los agrietamientos, en contraste con los de los especímenes originales en donde se concentró el daño en unas cuantas grietas principales formando una "X". Es notable cómo, en el espécimen MV-2R los agrietamientos de mejor forma que en el MV-1R y ubicados sólo en los segmentos de muro a los lados de la ventana.

La presencia del refuerzo de la ventana evitó la aparición de las grietas en las esquinas inferiores de ésta, incluso la grieta principal del modelo MV-1R, que provocó la súbita falla del muro, fue evitada en el espécimen con castillos en la ventana.

La presencia de agrietamientos en los paneles abajo y arriba de la ventana son evidencia de que estas zonas también trabajaron y llegaron al esfuerzo de agrietamiento por lo que no se debería despreciar su contribución.

En la figura 8 se presentan las envolventes de los ciclos positivos de los dos modelos para comparar su respuesta general. Se incluyen también las envolventes de los especímenes originales MV-1 y MV-2. Con rombos se marca el primer agrietamiento inclinado, y se señala con línea punteada la estimación de la resistencia teórica según se calcula con las NTCM ($V_{mR, RDF}$) así como la opción que toma en cuenta el mortero.

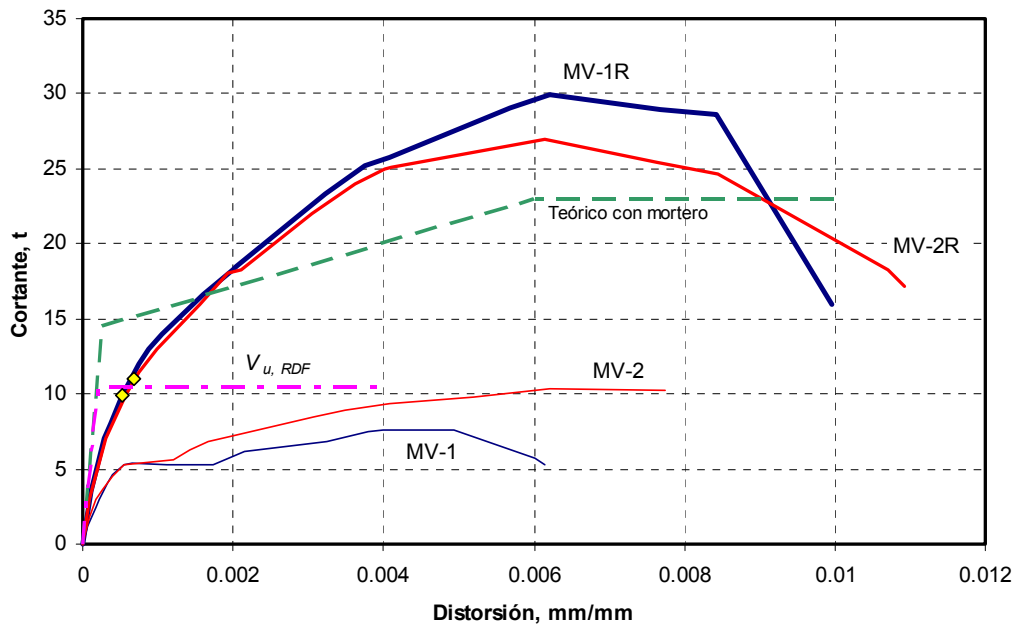


Figura 11 Envolventes de respuesta

Si bien era de esperarse que el espécimen con castillos en la abertura tuviera igual o mayor resistencia, realmente alcanzó una carga un poco menor que el muro que no los tenía. Este hecho pudo deberse a ligeras diferencias en la resistencia del mortero y el espesor final de los aplanados. En términos generales se pueden considerar equivalentes las envolventes de los dos especímenes.

En cuanto al aumento de resistencia respecto a los modelos originales, este fue evidente. El espécimen MV-1R resultó 3.9 veces más resistente que su original, y el MV-2R lo fue en 2.6 veces.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La técnica de rehabilitación utilizada, mediante el uso de malla de alambre soldado y recubrimiento de mortero proporcionó un aumento muy considerable de rigidez, resistencia, así como capacidad de deformación, no obstante que, una vez llegada a la distorsión de fractura de los alambres, la carga cayó súbitamente.

Los modelos rehabilitados alcanzaron, en promedio, tres veces la resistencia de los muros originales.

Siendo la reparación idéntica entre los dos modelos, la diferencia entre el espécimen con castillos en la ventana y el que carecía de ellos fue el mecanismo de falla. Mientras que el modelo sin castillos en la ventana falló súbitamente al fracturarse los alambres y formarse una amplia grieta desde la esquina inferior de la ventana (fig.6); el otro modelo, gracias a la presencia de los castillos que reforzaron el hueco de la ventana, no presentó una falla súbita, conservando por mayor tiempo su integridad y distribuyéndose en él de mejor forma el agrietamiento (fig. 7). A pesar de las diferencias mencionadas en el modo de falla, la diferencia en el comportamiento general de ambos modelos fue mínima.

Para fines de rehabilitación se recomienda ampliamente el uso de esta técnica. Las ecuaciones de cálculo que se pueden tomar de las NTCM son adecuadas para el diseño de esta rehabilitación (si bien resultan conservadoras).

Se concluye, además, que esta técnica se puede aplicar a muros con aberturas que carecen de refuerzo (castillos y dalas). Sin embargo, fuera de las aberturas, siempre será necesario contar con la cantidad mínima de refuerzo vertical, sea como castillos o como refuerzo interior, a fin de evitar la falla de flexión o de deslizamiento en la base del muro (en el caso del modelo MV-1R son los castillos extremos).

Finalmente es indispensable hacer énfasis en que, al reforzar cualquier estructura, se debe de revisar la influencia que tiene el refuerzo local en el comportamiento general y los modos de falla local y general que se inducen al implementar cualquier técnica de refuerzo. Así, por ejemplo, en vez de una falla por cortante se puede inducir una falla por flexión, o la falla de la cimentación al concentrar mayores fuerzas en unos cuantos elementos reforzados. Es siempre recomendable diseñar un esquema de refuerzo que evite asimetrías e irregularidades en planta y en elevación, seleccionando la distribución de muros a rehabilitar aunque algunos de ellos no estén dañados.

REFERENCIAS

Flores L.E., Mendoza J.A. y Reyes C. (2004), "Ensayo de muros de mampostería con y sin refuerzo alrededor de la abertura", Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural (en CD), Acapulco, Gro., octubre 29 a noviembre 1.

Gobierno del Distrito Federal (GDF, 2004), "Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería", Diario Oficial del D.F. (en prensa), México, D.F., 47 pp.

Ruiz J., Zepeda J.A., Alcocer S.M. y Meli R. (1994), "Reparación y refuerzo de una estructura tridimensional de mampostería confinada de dos niveles a escala natural", Memorias del IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Vol. II, Zacatecas, Zac., octubre 29 a noviembre 1, pp. 596-605.

Zepeda J.A., Pineda J.A. y Alcocer S.M. (1996), "Comportamiento ante cargas laterales de muros de mampostería confinada reforzados con malla electrosoldada", Memorias del X Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Vol. II, Mérida, Yuc., 16 al 19 de noviembre, pp. 919-925.