

REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO CON VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO EN UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Por: Ángel San Bartolomé y Juan Loayza Seminario
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

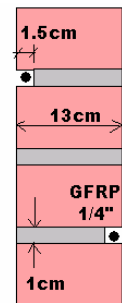
RESUMEN

Con el propósito de analizar la efectividad de una técnica de reparación y reforzamiento, consistente en resanar y adicionar varillas de fibra de vidrio GFRP a un muro de albañilería confinada, que previamente había fallado por fuerza cortante en un experimento de carga lateral cíclica, se desarrolló un proyecto de investigación en el Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú, obteniéndose resultados posibles de mejorar.

1. INTRODUCCIÓN

En este proyecto se plantea el uso de varillas de fibra de vidrio (GFRP) como una técnica adicional que permite ampliar las alternativas de reparación y reforzamiento existentes en muros de albañilería confinada que hayan fallado por fuerza cortante.

El método consiste básicamente en resanar las grietas importantes que presentan la albañilería y las columnas del muro, reponiendo concreto en caso sea necesario. Para después instalar las varillas de fibra de vidrio como refuerzo horizontal cada 2 hiladas, intercalándolas alternadamente en ambas caras del muro con el fin de no debilitar a su sección transversal.



Durante el desarrollo de la investigación se realizaron ensayos de los materiales utilizados en la construcción del “**muro original**” (proveniente de la Ref.1). También se ensayaron los materiales empleados en la reparación y reforzamiento del muro dañado (“**muro reparado**”): varillas de fibra de vidrio, mortero para el sellado de fisuras y concreto para la reparación de columnas.

El muro original (Ref.1) tuvo las siguientes dimensiones: 2.4m de longitud por 2.68m de altura y un espesor de 13cm. Este muro fue ensayado (Ref.1) a carga lateral cíclica con desplazamiento horizontal controlado hasta alcanzar una deriva de 0.008, mayor que la deriva máxima permitida por la Norma Sísmica E.030 (0.005, Ref.5) para las edificaciones de albañilería reforzada. Posteriormente, se reparó y reforzó al muro, para finalmente reensayarlo bajo la misma técnica aplicada en el muro original, para de esta manera comparar resultados.

2. MATERIALES DEL MURO ORIGINAL Y DEL REPARADO

2.1 Unidades de Albañilería

Los ladrillos de arcilla utilizados fueron del tipo King Kong con 18 huecos, de fabricación industrial. Sus dimensiones nominales fueron: 23x13x9 cm. Se ensayaron 5 unidades, obteniéndose los siguientes resultados:

- Variación dimensional: largo = 0.6%, ancho = 0.4%, altura = 1.1%
- Alabeo: 0.7mm.
- Resistencia a compresión f'_b : 184 kg/cm².
- Porcentaje de perforaciones: 30% del área bruta (unidad sólida).
- Succión: 22gr / (200cm²-min).

Según estos resultados y de acuerdo a la Norma E.070 (Ref.4), la unidad de albañilería calificó como Clase V. Se determinó además que las unidades de albañilería sobrepasaban la succión óptima especificada en la Ref.4, donde se indica que las unidades antes de ser asentadas deben

tener una succión comprendida entre 10 a 20 gr / (200 cm²-min); por lo que los ladrillos se regaron durante media hora un día antes de asentarlos.

2.2 Mortero de Asentado y Resane

Para adherir las unidades de albañilería, se utilizó mortero compuesto por cemento Portland Tipo I y arena gruesa en proporción volumétrica 1:4. Este mismo mortero se utilizó para reparar las grietas de la albañilería y para sellar las juntas donde se colocaron las varillas GFRP; mientras que para resanar las fisuras del concreto se utilizó un mortero con dosificación cemento-arena 1:3 y epóxico en polvo para mejorar la adherencia con el concreto existente.

2.3 Concreto de los Confinamientos y para la Reparación de Columnas

Para la construcción de las columnas y la viga solera del muro original se utilizó concreto con resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. El concreto empleado para reparar las columnas, tuvo una resistencia promedio de $f'_c = 270 \text{ kg/cm}^2$, en 3 probetas estándar con 28 días de edad.

2.4 Acero de Refuerzo

En la construcción de los elementos estructurales del muro original se utilizó acero grado 60.

2.5 Puente de Adherencia SikaDur 32Gel

La resina epóxica SikaDur 32Gel, se usó para mejorar la adherencia entre el concreto fresco de reparación y el concreto endurecido del muro original, también se aplicó la resina a las varillas de acero de las columnas existentes, para mejorar su adherencia con el concreto fresco.

2.6 Varilla de Fibra de Vidrio GFRP

Las varillas GFRP (Fig.1) empleadas en el reforzamiento del muro reparado, están compuestas por fibras de vidrio impregnadas con resina vinilester. Son corrugadas y están recubiertas con una capa de arena fina. No son conductoras de electricidad y son muy livianas ($\gamma = 2260 \text{ kg/m}^3$). Además, son inmunes al ataque de cloruros (no se corroen), por lo que pueden tener poco recubrimiento, con lo cual, no se necesitó profundizar demasiado la ranura en la junta donde fueron instaladas. Sin embargo, presentan la desventaja que no se les puede doblar, no son resistentes a los incendios y al ser cortadas desprenden fibra de vidrio, exigiendo, por tanto, el uso de mascarillas de protección.



Las varillas GFRP utilizadas en este proyecto (Fig.1), tuvieron un diámetro de $\frac{1}{4}$ " (6.25mm) y una resistencia a la tracción (8435 kg/cm^2) de casi el doble del esfuerzo de fluencia correspondiente a las varillas de acero convencional, lo que permitió acelerar el proceso de instalación al utilizar menos varillas, lo que además implica dañar menos al muro a ser reparado.

3. PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA SIMPLE

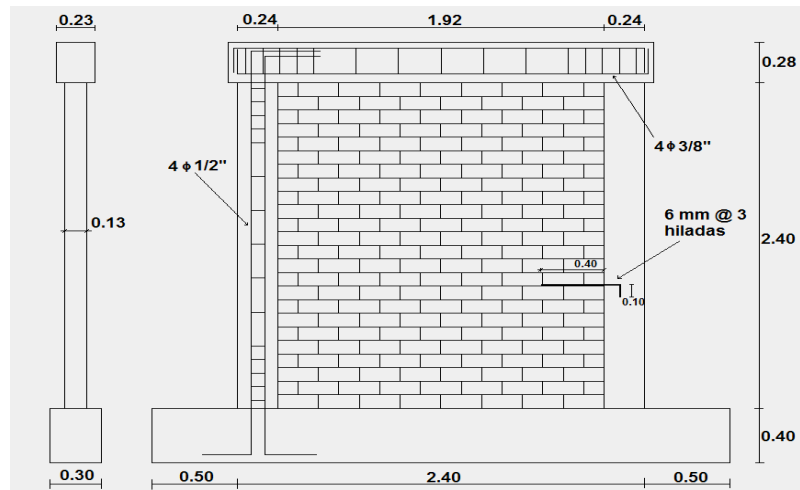
Se realizaron ensayos (Ref.1) en tres pilas y cuatro muretes de albañilería simple con juntas de mortero 1:4 de 1cm de espesor, obteniéndose una resistencia característica a compresión axial $f'_m = 127 \text{ kg/cm}^2$ y a compresión diagonal $v'_m = 16 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo, de acuerdo a la Norma E.070 (Ref.4), para fines de diseño estructural debe emplearse $v'_m \leq \sqrt{f'_m} = 11.3 \text{ kg/cm}^2$.

4. CARACTERÍSTICAS DEL MURO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA ORIGINAL

El muro original (Fig.2) no tuvo refuerzo horizontal continuo, sin embargo, se utilizaron mechas de acero de 6mm de diámetro cada 3 hiladas para conectar la albañilería con las columnas, debido a que esa interfase fue a ras, construyéndose primeramente la albañilería para después vaciar el concreto de los confinamientos (Ref.1). Las características del muro original fueron:

- Columnas de 13x24 cm, reforzadas con 4 ϕ 1/2" y estribos de ϕ 1/4" 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25cm.
- Solera de 23x28 cm reforzada con 4 ϕ 3/8" y estribos de ϕ 1/4" 1 @ 5, 4 @ 10, resto @ 25cm.
- Espesor de juntas horizontales y verticales en la albañilería: 1cm, con mortero 1:4.

Fig.2
Muro Original,
dimensiones en
metros.



5. ENSAYO DE CARGA LATERAL CÍCLICA DEL MURO ORIGINAL

La disposición de los instrumentos utilizados para medir desplazamientos (6 LVDT) se presenta en la Fig.3 (Ref.1), donde además aparece el punto de acción del actuador dinámico (V), con el cual se aplicaron 10 fases de desplazamiento lateral (D1) controlado, según se indica en la Tabla 1, hasta alcanzar un desplazamiento de 20mm, sobrepasando el límite máximo de reparación especificado por la Ref.4 ($0.005 h = 0.005 \times 2540 = 12.7\text{mm}$).

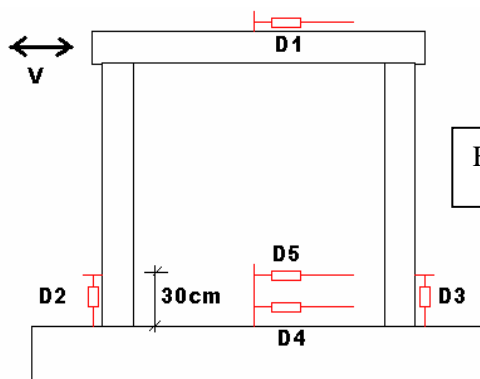


Fig.3



Tabla 1. Fases del Ensayo. Velocidad: 1 ciclo cada 4 minutos.

Fase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D1(mm)	0.5	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
Ciclos	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3
Deriva	0.0002	0.0004	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008

5.1 Comportamiento del Muro Original

En la fase 3 se presentó la primera fisura de tracción por flexión en las columnas, mientras que en la fase 4 (Fig.4) se presentaron grietas diagonales en las $\frac{3}{4}$ partes inferior de la albañilería, alcanzando aberturas de hasta 2.5mm. Durante la fase 5 (Fig.5) se formaron, de manera más pronunciada, más grietas diagonales y muchas fisuras finas en toda la altura del muro.



Fig.4. Fase 4. Muro Original.

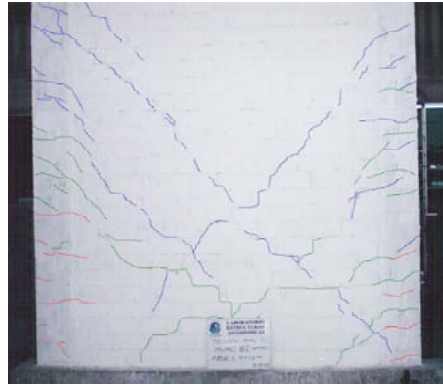


Fig.5. Fase 5. Muro Original.

Al someter al muro original a las fases 6 y 7, las grietas en las bases de las columnas fueron agrandándose hasta un grosor de 6mm, asimismo, aumentaron de grosor las grietas diagonales. La trituración de 2 ladrillos de la parte central del muro se inició durante el primer ciclo de la fase 8.

Finalmente se sometió al muro a la fase 10, observándose en la Fig.6 la trituración de la parte central del muro, el grosor remanente de las grietas diagonales y su corrimiento hacia los 2 extremos diagonalmente opuestos. En síntesis, el muro original tuvo una falla por corte.

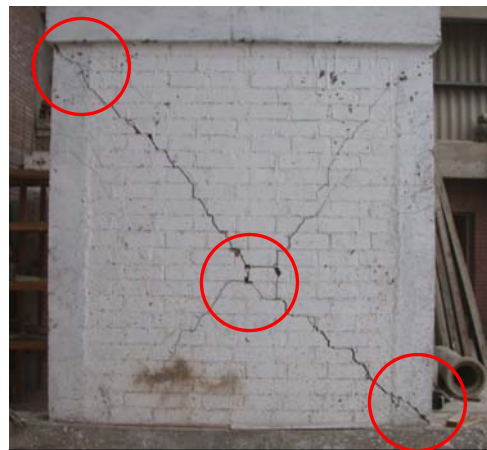


Fig.6. Muro Original al finalizar el ensayo y antes de la reparación.

6. TÉCNICA DE REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO

La técnica de reparación consistió en profundizar en 2cm las grietas principales existentes en la albañilería, para luego taponarlas con mortero 1:4, reemplazando la zona central triturada por mortero 1:3. Asimismo, el concreto ubicado en el extremo superior de la columna izquierda e inferior de la columna derecha, con daño severo, fue reemplazado por concreto nuevo de $f'c = 270\text{kg/cm}^2$. Las fisuras finas, existentes en la albañilería y las columnas, no fueron resanadas.

El reforzamiento por corte se hizo utilizando varillas de fibra de vidrio (GFRP) cubiertas con una capa de mortero 1:4, colocadas en ranuras horizontales cada 2 hiladas, intercalando el refuerzo en ambas caras del muro para no debilitar a la sección transversal. En la base de la columna derecha se adicionó un estribo de $\frac{1}{4}$ ", debido a que el refuerzo vertical mostró un ligero pandeo.

6.1 Procedimiento Seguido

El procedimiento seguido en la reparación y reforzamiento se muestra en forma ordenada en las figuras 7 a 11, entendiéndose que en una obra real, debe apuntalarse previamente a la estructura. Es destacable señalar que en la Ref.2 se usó resina epóxica muy costosa para fijar la varilla GFRP a la albañilería, mientras que en este proyecto se usó mortero 1:4.

Fig.7

Picado con comba y cincel en los extremos más dañados de las columnas, añadiéndose un estribo de ¼" donde el refuerzo vertical mostró pandeo.

Ranurado con amoladora de las juntas horizontales en ambas caras de la albañilería, donde irán las varillas GFRP, la profundidad de las ranuras fue 1.5cm. Estas ranuras no penetran en las columnas y están desfasadas en cada cara del muro en 2 hiladas.



Fig.8

Profundización (2cm) de las grietas principales de la albañilería. Los ladrillos centrales triturados fueron removidos y reemplazados por mortero 1:3.



Fig.9

Reparación de las columnas con concreto nuevo, usando resina epóxica como puente de adherencia entre el concreto existente y el concreto nuevo. Se usó un encofrado en forma de embudo, para que el concreto nuevo rebalse y no se separe por contracción de secado del concreto existente.

Luego, las grietas en la albañilería fueron selladas con mortero 1:4, eliminándose el mortero que penetró en las ranuras horizontales. Previamente, la zona a trabajar se limpió y humedeció. Las fisuras muy finas existentes en las columnas (ver Fig.11) y la albañilería, no fueron resanadas.





Fig.10

Instalación de las varillas GFRP. Primeramente, se limpiaron las ranuras horizontales con aire comprimido, para luego humedecerlas. Luego se aplicó una primera capa de mortero 1:4, lanzándolo dos veces en el mismo lugar para que el mortero penetre en la ranura. Posteriormente, se instaló la varilla GFRP sobre la cama de mortero y finalmente, la varilla se recubrió con otra capa de mortero 1:4. Este refuerzo no contó con ningún tipo de fijación adicional al mortero.



Fig.11

Finalmente, las fisuras con más de 1.5mm de grosor existentes en las columnas, se resanaron con una mezcla de mortero 1:3 y resina epóxica en polvo, en una cantidad igual al 2% del peso de la mezcla total.



7. ENSAYO DE CARGA LATERAL CÍCLICA DEL MURO REPARADO

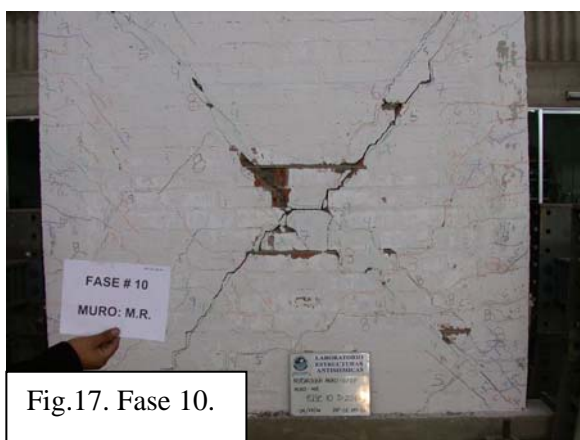
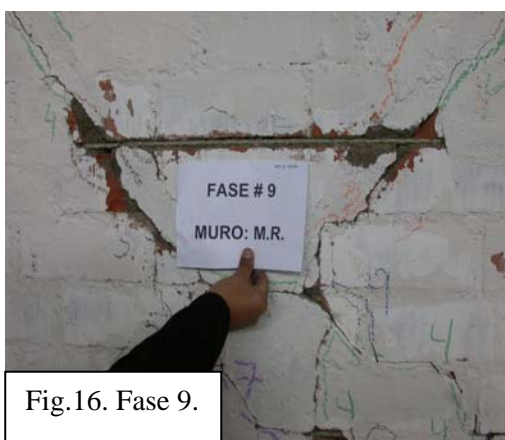
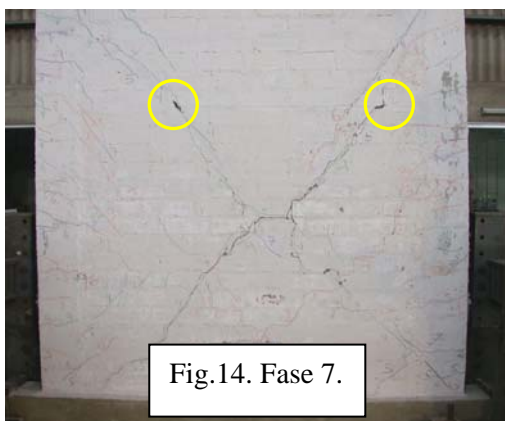
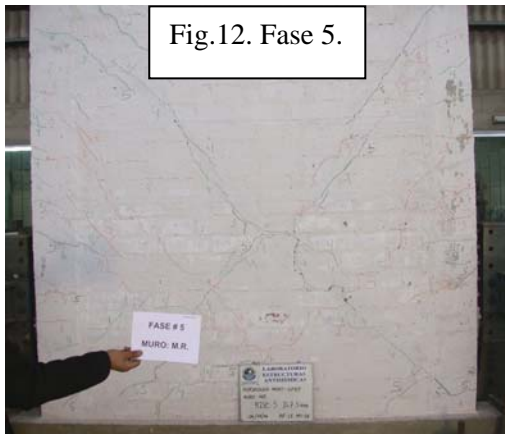
El ensayo de carga lateral cíclica se realizó mediante el mismo procedimiento usado para el muro original (acápite 5). Los dispositivos electrónicos tuvieron la misma ubicación (Fig.3), además se utilizó la misma cantidad de fases (Tabla 1) con las que se ensayó el muro original (Ref.1), para de esta manera comparar los resultados y determinar la efectividad de la técnica de reparación.

7.1 Comportamiento del Muro Reparado

En la fase 2 se observaron fisuras muy finas en la albañilería que se presentaron en forma escalonada en la mitad inferior del muro, las primeras fisuras por flexión se presentaron dispersas en ambas columnas durante la fase 3. En la fase 4 (Fig.12) ocurrió la rotura diagonal, mientras que en la fase 5 (Fig.12) se fisuró el talón de la columna derecha reparada y las fisuras resanadas en la albañilería empezaron a notarse con claridad.

En la fase 6 (Fig.13) pudo notarse cómo las varillas GFRP pudieron controlar el grosor de las grietas por corte. En la fase 7 (Fig.14), asociada a la deriva máxima permitida por la Norma Sísmica E.030 (0.005, Ref.5), se formaron fisuras adicionales a las que tuvo el muro original, y en ciertos puntos empezó a desprenderse el mortero que cubría a las varillas GFRP. Durante la fase 8 (Fig.15), la varilla central GFRP quedó descubierta en su parte intermedia.

En la fase 9 empezó a triturrarse el talón reparado y las varillas GFRP empezaron a pandear en varias zonas del muro (Fig.16). En la fase 10 (Fig.17) se trituró la parte central del muro y las varillas GFRP perdieron adherencia con la cama de mortero en distintas zonas del muro.



La conclusión es que las varillas GFRP trabajaron adecuadamente hasta la fase 8 del ensayo, asociada a una deriva de 0.006, ligeramente mayor a la especificada como límite máximo por la Norma Sísmica E.030 (0.005, Ref.5) para este tipo de edificaciones.

8. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MURO ORIGINAL Y EL REPARADO

8.1 Rigidez Lateral (K)

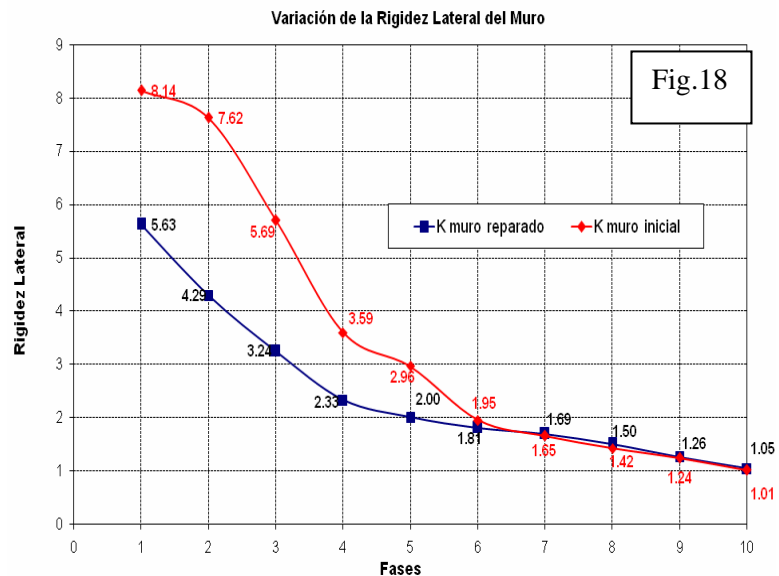
En la Tabla 2 aparecen los valores experimentales de la rigidez lateral inicial (fase 1) y final (fase 10) que tuvieron el muro original y el reparado. El muro reparado pudo recuperar el 73% de la rigidez inicial del muro original, la diferencia se atribuye a que las fisuras finas que tenía el muro original, tanto en la albañilería como en las columnas, no fueron resanadas. Por otro lado, las rigideces finales fueron prácticamente las mismas y también se puede notar que la técnica de reparación permitió aumentar en 5.8 veces la rigidez inicial con que terminó el muro original.

Tabla 2. Rigidez Lateral Secante Inicial y Final.

Espécimen	Ko (Ton/mm)	Kfinal (Ton/mm)
Muro original	8.12	1.01
Muro reparado	5.90	1.05

En la Fig.18 se compara las rigideces laterales (rigidez secante = V/D) que tuvieron los muros original y reparado en las distintas fases del ensayo.

Puede observarse que hasta la fase 5 del ensayo, los valores de la rigidez difieren fuertemente, pero a partir de la fase 6, no hay mayor diferencia, porque ambos muros mostraron prácticamente el mismo nivel de deterioro.



8.2 Primera Fisura por Flexión

Los resultados obtenidos para la fuerza que produjo la primera fisura de tracción por flexión en ambos muros, se presentan en la Tabla 3, así como la fase en que ocurrieron. En esta tabla puede notarse que la fuerza necesaria para causar la fisura por flexión en el muro reparado es el 79% de la correspondiente al muro original, esta diferencia se atribuye a que no se repararon las fisuras con grosores de menos de 1.5mm existentes en las columnas.

Tabla 3. Resistencia a la fisura por flexión.

Espécimen	V (Ton)	Fase
Muro original	10.30	3
Muro reparado	8.13	3

8.3 Agrietamiento Diagonal

El agrietamiento diagonal de ambos muros ocurrió en la fase 4 del ensayo. En la Tabla 4 aparecen las fuerzas respectivas. La carga lateral que generó el agrietamiento diagonal en el muro reparado fue el 69% de la correspondiente al muro original. Esto se debió a que las fisuras finas existentes en la albañilería no fueron reparadas, aparte que un ladrillo y medio central fue sustituido con mortero 1:3, y, a que todas las grietas diagonales solo fueron selladas con mortero 1:4 en una

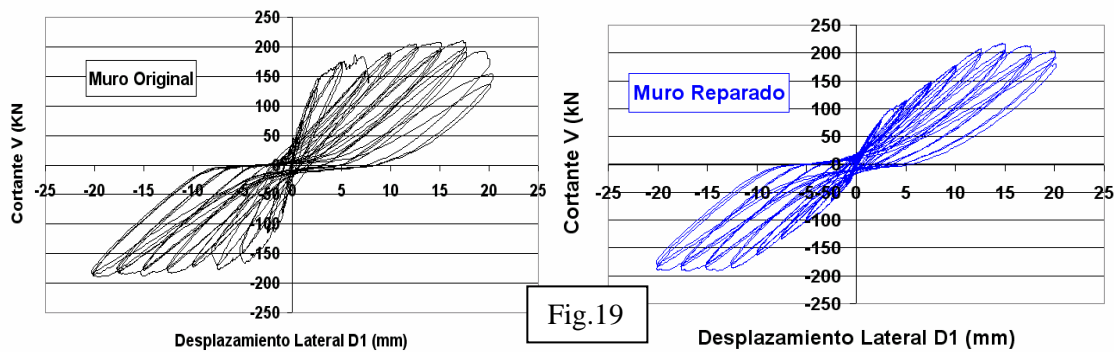
profundidad de 2cm a cada lado del muro, es decir, el sellado con mortero no abarcó todo el espesor del muro (13cm).

Tabla 4. Fuerza cortante de agrietamiento diagonal.

Espécimen	V (Ton)	Fase
Muro inicial	14.51	4
Muro reparado	10.00	4

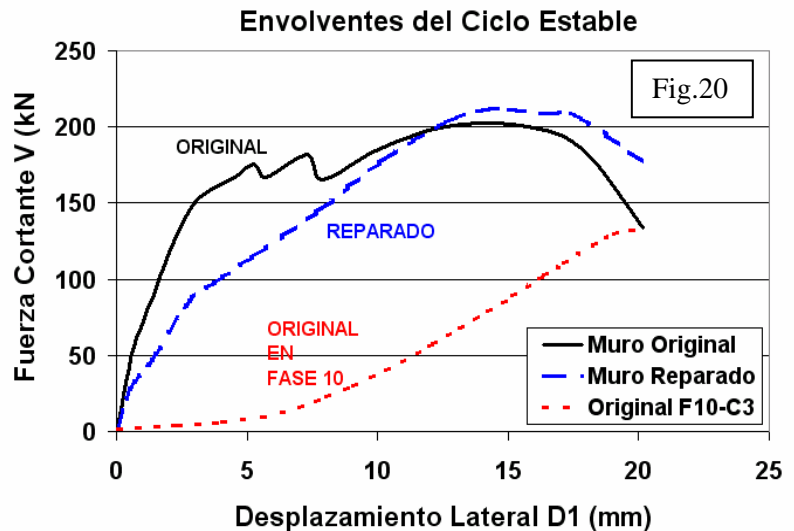
8.4 Lazos Histeréticos

En la Fig.19 aparecen los lazos histeréticos V-D para el muro original y el reparado, graficadas a la misma escala con fines comparativos. En esta figura puede apreciarse grandes diferencias en las fases iniciales, debidas a la poca rigidez que mostró el muro reparado. Sin embargo, a partir de los 10mm de desplazamiento lateral (fase 6 del ensayo), el comportamiento de ambos muros es muy similar, ya que las varillas GFRP se activaron después del agrietamiento diagonal.



8.5 Resistencia Máxima

La Fig.20 corresponde a la envolvente de los lazos histeréticos (Fig.19) estables en el último ciclo de cada fase. Allí puede observarse que el muro reparado soportó una carga máxima de 22.11 ton en la fase 8 superando ligeramente en 3% a la carga máxima de 21.39 ton soportada por el muro original en la fase 9. También puede notarse que la efectividad del refuerzo GFRP, es importante a partir de la fase 4 del ensayo, después de haberse formado las grietas diagonales, creciendo linealmente la resistencia. A partir de la fase 7, el comportamiento del muro reparado fue mejor que el original.



Adicionalmente, en la Fig.20 aparece parte de la gráfica V-D del muro original, asociada al tercer ciclo de la fase 10 (estado con que terminó el muro original antes de iniciar la reparación), puede apreciarse que esta gráfica está muy por debajo de la envolvente V-D del muro reparado, tanto en rigidez inicial como en resistencia máxima, por lo que la técnica de reparación fue efectiva.

8.6 Comportamiento General

Muro Original. El muro original falló por corte, agrietándose fuertemente el concreto de la parte superior de la columna izquierda y de la parte inferior de la columna derecha, además presentó un ligero pandeo del refuerzo vertical existente en la base de la columna derecha y la trituration de los ladrillos centrales, lo que produjo degradación de resistencia en la fase 10 del ensayo (figuras 19 y 20). Como se aplicó una deriva de 0.008, mayor que la deriva máxima permitida por la Norma E.030 (0.005, Ref.5), este muro quedó en estado irreparable, aún así, fue reparado y reforzado.

Muro Reparado. Luego de la rotura diagonal se activaron las varillas GFRP, elevándose la resistencia linealmente, incluso por encima de la del muro original, a partir de la fase 7. En las fases finales se perdió la adherencia de las varillas GFRP en la zona central del muro, degradándose la resistencia, pero en menor proporción a la ocurrida en el muro original (Fig.20).

9. CONCLUSIONES

- El muro original fue sometido a derivas de hasta 0.008, que superó el límite de reparación (0.005) especificado por la Norma Sísmica E.030 (Ref.5). De este modo, la técnica de reparación no fue lo suficientemente efectiva como para recuperar la rigidez inicial y la resistencia al agrietamiento diagonal.
- La rigidez lateral inicial y la resistencia al agrietamiento diagonal recuperada en el muro reparado fue del orden del 70%, esto se debe al hecho de no poderse reparar la totalidad de las fisuras presentes en la albañilería y en las columnas, porque resultaría un proceso muy costoso y técnicamente imposible por la gran cantidad de fisuras existentes. De este modo, de aplicarse esta técnica de reparación, se sugiere acompañarla de algunas placas de concreto armado, que permitan restituir el 30% de la rigidez y resistencia al corte restante, para que los sismos moderados futuros no dañen a la estructura reparada.
- La técnica de reparación hizo que se recupere unas 5.8 veces la rigidez con la que terminó el muro original luego del ensayo de carga lateral al que fue sometido. Asimismo, la resistencia final del muro original (13.6ton en la fase 10) pudo incrementarse en 62% mediante el refuerzo utilizado en el muro reparado (22.1ton en la fase 7). Por lo tanto, se vuelve una técnica efectiva para aumentar rigidez, aunque no al 100%, y la resistencia máxima.
- La fisura de tracción por flexión en las columnas se presentaron tanto para el muro original como para el muro reparado, para derivas del orden de 0.001. La resistencia asociada a esta falla para el muro reparado fue el 79% de la correspondiente al muro original, debido a que en las columnas se repararon sólo aquellas fisuras que tuvieron más de 1.5mm de grosor.
- La capacidad de carga lateral máxima del muro pudo recuperarse mediante esta técnica de reparación. Esto se debe a que las varillas de GFRP trabajaron después del agrietamiento diagonal del muro reparado. Es decir, durante la etapa de grandes desplazamientos laterales generados por sismos severos futuros, la técnica de reparación sería eficiente.
- Luego de alcanzado la rotura diagonal, no existió variación en la rigidez de ambos muros (original y reparado), debido a que el deterioro fue similar.
- La técnica de reparación es muy fácil de aplicar por personas sin mucha experiencia en la construcción, solo es necesario algún tipo de capacitación; además, tiene un bajo costo en comparación a la construcción de un nuevo muro. Asimismo, como las varillas GFRP tienen una alta resistencia a tracción, es posible reducir la cantidad de varillas requeridas, en comparación con las varillas convencionales, lo que implica dañar en menor grado al muro en reparación y proporcionar rapidez al proceso de reforzamiento, aparte que las varillas GFRP requieren de poco recubrimiento.

10. LÍNEA FUTURA DE INVESTIGACIÓN

- a) Para comprobar la efectividad de la técnica de reparación propuesta, se propone aplicarla en situaciones menos exigentes que las existentes en este proyecto, es decir, en muros que no hayan superado el límite de reparación (deriva de 0.005, Ref.5).
- b) Analizar si la presencia del tarrajeo mejora el comportamiento del muro reparado, en cuanto a rigidez lateral inicial y carga de agrietamiento diagonal, ya que las varillas GFRP fueron efectivas después del agrietamiento diagonal. Cabe indicar que la efectividad del reforzamiento utilizado en la Ref.3, estuvo acompañada por el recubrimiento de mortero que tuvo la malla electrosoldada empleada, creciendo el grosor del muro de 13 a 20cm, en tanto que si se emplease la técnica de este proyecto, con varillas GFRP que requieren escaso recubrimiento, el grosor del muro se incrementaría de 13 a 16cm.
- c) Mejorar la conexión de la varilla GFRP con la albañilería, por ejemplo, usando grapas, a fin de evitar el desprendimiento del mortero de recubrimiento causado por el pandeo de estas varillas en las fases finales del ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Análisis comparativo del comportamiento sísmico de un muro confinado y un muro armado, ambos construidos con unidades de arcilla*. Tesis en ejecución. Por: Nancy Janampa. Pontificia Universidad Católica del Perú.
2. *Comportamiento sísmico de tabiques reforzados con varillas de fibra de vidrio*. Por: Gustavo Tumialan¹, Ángel San Bartolomé² y Antonio Nanni³. ¹Simpson Gumpertz & Heger Inc., Boston, Massachusetts, USA, ²Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, ³University of Missouri-Rolla, Rolla, Missouri, USA. Blog: <http://pucp.edu.pe/albanileria>. 2007.
3. *Reparación de un muro de albañilería confinada*. Por: Ángel San Bartolomé y Arturo Castro Morán. Blog: <http://pucp.edu.pe/albanileria>. 2007.
4. *Norma Técnica E.070, "Albañilería"*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. SENCICO, 2006.
5. *Norma Técnica E.030, "Diseño Sismorresistente"*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. SENCICO, 2006.