

## **CAPÍTULO V**

### **TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO DE MAMPOSTERÍA**

#### **RESUMEN**

Luego de determinar que la fracturación de la mampostería es uno de los problemas más frecuentes durante los sismos y el que causa más pérdidas humanas, se proponen en este capítulo, cinco alternativas de reforzamiento de la mampostería.

Se presentan las principales ventajas constructivas y mecánicas de cada una de las técnicas y se hace referencia a varias investigaciones internacionales realizadas sobre el tema.

Finalmente, se hace una aplicación de las técnicas de reforzamiento en el Ecuador y se determina cuál de ellas es la que mejor se adapta a nuestros materiales y técnicas constructivas.

## **5.1 INTRODUCCIÓN**

Como se analizó en el capítulo anterior, uno de los daños más comunes en las estructuras durante los sismos es la fracturación o falla de la mampostería, pues constituye un elemento muy vulnerable ante las cargas sísmicas coplanares y fuera del plano lo que ocasiona, la mayoría de veces, el colapso total de la estructura, pues por lo general la mampostería está trabajando como parte del sistema soportante del edificio.

Este comportamiento es muy común cuando una estructura que ha sido diseñada sin considerar la interacción tabique – pórtico, se construye con la albañilería acoplada a las vigas y columnas, por lo tanto el incremento considerable de la rigidez del pórtico (a causa de la mampostería), hace que el sistema absorba fuerzas sísmicas mayores que aquellas para las que fue diseñado, entonces es normal pensar y esperar que la mampostería falle.

Es necesario e importante entonces, desarrollar estrategias preventivas de reforzamiento de la albañilería para edificaciones ya construidas; por lo que, desde hace algunos años se han realizado, en varios países, diferentes estudios y ensayos de laboratorio con modelos a escala que han permitido obtener varias técnicas de reforzamiento.

Estas técnicas aportan mayor capacidad de carga a la estructura y disminuyen su vulnerabilidad sísmica, y se caracterizan por dar ductilidad a la mampostería, mantener la resistencia de la unidad estructural y reducir casi por completo las fallas frágiles y explosivas que se presentan comúnmente en estos elementos durante un sismo.

## **5.2 REFORZAMIENTO CON MALLA ELECTROSOLDADA**

### **5.2.1 Descripción de la técnica**

La técnica consiste en encamisar ambos lados de la mampostería con malla electrosoldada en franjas verticales y horizontales (simulando columnas y

vigas), interconectadas entre sí con alambre que atraviesa la pared a través de perforaciones para luego recubrirla con mortero en proporción volumétrica cemento - arena fina 1:4.

Cuando se tienen edificaciones de un solo piso, no es necesario colocar malla electrosoldada en toda la superficie de la mampostería, es suficiente con reforzar las esquinas o encuentros entre muros y la parte superior de las paredes.

La utilización de malla electrosoldada para reforzar la mampostería permite obtener mayor resistencia del elemento no estructural y disminuir la falla frágil por corte.

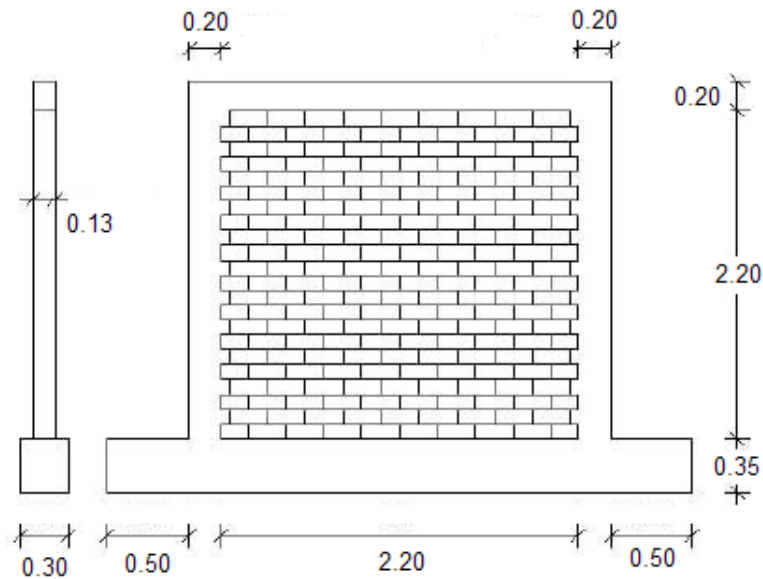
### 5.2.2 Investigaciones realizadas

Varios países de América del Sur han realizado estudios y ensayos de laboratorio con esta técnica de reforzamiento de la mampostería. Entre las investigaciones más importantes encontramos las efectuadas por la Pontificia Universidad Católica del Perú y Universidad Javeriana de Bogotá.

En el primer caso, los peruanos propusieron reforzar con malla electrosoldada un muro de mampostería de ladrillo que previamente había fallado por fuerza cortante. Para esto, tomaron un muro de albañilería de 2.60m de longitud por 2.40m de altura y 13cm de espesor (Figura 5.1) y lo ensayaron a carga lateral cíclica en 7 fases con desplazamiento lateral controlado  $D_o$  (Tabla 5.1) hasta obtener la falla de corte como lo indica la Figura 5.2.

**Tabla 5.1** Fases del ensayo de carga lateral cíclica

<b>Fase</b>	1	2	3	4	5	6	7
$D_o$ [mm]	0.5	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
<b>Ciclos</b>	1	1	2	2	2	2	2



**Figura 5.1** Características geométricas del muro de albañilería reforzado con malla electrosoldada



**Figura 5.2** Falla de corte del muro de ladrillo ante carga lateral cíclica <sup>39</sup>

Antes de reforzar la mampostería con la malla, rellenaron las fisuras gruesas con mortero 1:3, reemplazaron los ladrillos triturados con hormigón simple y recubrieron la superficie de ambos lados con mortero 1:4. Posteriormente perforaron el muro con un cincel de ¼" cada 4cm y encamisaron ambos lados de la pared con malla electrosoldada de 4.5mm de diámetro espaciadas a 15cm, colocaron los conectores de alambre #8 a través de las perforaciones y los enlazaron a la malla con alambre #16, las perforaciones se rellenaron mediante inyección de mortero 1:3. Finalmente

<sup>39</sup> Reparación de un muro de albañilería confinada, A. San Bartolomé y A. Castro

recubrieron el muro con mortero 1:4, obteniendo un espesor final de 1cm. (Figura 5.3)



**Figura 5.3** Proceso de reforzamiento de mampostería con malla electrosoldada<sup>40</sup>

Una vez reparado y reforzado el muro de mampostería con malla electrosoldada, efectuaron el mismo ensayo de carga lateral cíclica bajo las mismas condiciones con que se ensayó el muro original, pero con dos fases adicionales a las indicadas en la Tabla 5.1 (Fase 8:  $D_o = 15.0\text{mm}$  y Fase 9:  $D_o = 17.5\text{mm}$ , con 3 ciclos cada una). Luego de la novena fase, el muro fue sometido a un movimiento armónico con una frecuencia de 1Hz y un desplazamiento máximo de 10mm.

La malla electrosoldada no permitió que el muro de mampostería de ladrillo fallara por corte, pero sí presentó un patrón de fallas por flexión (Figura

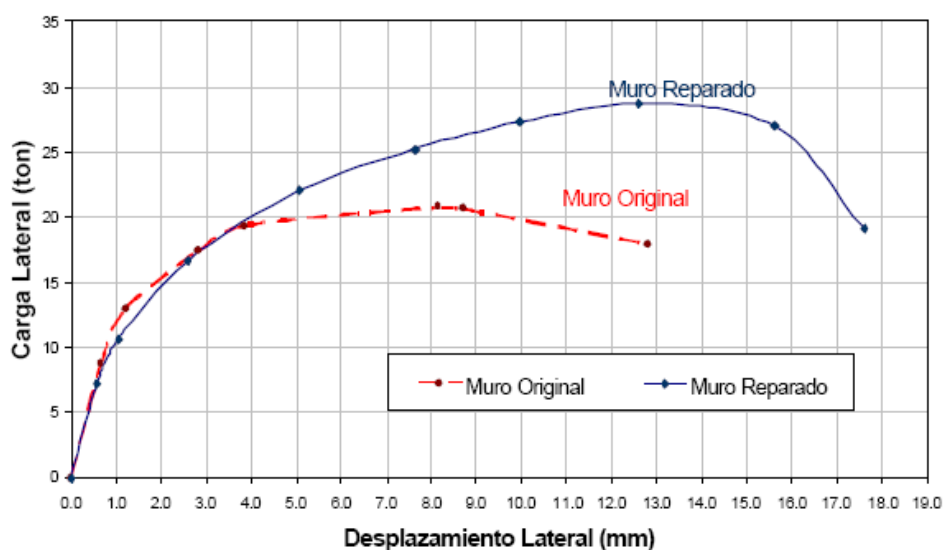
<sup>40</sup> Reparación de un muro de albañilería confinada, A. San Bartolomé y A. Castro

5.4), varias fisuras en la base de las columnas y falla por deslizamiento en la base del muro.



**Figura 5.4** Muro reforzado con malla electrosoldada luego del ensayo de carga lateral cíclica<sup>41</sup>

En la Figura 5.5 se puede observar el incremento de la resistencia del muro reforzado con malla electrosoldada con relación al original. Mientras que el muro no reforzado empezó a fallar a partir de 9mm de desplazamiento, el muro reforzado lo hizo a partir de 14mm, esto demuestra la eficacia de la técnica aplicada.

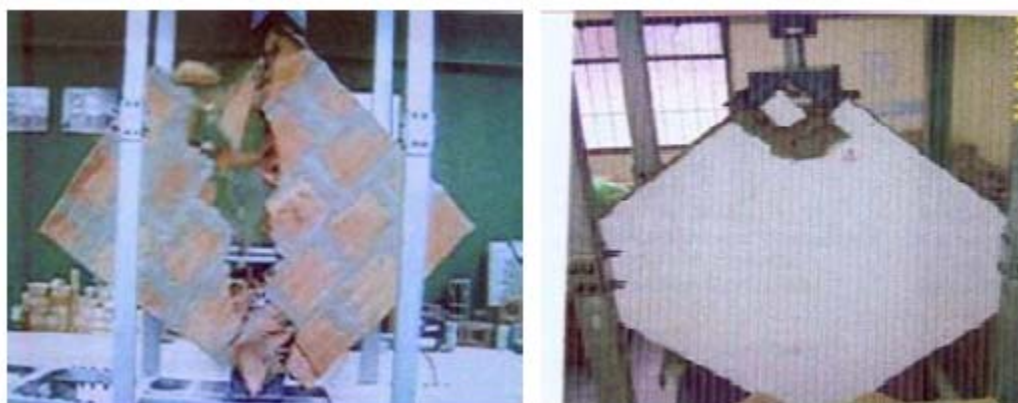


**Figura 5.5** Envoltente de carga lateral máxima<sup>42</sup>

<sup>41</sup> y <sup>42</sup> Reparación de un muro de albañilería confinada, A. San Bartolomé y A. Castro

En este estudio se determinó también que la utilización de malla electrosoldada incrementa la resistencia a la tracción diagonal  $R_t$  hasta en un 40%. Además, se determinó que esta técnica podría ser aplicada en edificaciones construidas con mampostería de ladrillos huecos, pues la malla cierra las fisuras del muro y evita la trituración de las unidades de albañilería, en especial en su zona central.

En cuanto a los estudios realizados en Colombia, se demostró que los muros de mampostería no estructural sin refuerzo desarrollan una resistencia mucho menor que aquellos reforzados con malla electrosoldada. Los resultados de su trabajo en laboratorio se pueden apreciar en la Figura 5.6, donde ambos muros fueron sometidos al mismo tipo y magnitud de carga.



**Figura 5.6** Comportamiento de un muro de mampostería no estructural sin refuerzo y con refuerzo de malla electrosoldada<sup>43</sup>

### 5.3 REFORZAMIENTO CON LÁMINAS DE FCRP

#### 5.3.1 Descripción de la técnica

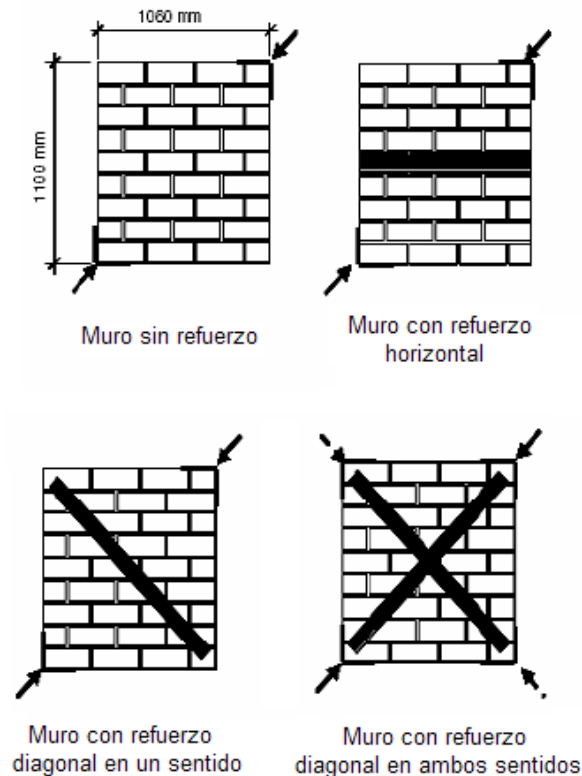
El FCRP (Fibra de Carbón Reforzada con Polímeros) es un material hecho de fibras de alta resistencia (vidrio o carbón) entretejidas a una matriz de resina de polímeros.

---

<sup>43</sup> Rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera, M. Molano y A. Serrano

La técnica de reforzamiento con FCRP consiste en lanzar chorros de arena a la superficie del muro, de tal forma que la superficie quede áspera y la lámina se adhiera a la mampostería.

La Figura 5.7 muestra las tres maneras como pueden disponerse las láminas de FCRP en la mampostería.



**Figura 5.7** Disposición de las láminas FCRP en los muros de mampostería<sup>44</sup>

Esta técnica de reforzamiento de mampostería de ladrillo permite que la tela o lámina de FCRP absorba los esfuerzos de tensión ocasionados durante el sismo y disminuya los esfuerzos de corte que soporta el muro.

### 5.3.2 Investigaciones realizadas

Los países de América que aplican esta técnica de reforzamiento de mampostería son Chile y Canadá.

<sup>44</sup> Rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera, M. Molano y A. Serrano



Las investigaciones que se han realizado sobre este tipo de reforzamiento han demostrado que el uso de FCRP aumenta la rigidez de los muros y disminuye el espesor y extensión de las fisuras gruesas, por lo tanto se presentan menos fallas frágiles por corte.

Asimismo se ha comprobado que es mejor colocar las láminas de FCRP de forma diagonal, pues reduce considerablemente los esfuerzos cortantes y puede incrementarse la resistencia del conjunto mampostería – FCRP hasta en un 70%.

Sin embargo, esta técnica presenta un gran inconveniente, pues cuando los muros de mampostería son sometidos a grandes esfuerzos de compresión, se produce el desprendimiento de las láminas de FCRP. (Figura 5.8)



**Figura 5.8** Desprendimiento de las láminas de FCRP<sup>45</sup>

## 5.4 REFORZAMIENTO CON VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO

### 5.4.1 Descripción de la técnica

El reforzamiento de mampostería con varillas de vidrio es una técnica viable, no sólo por sus propiedades mecánicas sino también desde el punto de vista estético y económico, pues sus características permiten mantener el

---

<sup>45</sup> Rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera, M. Molano y A. Serrano

espesor original de la pared y presenta resistencia alta a la corrosión. Además, su costo de instalación es bajo.

A diferencia de la técnica anterior, la utilización de varillas de fibra de vidrio no requiere preparar la superficie por métodos abrasivos, pues las varillas se colocan en el interior de las juntas horizontales.

El proceso constructivo abarca los siguientes pasos: en primer lugar se debe hacer una ranura a lo largo de las juntas horizontales (mortero) de la mampostería y quitar el polvo con aire comprimido, luego se aplica una capa de epóxico (pega), se coloca la varilla en la junta y finalmente se enrasa el epóxico. (Figura 5.9).



**Figura 5.9** Proceso de reforzamiento de mampostería con varillas de fibra de vidrio <sup>46</sup>

Una de las características principales de las varillas de fibra de vidrio que se utilizan para el reforzamiento de mampostería es que están recubiertas con una capa de arena fina que permite mejorar la adherencia entre el mortero de la pared con la pasta de epóxico.

#### **5.4.2 Investigaciones realizadas**

Los estudios experimentales de reforzamiento de mampostería con varillas de fibra de vidrio que se presentan a continuación fueron realizados en el 2002 por los investigadores norteamericanos Gustavo Tumialan y Antonio

---

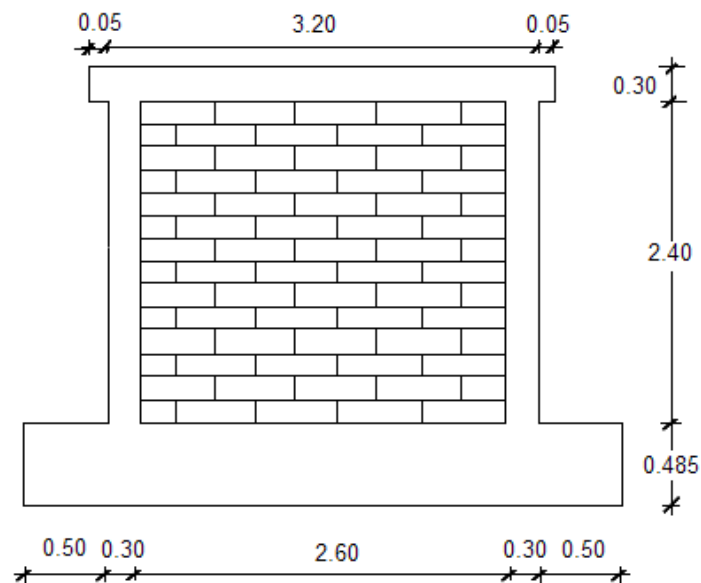
<sup>46</sup> Comportamiento sísmico de tabiques reforzados con varillas de fibra de vidrio, G. Tumialan, A. San Bartolomé y A. Nanni

Nanni y el investigador peruano Ángel San Bartolomé, quienes evalúan el comportamiento de cuatro especímenes a escala natural (Tabla 5.2) ante carga lateral cíclica coplanar.

Las dimensiones del pórtico y los tabiques se presentan en la Figura 5.10. El espesor de la mampostería fue 14cm y las varillas de vidrio utilizadas fueron de ¼ " (diámetro = 6.25mm).

**Tabla 5.2** Descripción de los especímenes con varilla de fibra de vidrio

Especimen	Descripción
RC-F	Pórtico sin tabique
IM1	Tabique no reforzado
IM2	Tabique reforzado con varillas de fibra de vidrio de ¼" no ancladas
IM3	Tabique reforzado con varillas de fibra de vidrio de ¼" ancladas al pórtico



**Figura 5.10** Características geométricas del muro de albañilería reforzado con varillas de fibra de vidrio

Cada espécimen fue ensayado en 8 fases de desplazamiento controlado: 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0 y 18.0mm. Para el pórtico sin mampostería (RC-F), la primera fisura se presentó en una de las columnas en la tercera fase (5.0mm) y, al llegar a la octava fase (18.0mm), esta fisura

alcanzó casi 100cm desde la base de la columna y 60cm en las vigas desde las caras de las columnas, sin embargo las fisuras no afectaron la sección transversal de los elementos estructurales.

En la octava fase, los tabiques IM1 e IM2 presentaron fisuras a lo largo de toda la columna y en los nudos. La Figura 5.11 muestra el espécimen IM2 al finalizar el ensayo.

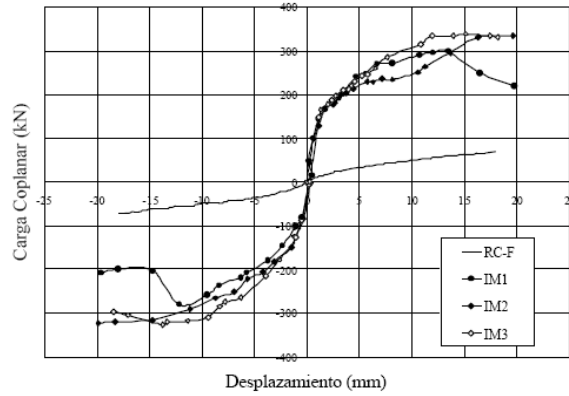


**Figura 5.11** Fisuración del espécimen IM2 luego del ensayo de carga lateral cíclica coplanar <sup>47</sup>

En la Figura 5.12 muestra la envolvente carga lateral vs. desplazamiento de los 4 especímenes ensayados. Se puede apreciar que la capacidad resistente del espécimen no reforzado IM1 empieza a decrecer cuando el desplazamiento está en 12.5mm. Para 18.0mm, la diferencia en la resistencia entre los especímenes reforzados IM2 e IM3 y el no reforzado IM1 es aproximadamente 50%. Este comportamiento demuestra que los tabiques reforzados no pierden capacidad de carga gracias a las varillas de fibra de vidrio.

---

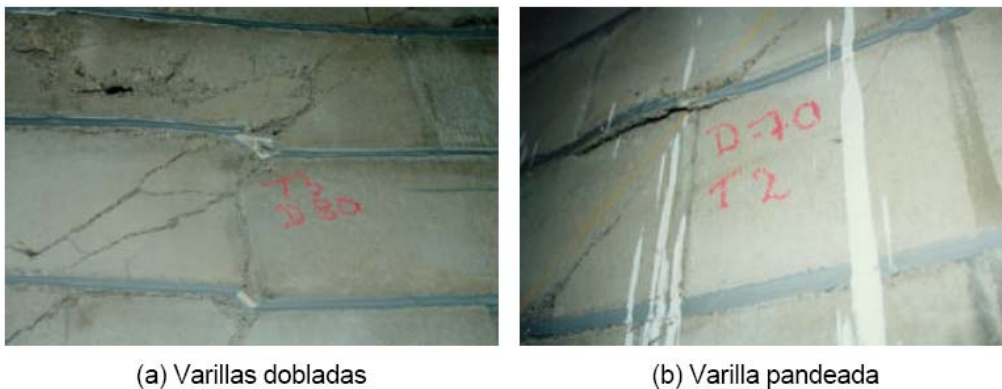
<sup>47</sup> Comportamiento sísmico de tabiques reforzados con varillas de fibra de vidrio, G. Tumialan, A. San Bartolomé y A. Nanni



**Figura 5.12** Envoltente carga lateral – desplazamiento <sup>48</sup>

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.

También se realizaron ensayos de simulación sísmica perpendicular al plano y de carga lateral monotónica; con el primero se pudo determinar que los muros de mampostería reforzados con esta técnica no necesitaban refuerzo por flexión, mientras que con el segundo se comprobó que al someter la albañilería a cargas transversales al plano, los tabiques podrían haber colapsado, pues las fisuras diagonales que se presentaron ocasionaron que las varillas de fibra de vidrio se doblaran y se pandearan (Figura 5.13).



**Figura 5.13** Fallas en las varillas de fibra de vidrio <sup>49</sup>

<sup>48 y 49</sup> Comportamiento sísmico de tabiques reforzados con varillas de fibra de vidrio, G. Tumialan, A. San Bartolomé y A. Nanni

## **5.5 REFORZAMIENTO CON MALLAS DE POLÍMERO**

### **5.5.1 Descripción de la técnica**

El reforzamiento de mampostería de ladrillo con mallas de polímero es similar al reforzamiento con malla electrosoldada, en cuanto al proceso constructivo y colocación de la malla se refiere.

Esta técnica se caracteriza por convertir el comportamiento sísmico frágil de la albañilería en un sistema de disipación de energía que permite que la mampostería resista sin problema las fuerzas sísmicas.

Las aberturas triangulares de la malla de polímero ayudan a distribuir las fisuras en ambas direcciones diagonales, por ende amortiguan los picos de daño. Además disminuye la fragilidad de los muros simples, pues la malla incrementa el comportamiento dúctil de la mampostería.

Otra ventaja en la utilización de mallas de polímero es que la flexibilidad que éstas tienen, provee continuidad en las esquinas, pues puede ser colocada de forma continua. Sin embargo hay que tener cuidado de traslapar lo suficiente las mallas con los elementos de hormigón armado.

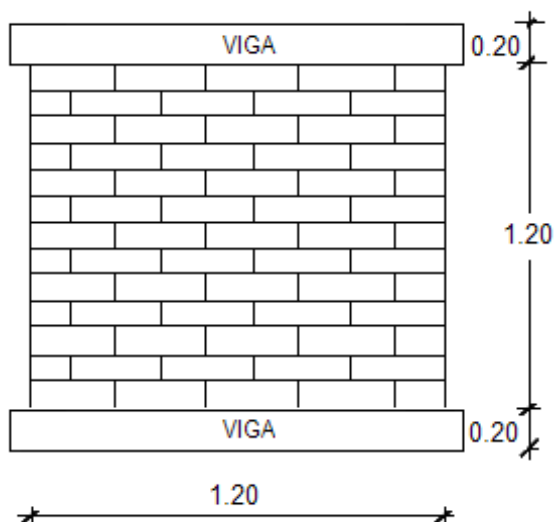
### **5.5.2 Investigaciones realizadas**

Para analizar el comportamiento de los muros de mampostería reforzados con mallas de polímero, se estudian los ensayos realizados por el profesor Daniel Torrealva de la Pontificia Universidad Católica de Perú.

Él propone para su investigación ensayar 12 paneles cuadrados de 1.20 por 1.20m y 22cm de espesor, ante cargas cíclicas de corte en el plano; estos paneles se dividieron en tres grupos: 4 paneles de albañilería simple, 4 paneles con un recubrimiento de 2mm de mortero a ambos lados y 4 paneles reforzados con malla de polímero.

Con el objeto de transmitir las cargas verticales y horizontales en los paneles y para servir de soporte, en la base y en la parte superior de cada panel se construyeron vigas de hormigón armado de 22x20cm. (Figura 5.14).

Las juntas horizontales y verticales dejadas entre las unidades de albañilería fueron de 15mm. Las mallas de polímero usadas como refuerzo se anclaron a los paneles usando conectores de acero separados 40mm horizontal y verticalmente (Figura 5.15).



**Figura 5.14** Características geométricas del muro de albañilería reforzado con malla de polímeros



**Figura 5.15** Detalle de la aplicación de las mallas de polímero en la mampostería<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Refuerzo de muros y tabiques de albañilería con mallas de polímero, D. Torrealva.

El mortero utilizado tanto para los 4 muros reforzados como para los 4 muros sin refuerzo fue una mezcla de cemento, cal y arena gruesa en proporción de 1:1:5. La figura 5.16 muestra la colocación del mortero en los muros reforzados con la malla de polímero. Nótese que ambas vigas de soporte ya están terminadas antes de la colocación de la capa de mortero.



**Figura 5.16** Muros reforzados con malla de polímero a ser ensayados a cargas cíclicas de corte en el plano.<sup>51</sup>

En todos los paneles ensayados a carga cíclica de corte, aparecieron grietas en su base producidas por el efecto de momento de flexión en el plano que la carga vertical no puede contrarrestar. También se logró obtener, en 11 de 12 ensayos, el modo de falla con grietas diagonales de corte.

Para la comparación de resultados, se seleccionaron un panel de cada tipo. La Tabla 5.3 muestra la descripción del panel, y la carga horizontal máxima alcanzada durante las pruebas.

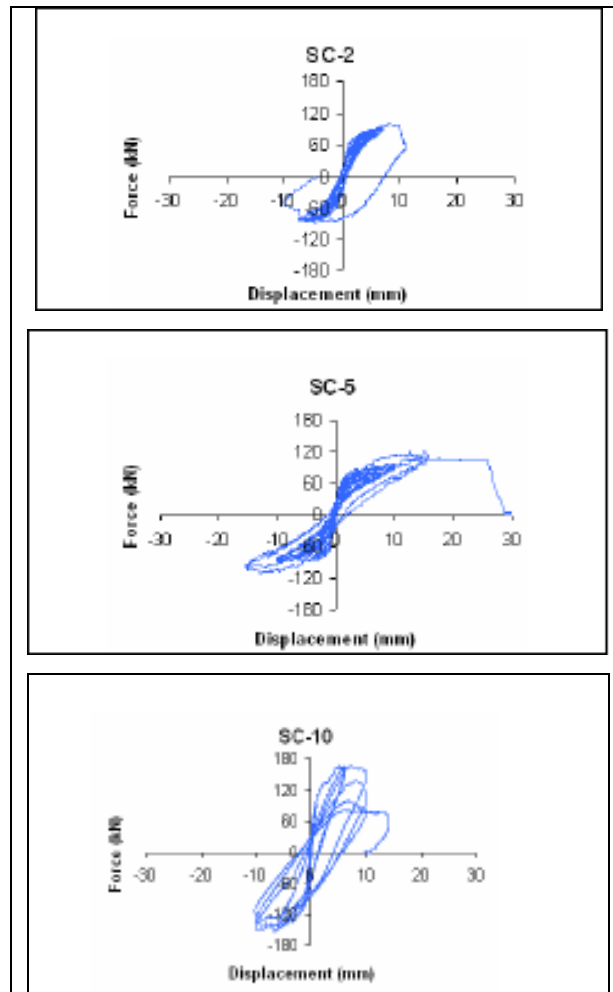
**Tabla 5.3** Carga lateral máxima de los muros reforzados con malla de polímero

Panel	Descripción	Carga Lateral Máxima [kN]
SC – 2	Muro sin refuerzo	98
SC – 5	Muro recubierto con mortero	120
SC – 10	Muro reforzado con malla de polímero	175

<sup>51</sup> Refuerzo de muros y tabiques de albañilería con mallas de polímero, D. Torrealva.



La Figura 5.17 presenta las curvas fuerza vs. desplazamiento de cada tipo de panel ensayado. Se puede observar que la curva correspondiente al panel reforzado con malla de polímero SC – 10 presenta lazos histeréticos que encierran una mayor área que los otros dos tipos, lo que implica una mayor disipación de energía.



**Figura 5.17** Curvas Fuerza vs. Desplazamiento de los paneles ensayados con malla de polímero<sup>52</sup>

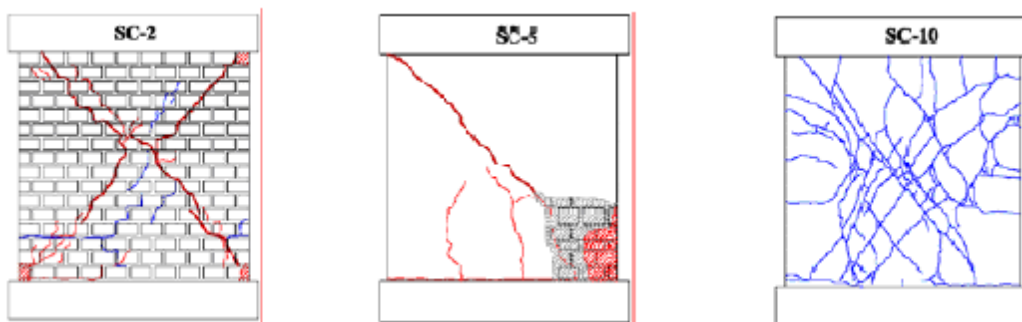
La Tabla 5.4 indica los desplazamientos y fuerzas laterales en que aparecieron las primeras fisuras y grietas diagonales en los paneles. El muro reforzado con malla de polímero no presentó grietas.

<sup>52</sup> Refuerzo de muros y tabiques de albañilería con mallas de polímero, D. Torrealva.

**Tabla 5.4** Aparición de fisuras y grietas en los paneles ensayados

Panel	Fisuras		Grietas
	Desplazamiento [mm]	Fuerza [kN]	Desplazamiento [mm]
SC – 2	+/- 2	70	+/- 10
SC – 5	+/- 2	100	+/- 15
SC – 10	+/- 5	120	- -

La Figura 5.18 muestra el patrón de fisuras y grietas presentadas en cada uno de los casos. De la misma forma, para el caso del panel SC – 10, se observa que el refuerzo distribuye el daño en varias fisuras finas en ambas direcciones diagonales y no ocasiona una sola grieta ancha como sucede con los muros no reforzados. La grieta producida en la parte inferior derecha del panel SC – 5, ocasionó el desprendimiento del recubrimiento de mortero.

**Figura 5.18** Patrón de grietas de los paneles ensayados con malla de polímero<sup>53</sup>

La conclusión más importante a la que se llegó con esta investigación de muros de mampostería de ladrillo reforzados con mallas de polímero fue que los paneles simples y sin refuerzo muestran fisuras limpias aproximadamente a lo largo de una o dos diagonales del panel mientras que los paneles reforzados están caracterizados por una malla de grietas dispersas. Este resultado, sugiere que para el colapso del panel se requiere de la formación de un gran número de superficies de falla con un valor más alto de resistencia última y de disipación de energía<sup>54</sup>.

<sup>53</sup> y <sup>54</sup> Refuerzo de muros y tabiques de albañilería con mallas de polímero, D. Torreálva.

## 5.6 REFORZAMIENTO CON CABLES

### 5.6.1 Descripción de la técnica

Esta técnica de reforzamiento 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 (Figura 5.19).



**Figura 5.19** Reforzamiento de mampostería con cables<sup>55</sup>

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.

Entre las principales ventajas de utilizar cables para reforzar la albañilería están la flexibilidad arquitectónica, bajo costo, rápida construcción, durabilidad y ninguna pérdida de espacio importante.

### 5.6.2 Investigaciones realizadas

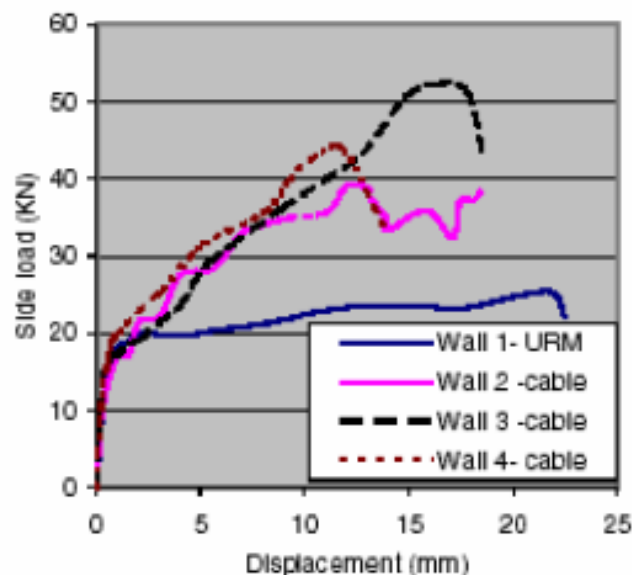
Esta técnica es mayormente utilizada en Canadá y Australia, donde los estudios realizados se han encaminado básicamente a comparar el

---

<sup>55</sup> Rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera, M. Molano y A. Serrano

comportamiento de muros no reforzados y reforzados ante carga lateral cíclica, llegando a la conclusión de que la utilización de cables permite a los muros reforzados desarrollar una resistencia última de casi el doble que aquellos sin refuerzo (Figura 5.20), además obtienen mayor ductilidad, rigidez y capacidad de disipar energía.

Las investigaciones sobre esta técnica han demostrado también que los muros reforzados con este sistema se convierten en una nueva estructura donde los cables absorben el 50% de la carga aplicada sobre los modelos, aumentando la resistencia y disminuyendo las deformaciones del mismo<sup>56</sup>.



**Figura 5.20** Curvas Fuerza vs. Desplazamiento de muros de mampostería reforzados con cables<sup>57</sup>

## 5.7 APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO DE MAMPOSTERÍA EN EL ECUADOR

La mayor parte de edificaciones de hormigón armado en nuestro país han sido construidas con la mampostería acoplada a las columnas por medio

<sup>56</sup> Seismic retrofitting of unreinforced masonry walls by cable system, S. Chuang, Y. Zhuge, P.C. McBean.

<sup>57</sup> Rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera, M. Molano y A. Serrano

de chicotes; sin embargo, es prácticamente nula la cantidad de estas edificaciones que fueron diseñadas considerando la interacción tabique – pórtico, por no decir que ninguna lo fue.

No se conoce de investigaciones realizadas en el Ecuador sobre el reforzamiento de mampostería, por lo tanto, lo mejor es utilizar aquellas técnicas que se ejecutan en países con características similares tanto de los materiales como constructivas, como son Perú y Colombia.

Pero también hay que considerar el factor económico y la disponibilidad de materiales, además de la capacitación de la mano de obra para realizar el reforzamiento de las estructuras.

Desde este punto de vista, para empezar a crear una cultura preventiva de daños ante los terremotos, se recomienda utilizar el reforzamiento de la mampostería con malla electrosoldada y posteriormente aplicar otras técnicas como las varillas de fibra de vidrio o las mallas de polímero, hasta realizar investigaciones con nuestros materiales y nuestras técnicas constructivas que nos permitan determinar cuál es la técnica más óptima para nuestro medio.

## **5.8 DISEÑO DE ESTRUCTURAS CON MAPOSTERÍA REFORZADA**

En primera instancia se indicó que las técnicas de reforzamiento de mampostería servían para edificaciones ya construidas, no obstante, en el diseño de las estructuras se puede prever su colocación para obtener mayor ductilidad.

Varias investigaciones sobre el diseño de estructuras con mampostería acoplada sugieren que el reforzamiento de los tabiques no sea considerado en el cálculo, pues el aporte de rigidez no es significativo, sino que el refuerzo empieza a trabajar una vez que la mampostería se fractura. En este caso, se

recomienda trabajar con un módulo de elasticidad y un módulo de corte iguales a los de la mampostería sin refuerzo ( $E_m$  y  $G_m$ ).

De esta forma, se logra un diseño conservador que disminuya los daños en las edificaciones y evite el colapso de las estructuras a causa de la falla de la mampostería durante los sismos.