

Albañilería Armada Construida con Bloques de Concreto Vibrado

Por: Angel San Bartolomé, Pilar Rider, Karla Gutiérrez, Sandro Velásquez y Eduardo Quintanilla
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

RESUMEN

Con el objeto de definir procedimientos constructivos complementarios que permitan mejorar el comportamiento sísmico de las edificaciones estructuradas por muros de albañilería armada construidos con bloques de concreto vibrado, se efectuaron ensayos de carga lateral cíclica en 8 muros, variándose: la disposición del refuerzo vertical, la técnica de asentado y el tratamiento del muro antes y después de vaciar el concreto fluido. Los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Católica, con el apoyo financiero de SENCICO.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente las edificaciones cuyos muros estructurales son hechos de albañilería armada con bloques de concreto vibrado tienen la siguiente secuencia constructiva:

- Se construye la cimentación dejando espigas verticales de acero distribuidas a lo largo del eje del muro. Estas espigas sobresalen una longitud igual a 60 veces el diámetro de la barra (Db).
- Se construye la albañilería en 2 jornadas de trabajo. En este proceso, los bloques, que previamente se limpian de partículas sueltas, se asientan en su estado natural (secos). Asimismo, los desperdicios de mortero que caen por el interior de las celdas de los bloques se eliminan a través de las ventanas de limpieza ubicadas en los bloques de la primera hilada.
- Se insertan las barras verticales a través de las celdas, traslapándolas con las espigas.
- Se vacía el concreto fluido (grout) en dos capas, compactándolo con una barra lisa.
- Se construye el techo y luego se repite el proceso para el piso inmediato superior.

En este proceso, los bloques de concreto no pueden regarse, tal como se acostumbra hacerlo para los ladrillos de arcilla, debido a que se expandirían para luego contraerse cuando se secan, lo que produciría fisuras en el muro. Sin embargo, los bloques generalmente presentan una succión similar a los ladrillos de arcilla industriales, por lo que cuando se asientan secos absorben rápidamente el agua del mortero, endureciéndolo, lo que hace que la adherencia bloque-mortero disminuya y que el cemento del mortero no tenga el agua suficiente que permita hidratarlo. Este problema se trató de resolver en este proyecto humedeciendo las superficies de asentado del bloque con una brocha con agua instantes antes de asentarlos, y pasando una brocha con agua sobre las juntas de mortero tres horas después de haber construido la albañilería (muro M2).



Por otro lado, al no curarse los muros y al vaciarse el grout en el interior de las celdas secas, hace que el grout pierda agua contrayéndose y separándose tanto de las barras de acero como de los bloques, por lo que este problema se trató de superar regando las celdas antes de vaciar el grout (muro M3) y curando al muro inmediatamente después del vaciado (muro M4) durante una semana, regándolo una vez al día. Cabe mencionar que algunos códigos extranjeros especifican el uso de aditivos que eviten la contracción del grout.



Adicionalmente, el primer piso de un edificio es el más solicitado

sísmicamente, sin embargo, allí se acostumbra traslapar el 100% de las barras verticales con las espigas que nacen de la cimentación (muro M5). Estos traslapes congestionan las celdas pudiendo crear cangrejas en el grout, asimismo, crean un plano de debilidad en la zona donde terminan las espigas y también las barras verticales se insertan a ciegas pudiendo no guardar la verticalidad necesaria. Este problema puede resolverse empleando refuerzo vertical continuo (muro M1), al menos en el primer piso, pero no se acostumbra hacerlo debido a que habría que insertar los bloques desde un punto elevado. Para superar este problema se plantea: empalmar las varillas alternadamente en distintas secciones transversales (muro M6) y usar refuerzo vertical continuo, pero, para facilitar el asentado se recortaron las almas extremas de los bloques formando una H (muro M8).



Finalmente, la mayoría de códigos extranjeros especifican distribuir el refuerzo vertical a lo largo del muro; sin embargo, en proyectos anteriores ha podido observarse que el uso de esa técnica hace que las fisuras horizontales por flexión se expandan hacia el interior del muro, transformándose en fallas de deslizamiento, las cuales son peligrosas por crear excentricidades de la carga axial. En este proyecto se trató de evitar esa forma de falla concentrando la mayor parte del refuerzo vertical en los extremos del muro (muros M7 y M8), para que el giro del muro se vea limitado, lo que también debe reducir el aplastamiento de los talones.



2. OBJETIVO

El objetivo que se busca en este proyecto es definir procedimientos constructivos complementarios que permitan mejorar el comportamiento sísmico de las edificaciones estructuradas por muros de albañilería armada construidos con bloques de concreto vibrado.

3. PARÁMETROS ANALIZADOS

Tomando como patrón de comparación a la técnica tradicional de construcción, con la única diferencia que se utilizó un refuerzo vertical continuo, se analizó la influencia de los siguientes parámetros sobre el comportamiento sísmico de la albañilería armada:

1. Disposición del refuerzo vertical.
2. Tratamiento del muro antes y después de vaciar el grout.
3. Técnica de asentado del bloque de concreto vibrado.

En la técnica constructiva tradicional se utilizan espigas que posteriormente se empalman con el refuerzo vertical, sin embargo, en el muro adoptado como patrón de comparación (M1) y en el resto de muros, con excepción de aquellos donde se estudia específicamente el empalme del refuerzo vertical (M5 y M6), se utilizó refuerzo vertical continuo, ya que de producirse fallas por traslape durante los experimentos no podría estudiarse los parámetros 2 y 3 propuestos. Adicionalmente, de producirse una falla por flexión tampoco podría estudiarse los parámetros planteados, por lo que se trató de inducir una falla por corte en los muros, para lo cual se utilizó un refuerzo vertical importante. Cabe mencionar que en las edificaciones reales predomina la falla por corte, pero en el caso de los muros a ensayar (en perfecto voladizo) no se está considerando la influencia de varios parámetros que hacen que se desarrolle la falla por corte (la carga vertical, los muros transversales, los dinteles, la losa, la interacción suelo-muro, etc.).

4. FIJACIÓN DE PARÁMETROS

Los parámetros que permanecieron constantes en este proyecto fueron:

- La calidad del bloque. Se utilizó bloques para muros portantes, fabricados en forma industrial, con una resistencia característica a compresión sobre área bruta: $f'_b = 67 \text{ kg/cm}^2$.
- La calidad del mortero. Se utilizó mortero en proporción volumétrica cemento: cal: arena gruesa 1: $\frac{1}{2}$: 4, preparado en mezcladora, con un tiempo máximo de uso de 1 hora, en este lapso el mortero se reempló. La cal fue hidratada y normalizada; el uso de la cal es imprescindible cuando los bloques se asientan secos para mejorar la retentividad del mortero.
- La calidad de la mano de obra. Esta fue calificada y cada muro se construyó en 2 jornadas.
- El tipo de aparejo. El aparejo empleado fue de soga, con un espesor de 14 cm.
- Las juntas tradicionales de mortero. La junta horizontal abarcó los bordes longitudinales de los bloques y como junta vertical se utilizó cintas de mortero aplicadas en cada borde del bloque. Ambas juntas tuvieron 1 cm de espesor.
- La geometría del muro: $L = 2.4 \text{ m}$, $h = 2.2 \text{ m}$, $t = 0.14 \text{ m}$.
- La viga solera (20 x 20 cm). El concreto tuvo una resistencia $f'_c = 190 \text{ kg/cm}^2$ y el refuerzo estuvo compuesto por $4 \phi 3/8''$, estribados por $[\] \frac{1}{4}''$, $1 @ 5$, $4 @ 10$, $r @ 25 \text{ cm}$.
- La limpieza de las celdas antes de vaciar el grout. Se utilizó aire comprimido.
- El grout de relleno. Se utilizó concreto con piedra de $\frac{1}{4}''$ (confitillo), en proporción volumétrica cemento-arena-piedra: 1: $2\frac{1}{2}$: $1\frac{1}{2}$ con 10" de slump y con una resistencia $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$. El vaciado se realizó hasta alcanzar la mitad inferior de las celdas de la última hilada. Este vaciado se hizo en 2 capas compactando el grout con una barra de acero liso de $\frac{1}{2}''$, la segunda capa se llenó luego de transcurrir $\frac{1}{2}$ hora de haberse vaciado la primera mitad del muro. El grout fue re-compactado luego de 5 minutos de haberse vaciado cada capa.
- La cuantía del refuerzo horizontal. Se utilizó refuerzo corrugado de $3/8'' @ 40 \text{ cm}$ (cuantía = 0.126%), esta cuantía es mínima con el objeto de buscar la falla por corte.
- El área de acero vertical total (12 cm^2 , cuantía total = 0.36%). Ver las figuras 1 y 2.

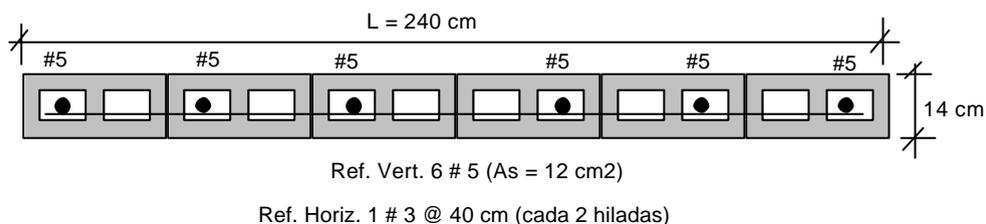


Fig.1. Refuerzo vertical distribuido en los muros M1, M2, M3, M4, M5 Y M6.

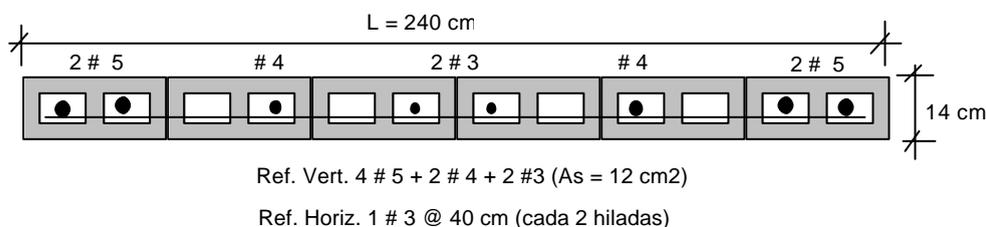
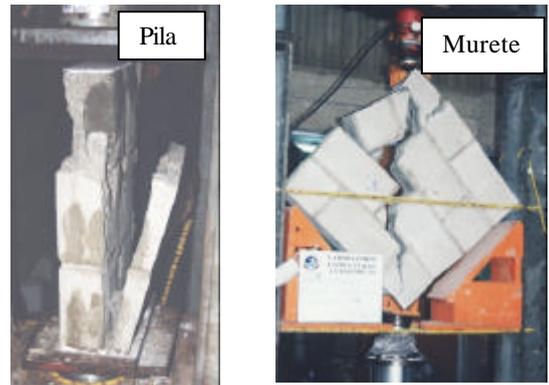


Fig.2. Muros M7 y M8 con mayor concentración del refuerzo vertical en los extremos.

Para determinar la calidad de la albañilería, se efectuaron ensayos de compresión axial en 4 pilas y de compresión diagonal en 4 muretes. Los prismas fueron construidos con la técnica empleada en el muro M1 y estuvieron rellenos con grout. Las resistencias características obtenidas fueron:

$f'm$ (pilas) = 97 kg/cm², $v'm$ (muretes) = 12.6 kg/cm².
 Luego de realizar los ensayos, en las pilas se notó escasa adherencia entre el grout y los bloques, mientras que en los muretes se observó que el grout no había penetrado en el espacio existente entre las cintas verticales de mortero, así como una escasa adherencia entre el mortero y los bloques.



5. RESUMEN DE ESPECIMENES

En la Tabla 1 y en las figuras 3 a 6, se presenta los especímenes analizados en este proyecto.

Tabla 1. RESUMEN DE ESPECIMENES

Muro	Asentado	Vaciado del Grout	Curado	Refuerzo Vertical	Traslape
M1	Bloque Seco	Celdas Secas	No	Distribuido	No
M2	Bloque Humedecido	Celdas Secas	No. Sólo humedecer con brocha a las juntas.	Distribuido	No
M3	Bloque Seco	Celdas Regadas	No	Distribuido	No
M4	Bloque Seco	Celdas Secas	Sí	Distribuido	No
M5	Bloque Seco	Celdas Secas	No	Distribuido	Sí. 100%
M6	Bloque Seco	Celdas Secas	No	Distribuido	Sí. Alterno
M7	Bloque Seco	Celdas Secas	No	Concentrado	No
M8	Bloque H Seco	Celdas Regadas	Sí	Concentrado	No

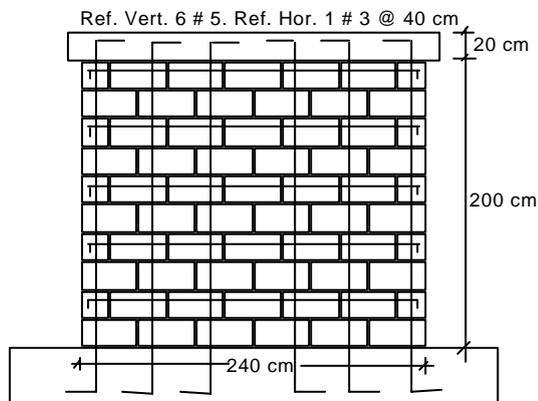


Fig.3. Refuerzo en los Muros 1, 2, 3 y 4

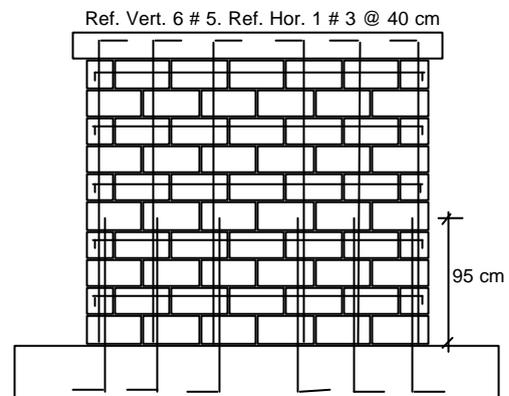


Fig.4. Disposición del Refuerzo en M5.

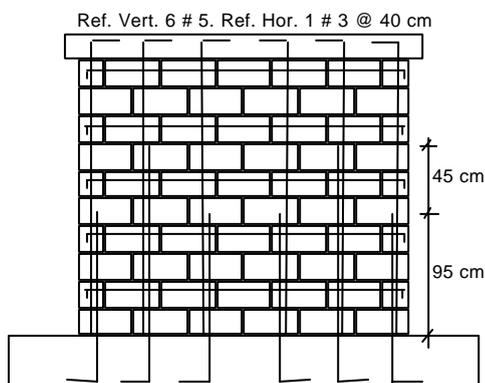


Fig.5. Disposición del refuerzo en M6.

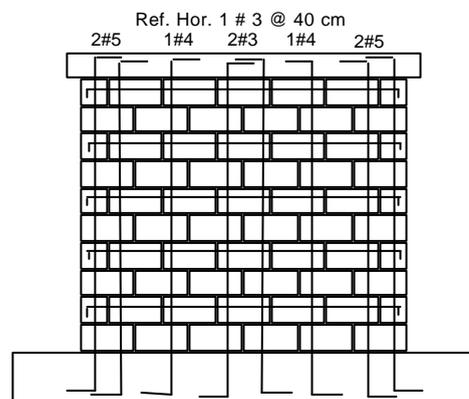


Fig.6. Disposición del refuerzo en M7 y M8.

6. ENSAYOS DE CARGA LATERAL CÍCLICA

6.1. Instrumentación

Aparte del actuador dinámico, se utilizó 3 LVDT (Di en la Fig.7); D1 mide el desplazamiento lateral del muro y fue empleado para controlar el ensayo, D2 mide la posibilidad de deslizamiento del muro, mientras que D3 mide el trabajo del refuerzo vertical extremo.



6.2. Técnica de Ensayo

El ensayo fue dividido en 8 fases con desplazamiento lateral prefijado en los valores que se indican en la Tabla 2. Estas fases contemplan el comportamiento elástico del muro (Fase 1), la primera fisura en tracción por flexión (Fase 2), la rotura diagonal (Fases 3 a 5) y el límite de reparación (Fases 7 a 8, Ref.1). En las fases 1 a 3 se aplicaron 2 ciclos de carga y descarga, y 3 ciclos en las fases restantes. Después del ensayo, los muros M1 y M2 no fueron demolidos, con el objeto de repararlos en un proyecto futuro.

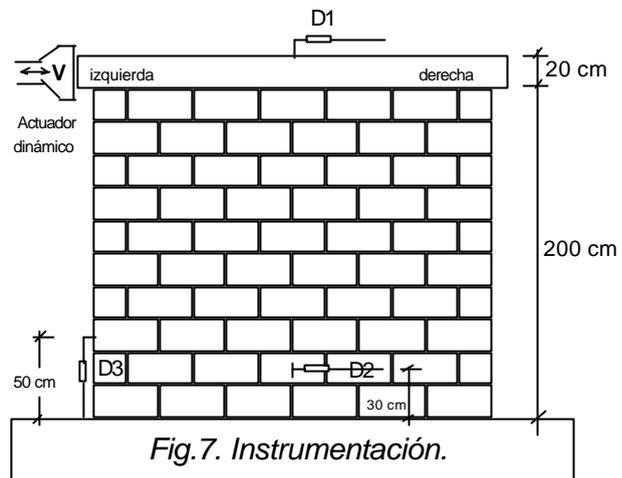


Fig.7. Instrumentación.

Tabla 2. Fases del Ensayo de Carga Lateral Cíclica. Velocidad: 1 ciclo en 4 minutos.

Fase	1	2	3	4	5	6	7	8
D1 (mm)	0.5	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0

6.3. Comportamiento de los Muros

M1 (patrón de comparación). Aparte de las fallas escalonadas, en M1 existieron 3 planos de falla horizontales, localizados en la base de las hiladas 1, 2 y 4.

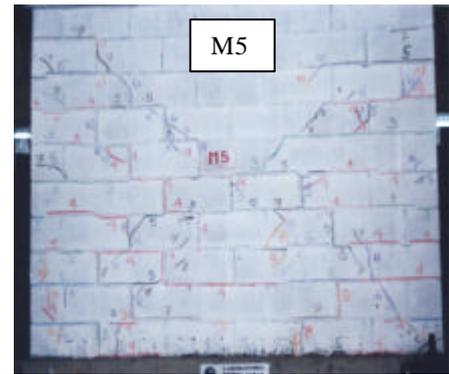
M2 (bloques y juntas humedecidas). A diferencia de M1, la falla por corte fue más notoria, asimismo, mientras que en M1 se formaron 3 fisuras horizontales que abarcaron la longitud total del muro, en M2 sólo se produjo una de estas fisuras.

M3 (celdas regadas internamente). M3 mostró menos grietas diagonales que M1, predominando la falla por deslizamiento. Luego de demolerlo se observó en forma parcial y aleatoria una buena adherencia bloque-grout-acero, asimismo, se observó un alto porcentaje de juntas verticales vacías en la zona comprendida entre las dos cintas de mortero.

M4 (curado externamente). A diferencia de M1, en M4 se formaron más fisuras horizontales desde una etapa temprana, dos de las cuales corrieron a lo largo del muro, sin embargo, no se observó problemas de deslizamiento y al final la falla que predominó fue la diagonal. Luego de demolerlo se observó en forma parcial y aleatoria una buena adherencia bloque-grout-acero, mejor de la que tuvo M3, y vacíos en la zona comprendida entre las 2 cintas de mortero.



M5 (refuerzo vertical traslapado 100% en la misma sección). A diferencia de M1 (con refuerzo vertical continuo), M5 mostró más daños en la mitad inferior, registrándose fisuras verticales en 3 celdas que contenían refuerzo vertical y la trituración completa de uno de los talones. Esto fue causado por la congestión provocada por el refuerzo vertical en la zona traslapada que debe haber debilitado al grout. Luego de demolerlo se observó algunas cangrejas principalmente en la zona donde terminaban las espigas, esto pudo deberse a que la varilla empleada para compactar al grout impactaba contra el extremo superior de la espiga.



M6 (refuerzo vertical traslapado alternadamente). A diferencia de M1 (con refuerzo vertical continuo), M6 mostró más fisuras horizontales que incluso se formaron hasta debajo de la octava hilada en las zonas donde terminaban las espigas con longitud 90Db, asimismo, se registraron fisuras verticales en dos celdas que contenían refuerzo vertical y la trituración parcial de los dos talones, sin embargo, el nivel de daños fue menor que el registrado en M5. Luego de demolerlo, se observaron cangrejas en las celdas extremas, especialmente donde anclaba el refuerzo horizontal, lo que provocó una mayor congestión dificultando la compactación del grout. Cabe resaltar que en una de las cangrejas el refuerzo vertical mostró signos de corrosión.



M7 (refuerzo vertical concentrado). A diferencia de los muros anteriores, en M7 predominó la falla por corte. En M7 no se produjeron fisuras horizontales que corriesen a lo largo de toda su longitud, tampoco se notó la trituración del mortero en los talones. Durante la demolición se apreció pequeñas cangrejas en las juntas horizontales y vacíos entre las cintas de mortero.



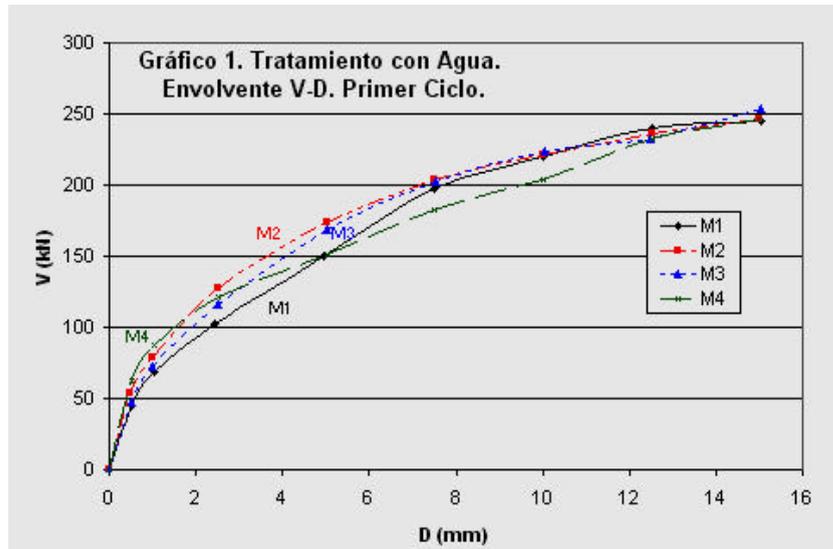
M8 (refuerzo vertical concentrado, bloques H). A diferencia de los muros anteriores, en M8 no se produjo ninguna fisura en las juntas verticales, debido a que al emplearse bloques H el grout las relleno completamente. Hasta la penúltima fase (D1 = 12.5 mm), la falla predominante fue por corte y en la última fase la falla que predominó fue la de deslizamiento a través de la base. Luego de demoler a M8, no se observaron cangrejas. Se notó una gran adherencia entre el grout, los bloques y el acero, sin embargo, se apreció escasa adherencia entre el grout y la cimentación, así como entre el mortero de la junta horizontal con los bloques.



6.4. Resultados

Con miras de comparar resultados, se graficaron las envolventes de los resultados correspondientes al primer ciclo en la etapa de carga positiva (empuje de izquierda a derecha), o los resultados asociados al último ciclo de cada fase en la etapa de carga negativa (cuando se jala al muro). La rama positiva está asociada con la formación de las primeras fisuras en la fase respectiva (cada fase se inició empujando al muro), por lo que proporciona mayor resistencia que la negativa, mientras que la rama negativa está asociada con la formación de las últimas fisuras, o cuando no hay lugar a la formación de nuevas fisuras en la fase en análisis.

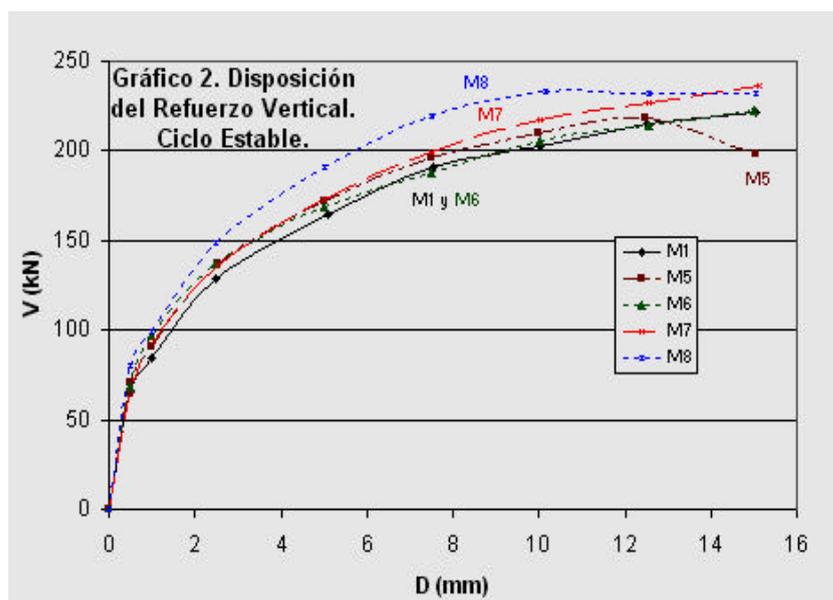
Con el objeto de analizar el efecto de humedecer los bloques y juntas (M2), regar las celdas internas antes de vaciar el grout (M3) y curar al muro externamente (M4), sobre la resistencia asociada con la aparición de las primeras fisuras en cada fase del ensayo, se dibujó el Gráfico 1, donde se puede apreciar que las técnicas constructivas mencionadas, incrementaron la resistencia hasta la fase 4 del ensayo ($D =$



5 mm, que incluye la formación de las primeras fisuras por flexión y por corte), luego de la cual, las técnicas se volvieron intrascendentes, debido a que la resistencia pasó a ser gobernada por el refuerzo vertical y horizontal, los que se mantuvieron constantes en los muros indicados.

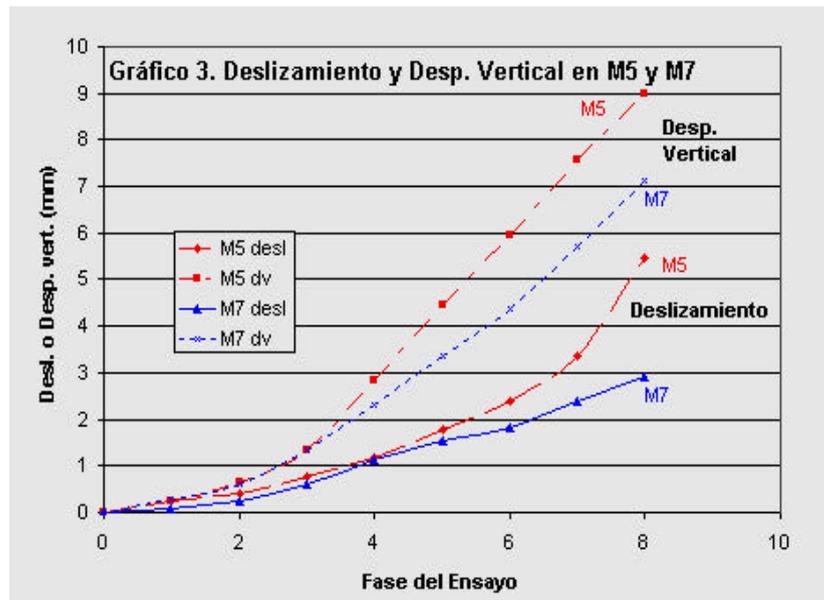
Para efectos de comparar en la etapa inelástica los efectos de la disposición del refuerzo vertical (traslapes, refuerzo continuo y concentración del refuerzo en los extremos), se seleccionó la rama negativa de la envolvente V-D, por haber sido más crítica que la rama positiva. Esta envolvente se muestra en el Gráfico 2, del cual se puede extraer los siguientes comentarios:

- Hasta la fase 6 del ensayo, M5 (con empalmes del refuerzo vertical al 100% en la misma sección) tuvo un ligero mejor comportamiento que M1, sin embargo, a partir de la fase 7, M1 (con refuerzo vertical continuo) superó al comportamiento de M5, debido a que en las fases altas los mayores daños se presentaron en la mitad inferior de M5.
- M6, con refuerzo vertical traslapado alternadamente en distintas secciones, tuvo un comportamiento similar a M1 (con refuerzo continuo), sin



embargo, el nivel de daños que tuvo M6 fue mayor que el registrado en M1 y menor al existente en M5.

- M7, con una mayor concentración del refuerzo vertical en los extremos, pero, con un área de acero igual a la existente en M1, tuvo mejor comportamiento que M1 y M5, debido a que la disposición del refuerzo empleado controló mejor al desplazamiento vertical en la base, lo que hizo disminuir el deslizamiento del muro (Gráfico 3). Cabe destacar que en M7 predominó la falla por corte.



- El comportamiento de M8 superó al de M1, por el hecho de emplear bloques H, regar las celdas antes de vaciar el grout, curar al muro y concentrar en mayor grado al refuerzo vertical en los extremos. El empleo de bloques H permitió que el grout llenase las juntas verticales, asimismo, el regado de las celdas y el curado, hizo que la adherencia bloque-grout-acero mejorara, por lo que el comportamiento de M8 fue mejor que el de M7. Sin embargo, la adherencia entre la base de M8 con la cimentación, así como la adherencia entre el mortero de las juntas horizontales con los bloques, son aspectos negativos que deben mejorarse.

7. CONCLUSIONES

7.1. Juntas Horizontales y Verticales de Mortero

Las juntas de mortero que tradicionalmente se emplean en forma de cintas colocadas en los bordes longitudinales y verticales de los bloques, dejaron un espacio interno que no fue rellenado por el grout (sólo las celdas quedaron llenas), lo que debilitó a los muros, originando fallas horizontales y escalonadas, e incluso la trituración de algunas juntas verticales. En el caso del Muro 8, donde se utilizó bloques recortados en forma de H, el grout llenó completamente la junta vertical y las fallas no fueron escalonadas (no se detectó ninguna fisura en las juntas verticales ni cangrejas), sin embargo, las fisuras horizontales de gran longitud continuaron presentándose. De esta manera, es necesario investigar si la aplicación de mortero cubriendo totalmente la superficie de asentado vertical y horizontal (incluyendo las almas transversales) de los bloques convencionales, logra mejorar el comportamiento sísmico de los muros.

7.2. Falla por Deslizamiento

A pesar de que se tuvo el cuidado de rayar, limpiar y humedecer a la superficie superior de la cimentación antes de construir la albañilería, la gran mayoría de muros tuvo una falla final por deslizamiento a través de su base, originada por la falta de adherencia en las interfases grout-cimentación y mortero-cimentación. El único muro que tuvo una falla predominantemente por corte fue M7, por el hecho de que la mayor concentración de refuerzo vertical realizado en sus extremos, permitió disminuir los giros por flexión, atenuándose el corrimiento de las fisuras longitudinales; sin embargo, en M8 también se presentó la falla por deslizamiento, pese a que tuvo una disposición del refuerzo vertical similar a M7.

Puesto que la falla por deslizamiento es muy peligrosa, porque la acción sísmica simultánea en la dirección coplanar y ortogonal al muro causa una doble excentricidad de la carga axial y una disminución sustancial del área de corte, es necesario continuar la investigación adoptando soluciones como, por ejemplo: 1) crear orificios en la cimentación en las zonas ocupadas por las celdas para que se formen llaves de corte con el grout (en este caso las celdas no deben regarse antes de vaciar el grout porque el agua se empozará en los orificios); 2) adicionar espigas de acero en todas las celdas donde no exista refuerzo vertical por flexión; y, 3) emplear bloques con sus almas transversales recortadas a media altura dando hacia la cimentación (sólo en la primera hilada), para que el grout rellene una mayor área en su zona de contacto con la cimentación.

7.3. Efectos del Humedecimiento de Bloques y Juntas, Regado Interno y Curado Externo

Las técnicas constructivas aplicadas en los siguientes muros: M2) humedecer con una brocha la superficie de los bloques instantes antes de asentarlos, así como humedecer con una brocha las juntas, tres horas después de construir la albañilería; M3) regar internamente las celdas antes de vaciar el grout; y, M4) curar al muro externamente durante una semana una vez al día, incrementaron ligeramente la resistencia hasta la fase 4 del ensayo (fase que incluye la formación de las primeras fisuras por flexión y por corte), luego de la cual, las técnicas indicadas se volvieron intrascendentes, debido a que la resistencia pasó a ser gobernada por el refuerzo vertical y horizontal, los que se mantuvieron constantes en los muros mencionados.

Debe señalarse que las 3 técnicas se aplicaron en forma independiente, por lo que cabe la posibilidad de que si se aplicasen en simultáneo las mejoras sean más significativas, al menos hasta alcanzar la rotura diagonal; sin embargo, el humedecimiento de las caras de asentado de los bloques no es recomendable, debido a lo tedioso de esta operación y también porque los bloques empleados en este proyecto tuvieron una succión ($18\text{gr}/(200\text{cm}^2\text{-min})$) menor que el límite máximo especificado en la Ref.1 ($20\text{gr}/(200\text{cm}^2\text{-min})$), en cambio, las operaciones de humedecer las juntas, regar las celdas antes de vaciar el grout y curar al muro después de vaciar al grout, fueron muy sencillas de aplicar. Cabe resaltar que las técnicas de humedecimiento aplicadas en M3, M4 y M8, mejoraron la adherencia bloque-grout-acero con relación a M5, M6 y M7, donde no se regaron las celdas ni se curaron los muros, pero lo hicieron en forma parcial y aleatoria.

7.4. Traslape del Refuerzo Vertical

La técnica tradicional de traslapar en la misma sección transversal del muro al 100% del refuerzo vertical con espigas ancladas en la cimentación (M5), en una longitud de 60 veces el diámetro de la varilla (Db), produjo los mayores daños en la mitad inferior del muro, por el debilitamiento del grout causado por la congestión de varillas existentes en la misma celda, lo que impidió una adecuada compactación del grout, llegándose a presentar cangrejas, grietas verticales en las celdas que alojaban refuerzo, trituración de los talones y una degradación importante de la resistencia en comparación con M1, donde se utilizó refuerzo vertical continuo. Cuando el traslape se hizo en forma alternada (M6) en longitudes de 60 Db y 90 Db, el comportamiento mejoró, llegando a ser similar al que tuvo M1, aunque el nivel de daños que tuvo M6 fue mayor al registrado en M1, pero menor al existente en M5.

Por lo tanto, es aconsejable emplear refuerzo vertical continuo al menos en el primer piso de un edificio, no solo por el ahorro que significa la menor cantidad de varillas (espigas), sino porque en el primer piso se desarrollan las mayores fuerzas internas producidas por los sismos y también, para evitar la posible formación de cangrejas que incluso pueden causar la corrosión del refuerzo vertical (detectado en M6). La dificultad de tener que insertar los bloques desde el extremo superior de la varilla vertical continua se puede superar si industrialmente se fabricasen bloques con una sección en forma de H, para no tener que recortarlos como se hizo en M8.

7.5. Disposición del Refuerzo Vertical

A igualdad de áreas totales de refuerzo vertical, la técnica tradicional de emplear varillas distribuidas a lo largo del muro (M1) produjo una leve disminución de la resistencia en comparación con la técnica de concentrar en mayor grado al refuerzo vertical en los extremos (M7), sin embargo, mientras que en M7 la falla que predominó fue por corte, en M1 el deslizamiento se presentó desde una etapa temprana del ensayo ($D = 5 \text{ mm}$), por lo que es preferible adoptar una distribución del refuerzo vertical como la que tuvo M7.

8. REFERENCIAS

1. Proyecto de Norma de Albañilería. Documento actualmente en revisión por el Comité Técnico de la Norma E-070, SENCICO.
2. San Bartolomé A., Construcciones de Albañilería, Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial, 1994.
3. San Bartolomé A., Vicente E., Mendoza R., Solano P., Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de Muros de Albañilería Armada Construidos con Bloques de Concreto. XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de Puno, 2001.