

ARRIOSTRAMIENTO DE PARAPETOS EXISTENTES HECHOS DE ALBAÑILERÍA SIMPLE

Por: Ángel San Bartolomé, Reymundo Siancas y Alan Manrique

Pontificia Universidad Católica del Perú

RESUMEN

Por el peligro sísmico que representan los parapetos de albañilería sin arriostre y dada la existencia de una gran cantidad de estos elementos en el Perú, en este proyecto se buscó una técnica económica y sencilla de aplicar que permita arriostrarlos adecuadamente. Esta técnica fue verificada mediante ensayos de simulación sísmica hechos en la mesa vibradora de la PUCP.

1. INTRODUCCIÓN

Se sabe que el Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica y que existen numerosas edificaciones cuyas fachadas presentan parapetos de albañilería que, al carecer de arriostres (Fig.1), podrían volcarse ante cargas sísmicas perpendiculares a su plano, generando un grave peligro para las personas que circulan por las inmediaciones o aquellas que escapan del mismo edificio, por lo que en este trabajo se analizaron tres tipos de arriostres económicos y sencillos de construir, pero que permitieron evitar el colapso de estos parapetos.

Fig.1. Parapeto de albañilería sin arriostrear y volcamiento.



2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES

2.1 Características de los parapetos analizados

Se analizaron cuatro parapetos de albañilería (Fig.2), cada uno de $L = 1.2\text{m}$ de longitud total, $h = 1.0\text{m}$ de altura y $t = 12\text{cm}$ de espesor. Tres de estos parapetos fueron arriostrados con columnas de $12 \times 12\text{cm}$, ubicadas en sus bordes, con distinta disposición y forma de anclaje del refuerzo vertical.

En los tres parapetos arriostrados, se trató de simular el reforzamiento de un parapeto existente real hecho de albañilería simple, construyendo primeramente la albañilería, dejando dientes en sus extremos, para después instalar el refuerzo vertical y vaciar el concreto de las columnas. En un caso real habría que picar la albañilería en forma dentada en la zona donde irán las columnas.



Fig.2. Parapetos analizados. Primero se construyó la albañilería sobre un anillo de concreto.

Las características de estos parapetos fueron:

- Se usaron ladrillos de arcilla del tipo King Kong con 18 huecos. Estas unidades son absorbentes de agua, por lo que para evitar que el mortero se endurezca por el agua succionada por los ladrillos, hubo que regarlas durante media hora unas 10 horas antes de asentarlas (Ref.1).
- El refuerzo de las columnas fue de acero corrugado Grado 60 ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$).
- La dosificación del mortero fue 1: 5 (una parte de cemento por cinco de arena gruesa).
- El concreto utilizado para las columnas tuvo una resistencia nominal $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Las juntas de mortero fueron de 1cm de espesor y los parapetos no fueron tarrajeados.
- El parapeto denominado **M2**, fue el patrón de comparación ya que representa a los parapetos que carecen de arriostres (albañilería simple).
- El parapeto **M1** fue arriostrado con dos columnas en sus extremos, reforzadas con una varilla de 8mm de diámetro colocada en el centro de la columna y anclada químicamente con epóxico en una perforación hecha en la cimentación (Fig.3), de 1cm de diámetro y una profundidad de 15cm.
- El parapeto **M3** fue arriostrado con dos columnas en sus extremos, reforzadas con dos varillas de $\frac{1}{4}$ " de diámetro colocadas en el centro de la columna en la dirección del lado más débil. Estas varillas fueron amarradas con estribos de $\frac{1}{4}$ " con ganchos a 180° y anclaron químicamente con epóxico en un hueco hecho en la cimentación (Fig.4), de 5x10cm y 10cm de profundidad.
- El parapeto **M4** fue muy parecido a M3, excepto en el anclaje del refuerzo vertical. En este caso, las dos varillas de $\frac{1}{4}$ " de diámetro anclaron químicamente con epóxico en 2 perforaciones hechas en la cimentación (Fig.5), de 1cm de diámetro y 15cm de profundidad.
- La mano de obra fue única en la construcción de los 4 parapetos. Las perforaciones y el hueco en la cimentación se hicieron con un taladro eléctrico.
- El anillo de cimentación de concreto armado fue de forma cuadrada, de 3.6 x 3.6 m y tuvo una sección transversal de 0.3 x 0.3 m.

Fig.3. Refuerzo y anclaje en columnas del parapeto M1.

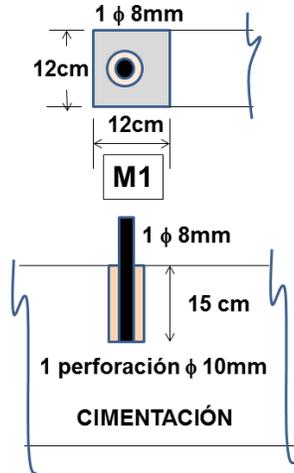
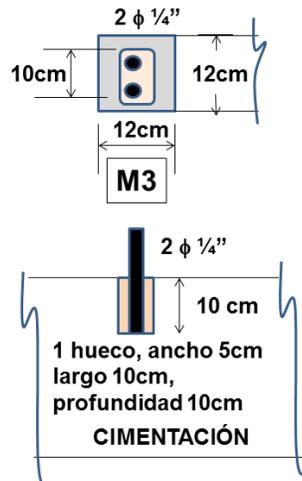


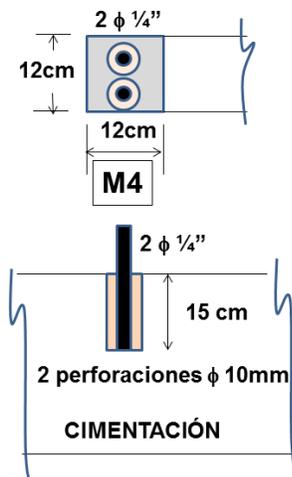
Fig.4. Refuerzo y anclaje en columnas del parapeto M3.



Estribo



Fig.5. Refuerzo y anclaje en columnas del parapeto M4.



Estribo

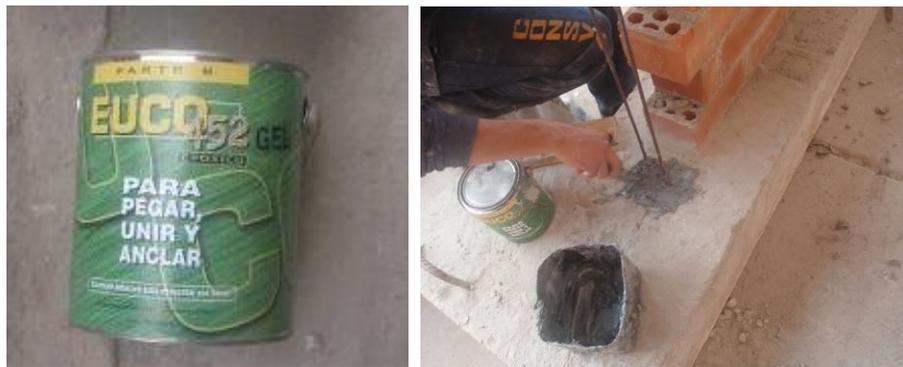


2.2 Epóxico (Euco #452 Gel)

Se usó epóxico Euco 452 Gel (Fig.6 y Ref.5) para anclar químicamente las varillas de refuerzo vertical de las columnas en el anillo de cimentación. Este epóxico es un adhesivo para elementos endurecidos y de distinta calidad, además es insensible a la humedad y puede adherir en superficies secas o mojadas, previa limpieza con aire comprimido de las perforaciones hechas en la cimentación.

Se siguieron las especificaciones del fabricante, que textualmente indica lo siguiente (Ref.5): “para la instalación de anclajes, inserte la punta mezcladora estática y llene el hoyo desde abajo, lentamente retirando la punta a medida que se dosifica el epóxico hasta que el hoyo esté lleno casi hasta la mitad. Inserte el anclaje con un movimiento lento y giratorio para garantizar contacto completo con el epóxico sin vacíos de aire. Estabilice el anclaje hasta que se haya curado el epóxico.”

Fig.6. Epóxico Euco 452 Gel y anclaje químico de barras.



3. EVALUACIÓN SÍSMICA DE LOS PARAPETOS

3.1 Carga sísmica reglamentaria perpendicular al parapeto

De acuerdo a la Ref.1, la carga sísmica elástica perpendicular al plano del parapeto es:

$$w = 0.8 Z U C_1 \gamma e$$

Dónde los parámetros Z, U y C₁ se obtienen de la Ref.2:

Z: factor de zona sísmica, para la costa Z = 0.4

U: factor de importancia, para viviendas y oficinas U = 1.0

C₁: coeficiente sísmico, para elementos que puedan precipitarse fuera de la edificación C₁ = 1.3

γ: peso volumétrico de la albañilería, γ= 1800 kg/m³

e: espesor bruto del muro (incluyendo tarrajes), e = 0.12 m

De esta manera, la carga perpendicular a la albañilería es $w = 0.8 \times 0.4 \times 1 \times 1.3 \times 1800 \times 0.12 = 90 \text{ kg/m}^2$.

En tanto que la carga última se logra amplificando a “w” por 1.25: $w_u = 1.25 \times 90 = 112 \text{ kg/m}^2$.

3.2 Evaluación del parapeto no arriostrado (M2)

Este parapeto se comporta como un elemento en voladizo, donde el momento flector en la base es:

$$M = (w L h) h / 2 = w L h^2 / 2 = 90 \times 1.2 \times 1.0^2 / 2 = 54 \text{ kg-m} = 5400 \text{ kg-cm}$$

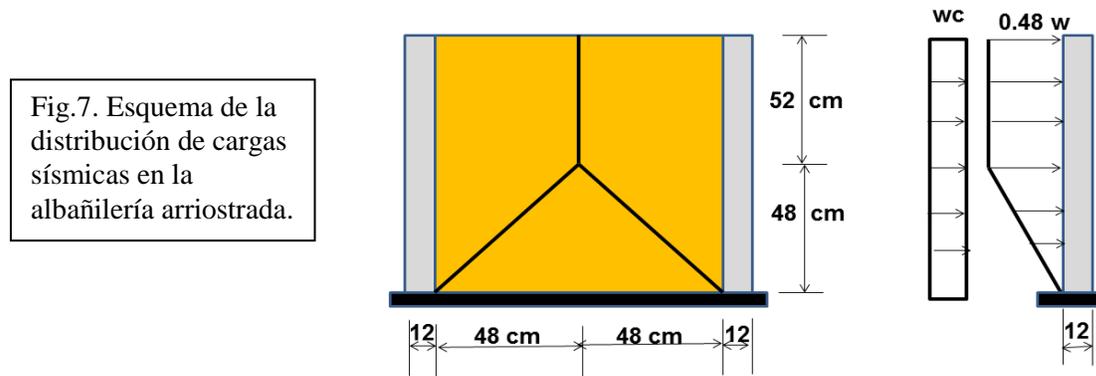
El esfuerzo normal de tracción originado por “M” en el borde inferior del parapeto “M2” es:

$$\sigma = M y / I = M (t / 2) / (L t^3 / 12) = 6 M / (L t^2) = 6 \times 5400 / (120 \times 12^2) = 1.9 \text{ kg/cm}^2$$

Como para la carga elástica reglamentaria, $\sigma = 1.9 \text{ kg/cm}^2$ supera al esfuerzo admisible permitido por la Ref.1 (1.5 kg/cm^2), el parapeto M2 necesita ser arriostrado.

3.3 Evaluación elástica de los arriostres y de la albañilería en los parapetos M1, M3 y M4

Una vez que se añaden las columnas, la albañilería se comporta como una losa apoyada en 3 bordes (2 columnas y la base), debiéndose verificar que el borde libre superior de la albañilería no se agriete por flexión, al igual que la base de las columnas. Para ello se asume que la distribución de cargas sísmicas responde a la regla del sobre (Fig.7).



El momento flector actuante en la zona central superior de la albañilería (borde libre, zona más crítica a flexión), está dado por la norma E.070 (Ref.1) a través de la expresión:

$$M_s = m w a^2$$

Dónde:

m: coeficiente de momento adimensional, indicado en la tabla 12 de la Ref.1,

$m = 0.112$ (caso de tres bordes arriostrados, con $h / a = 1 / 0.96 = 1.04$)

a: dimensión crítica del paño de albañilería, o longitud del borde libre, $a = 0.96\text{m}$

$$M_s = 0.112 \times 90 \times 0.96^2 = 9.3 \text{ kg} - \text{m/m}$$

El esfuerzo de tracción por flexión producido por "Ms" está dado por: $\sigma = 6 M_s / t^2 = 6 \times 9.3 / (0.12^2) = 3875 \text{ kg/m}^2 = 0.39 \text{ kg/cm}^2$. Puesto que "σ" es menor que la resistencia admisible a tracción por flexión de la albañilería simple (1.5 kg/cm^2 , Ref.1), la albañilería no se agrietará en su zona superior, hasta que se alcance una carga mayor que **wfa = 90 (1.5 / 0.39) = 346 kg/m²**.

La carga en la columna proveniente de la albañilería es trapezoidal, mientras que la carga producto de su peso propio es uniforme: $w_c = 0.8 Z U C1 \gamma_c A_c = 0.8 \times 0.4 \times 1.0 \times 1.3 \times 2400 \times 0.12 \times 0.12 = 14.4 \text{ kg/m}$, con lo cual, el momento flector en la base de la columna es:

$$M_c = 14.4 \times 1.0^2 / 2 + 0.48 \times 90 \times 0.52 (0.52 / 2 + 0.48) + \frac{1}{2} \times 0.48 \times 90 \times 0.48 \times (2 \times 0.48 / 3) = 27.14 \text{ kg-m}$$

El esfuerzo de tracción por flexión en la base de la columna es: $\sigma = M_c y / I = 2714 \times 6 / (12 \times 12^3 / 12) = 9.4 \text{ kg/cm}^2$. Este valor es inferior a la resistencia a tracción por flexión del concreto ($2 \sqrt{f'c} = 2 \sqrt{210} = 29 \text{ kg/cm}^2$), por lo que el concreto se fisuraría para una carga **wfc = 90 (29 / 9.4) = 278 kg/m²**.

Puesto que "wfc" es menor que "wfa", primero se agrietaría la base de la columna.

3.4 Capacidad resistente de los parapetos arriostrados M1, M3 y M4

Una vez que fisura la base de las columnas en tracción por flexión, se pierde el comportamiento indicado en el acápite 3.3 y los parapetos se comportan como elementos en voladizo, donde la capacidad resistente la dan los momentos flectores proporcionados por el refuerzo vertical. La magnitud de la carga resistente “w” dependerá del anclaje del refuerzo, del área de acero colocada y de la posibilidad de que éste ingrese en su zona de endurecimiento. Se asumirá que el refuerzo vertical fluye y se adoptará la siguiente nomenclatura (Fig.8).

d = distancia entre el eje de la varilla traccionada y el borde extremo comprimido

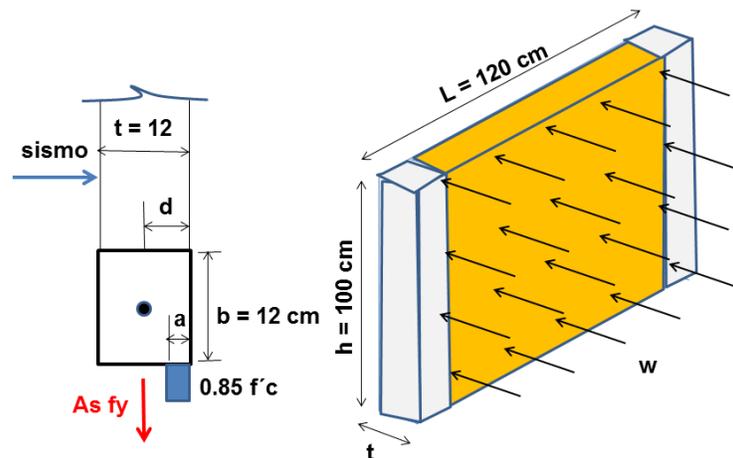
b = 12 cm = ancho de la columna

f'c = 210 kg/cm²

fy = 4200 kg/cm²

As = área del refuerzo vertical

Fig.8. Esquema de cuerpo libre en la base de una columna.



3.4.1 Caso 1: M1, refuerzo 1 φ 8 mm (Fig.3)

d = 6.0 cm

As = 0.5 cm²

Por equilibrio de fuerzas verticales se obtiene “a”: $As f_y = 0.85 f'_c a b$

Reemplazando valores: $0.5 \times 4200 = 0.85 \times 210 \times a \times 12 \rightarrow a = 0.98 \text{ cm}$

Con lo cual, el momento nominal resistente es:

$M_n = As f_y (d - \frac{1}{2} a) = 0.5 \times 4200 (6 - 0.98/2) = 11571 \text{ kg-cm} = 116 \text{ kg-m}$

Luego, la carga que produce la fluencia del refuerzo se obtiene por equilibrio: $2 M_n = w L h^2/2 \rightarrow w = 4 M_n / (L h^2) = 4 \times 116 / (1.2 \times 1.0^2) = 387 \text{ kg/m}^2$. Este valor supera a la carga última de diseño ($w_u = 112 \text{ kg/m}^2$, acápite 3.1), por tanto, el refuerzo es excesivo.

3.4.2 Caso 2: M3 y M4, refuerzo 2 φ ¼” (Figs. 4 y5)

d = 9 cm

As = 0.32 cm²

Por equilibrio de fuerzas verticales se obtiene “a”: $As f_y = 0.85 f'_c a b$

Reemplazando valores: $0.32 \times 4200 = 0.85 \times 210 \times a \times 12 \rightarrow a = 0.63 \text{ cm}$

Con lo cual, el momento nominal resistente es:

$M_n = As f_y (d - \frac{1}{2} a) = 0.32 \times 4200 (9 - 0.63/2) = 11672 \text{ kg-cm} = 117 \text{ kg-m}$

Luego, la carga que produce la fluencia del refuerzo se obtiene por equilibrio: $2 M_n = w L h^2/2 \rightarrow w = 4 M_n / (L h^2) = 4 \times 117 / (1.2 \times 1.0^2) = 390 \text{ kg/m}^2$. Este valor supera a la carga última de diseño ($w_u = 112 \text{ kg/m}^2$, acápite 3.1), por tanto, el refuerzo es excesivo.

3.4.3 Predicción de resultados

El parapeto M2 requiere de arriostramiento, en caso contrario colapsaría. En cuanto a los tres parapetos arriostrados, cabe señalar que las resistencias a flexión para las 2 disposiciones de refuerzo consideradas son muy parecidas, por lo que M1, M3 y M4 deberían tener igual comportamiento sísmico, salvo que existan problemas de anclaje del refuerzo vertical.

Por otro lado, puesto que existe sobre resistencia a flexión, se espera que en el ensayo la carga sísmica pueda superar a la carga última de diseño ($w_u = 112 \text{ kg/m}^2$), así como a la carga que produce la fisura en tracción por flexión en la base de la columna (278 kg/m^2), sin que se produzca fisuras de tracción por flexión en el borde central superior de la albañilería, ya que su comportamiento cambiaría de una losa arriostrada en 3 bordes (Fig.7) a un muro en voladizo (Fig.8). Estos parapetos arriostrados podrían alcanzar una resistencia del orden de 390 kg/m^2 , asociada a la fluencia del refuerzo vertical, e incluso podría ser mayor (50% más) si es que el refuerzo vertical ingresara en su zona de endurecimiento y no hubiese falla por anclaje.

4. ENSAYO DE SIMULACIÓN SÍSMICA

Los 4 parapetos fueron sometidos en simultáneo a la componente "L" del terremoto ocurrido el 31 de mayo de 1970 en Chimbote. Esta señal tiene 30 segundos de duración y un contenido de frecuencias predominantes comprendida entre 2.5 y 3.5 Hz. Se aplicaron 3 fases de aceleración (A_o) creciente, tratando de simular sismos leves, moderados y severos (Tabla 1). En cada parapeto se utilizaron dos sensores (Fig.9): un acelerómetro localizado en el centro del parapeto (A_i) y un LVDT (D_i) ubicado en el borde central superior del parapeto.

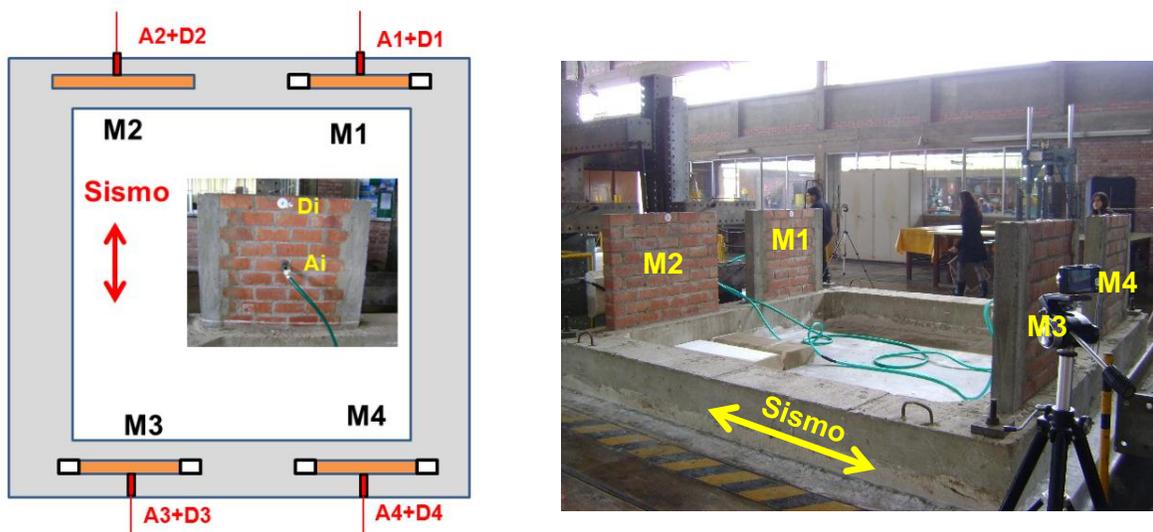


Fig.9. Instrumentación.

Tabla 1. Fases del ensayo sísmico.

Fase	Aceleración máxima de la mesa A_o (g)		Desplazamiento máximo de la mesa D_o (mm)	
1	0.49	-0.64	-45.87	60.70
2	0.81	-1.05	-74.72	100.05
3	1.19	-1.47	-100.17	133.59

4.1 Procesamiento de resultados

Los desplazamientos relativos a la mesa (deformación por flexión), se obtuvieron restando al desplazamiento absoluto captado por el LVDT el desplazamiento de la plataforma (Do): $d_i = D_i - D_o$.

La carga sísmica perpendicular al plano del parapeto (F_i), se obtuvo multiplicando el peso del parapeto (P_i) por la aceleración en fracción de "g" medida en su centroide (A_i): $F_i = P_i A_i$. Luego esta fuerza se dividió entre el área del parapeto, para así obtener la fuerza distribuida por unidad de área: $w_i = F_i / (L h) = F_i / (1.2 \times 1 \text{ m}^2) = P_i A_i / 1.2$.

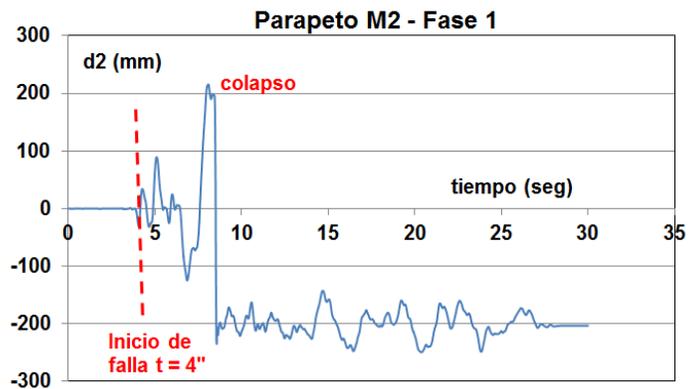
Los pesos de los parapetos fueron:

$$P (M2) = \gamma_a L h t = 1800 \times 1.2 \times 1.0 \times 0.12 = 259.2 \text{ kg}$$

$$P (M1, M3 \text{ y } M4) = 2 \gamma_c A_c h + \gamma_a B h t = 2 \times 2400 \times 0.12 \times 0.12 \times 1.0 + 1800 \times 0.96 \times 1.0 \times 0.12 = 276.5 \text{ kg}$$

Para obtener el instante en el cual fallaba un parapeto, se observó el video grabado en tiempo real y la historia de desplazamientos, registrándose el tiempo para el cual el desplazamiento se incrementaba fuertemente (Fig.10), los datos para el tiempo restante se consideraron nulos.

Fig.10. Historia de desplazamiento de M2 (no arriostrado). Fase 1.



4.2 Comportamiento cualitativo de los parapetos

El parapeto M2 (no arriostrado) volcó durante la fase 1 del ensayo (Fig.11). Durante la fase 2, el parapeto M4 se agrietó por flexión en su base (Fig.12), para después volcarse durante la fase 3 (Fig.13); la falla en M4 se produjo por anclaje del refuerzo vertical. Los parapetos que quedaron sin daños después de la fase 3 fueron: M1 y M3.



Fig.11. Parapeto M2 - Fase 1.

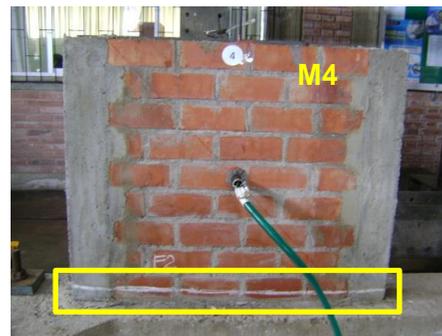


Fig.12. M4-Fase 2. Grieta en la base.



Fig.13. Parapeto M4-Fase 3. Falla por anclaje del refuerzo vertical.

4.3 Comportamiento cuantitativo de los parapetos

Las gráficas w-d (Figs.14 a 16) han sido hechas a la misma escala con fines comparativos.

En la fase 1 (Fig.14), se nota que los parapetos arriostrados (M1, M3 y M4) tienen prácticamente la misma respuesta, mientras que en M2 el desplazamiento creció fuertemente para después volcarse.

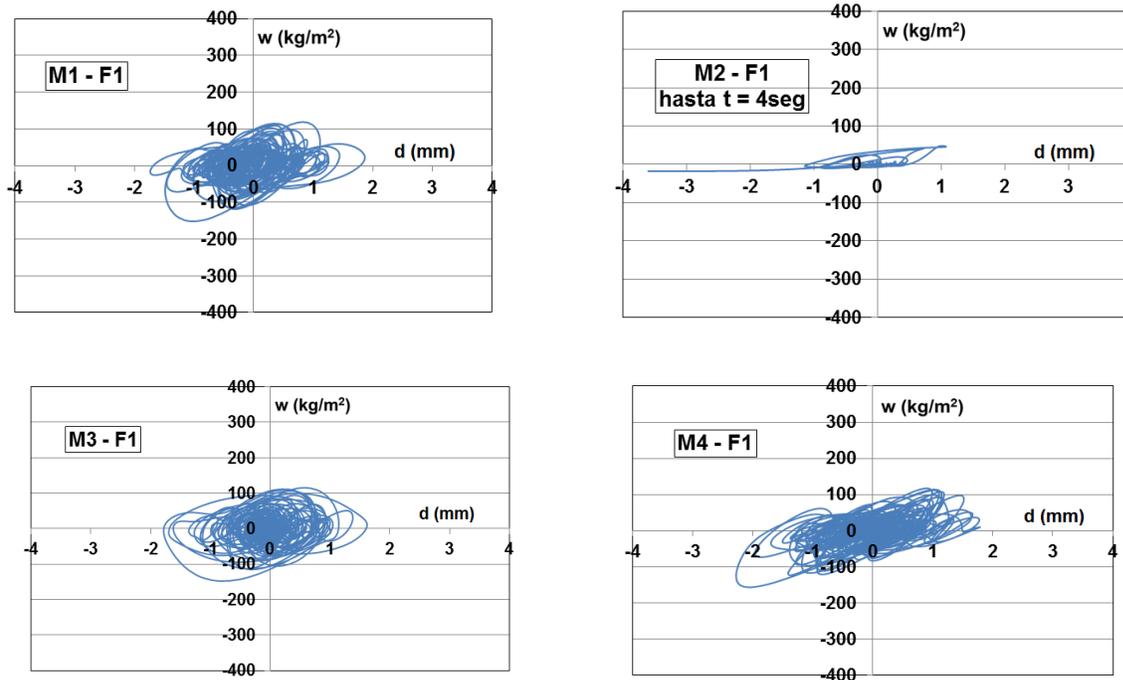


Fig.14. Fase 1. Gráficas w-d en M1 a M4. En esta fase colapsó M2 (no arriostrado).

En la fase 2 (Fig.15), los parapetos M1 y M3 respondieron de manera similar, mientras que en M4 se inició la falla en su base incrementándose fuertemente el desplazamiento, se retiró el LVDT D4.

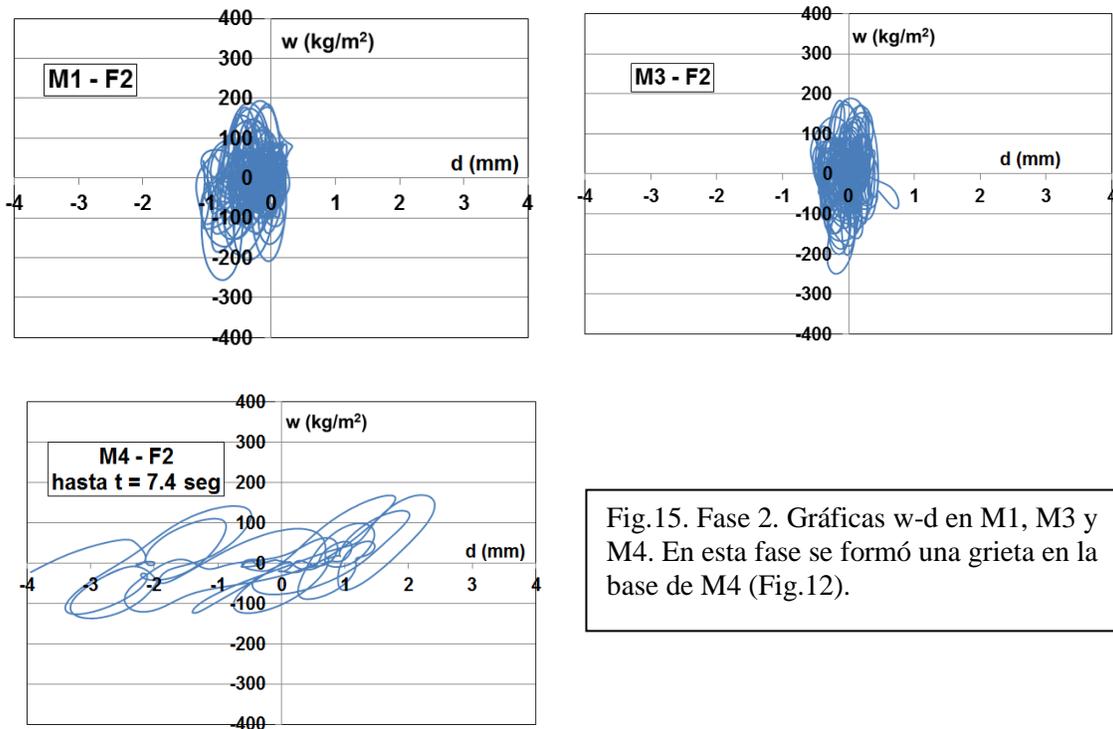


Fig.15. Fase 2. Gráficas w-d en M1, M3 y M4. En esta fase se formó una grieta en la base de M4 (Fig.12).

En la fase 3 (Fig.16), M1 y M3 respondieron de manera similar, mientras que M4 se volcó.

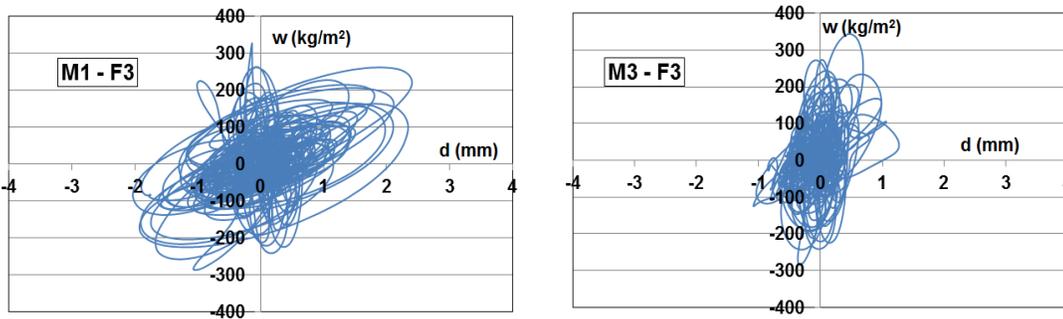
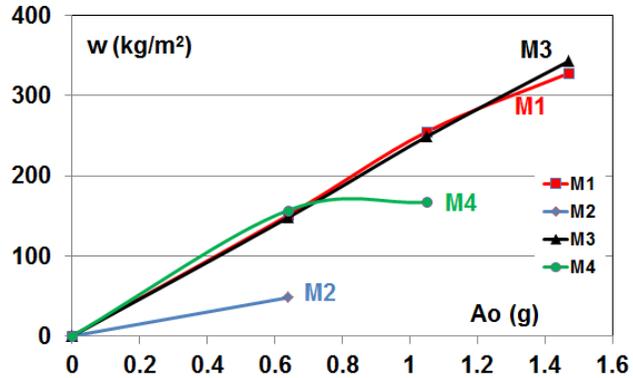


Fig.16. Fase 3. Gráficas w-d en M1 y M3. M4 se volcó en esta fase (Fig.13).

En la Tabla 2 aparecen sólo los valores máximos de las cargas “w”, se ha preferido no tabular los desplazamientos porque estos son pequeños y se usaron LVDT de 200mm de capacidad, lo que podría producir errores de precisión. Más bien la envolvente de cargas máximas (Fig.17) fue obtenida graficando los valores de la Tabla 2: “w” versus la aceleración máxima en la base “Ao”.

Tabla 2. Cargas máximas “w” en kg/m ² .				
Fase	M1	M2	M3	M4
1 (Ao = 0.64g)	151	48	148	157
2 (Ao = 1.05g)	255	---	249	167
3 (Ao = 1.47g)	328	---	343	----

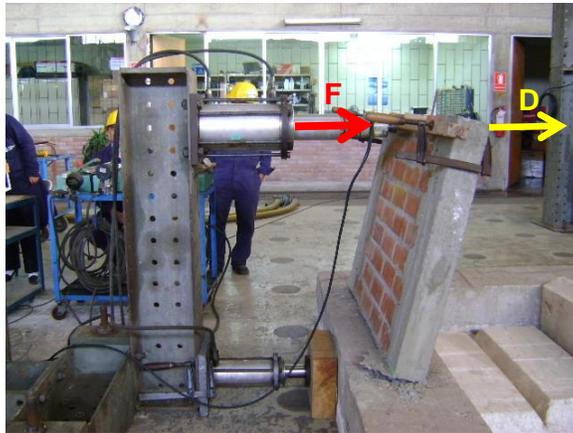
Fig.17. Envolvente de carga máxima versus aceleración en la base A_o .



5. ENSAYOS DE CARGA ESTÁTICA

Los parapetos M1 y M3 pudieron soportar el ensayo sísmico, por lo que para conocer su forma y carga de falla fueron sometidos a un ensayo estático (Fig.18), consistente en aplicar con una gata hidráulica una carga concentrada (F) en el borde superior, medida con una celda de carga, mientras que el desplazamiento lateral (D) del punto central superior fue registrado con un LVDT.

Fig.18. Ensayo estático.

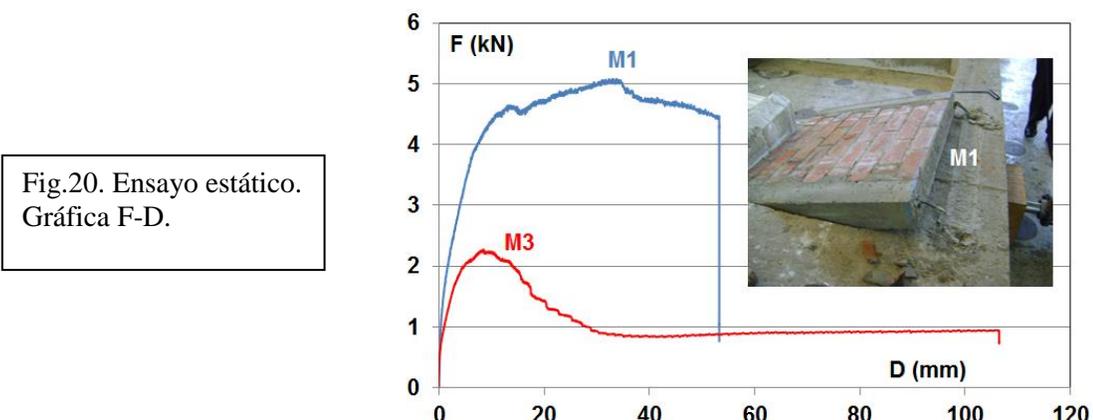


Los dos parapetos fallaron volcándose por flexión a través de su base, observándose una falla por anclaje del refuerzo vertical en ambos casos (Fig.19).

Fig.19. Ensayo estático. Falla por anclaje del refuerzo vertical en M1 y M3.



En la Fig.20 se presenta la gráfica F-D de los parapetos M1 y M3. Allí se observa la mayor resistencia que tuvo M1.



5.1 Resistencia máxima y carga distribuida equivalente

La carga aplicada en el ensayo estático (F) fue concentrada en el borde superior del parapeto, mientras que la carga sísmica real (w) actúa en forma distribuida perpendicularmente al plano del parapeto (Fig.8). Para buscar una equivalencia entre ambas cargas, y conociéndose que la falla final es por volcamiento, se igualaron los momentos flectores en la base producidos por estas cargas:

$$M(F) = F h = M(w) = w L h h/2 = w L h^2 / 2 \rightarrow w = 2 F / (L h) = 2 F / (1.2 \times 1.0) = 1.67 F \text{ (en kg/m}^2\text{)}$$

De esta manera, los resultados máximos del ensayo estático se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resistencias en el ensayo estático.		
	Parapeto M1	Parapeto M3
F (kg)	517	232
w (kg/m ²) = 1.67 F	864	387

6. COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS MÁXIMAS

Para efectos comparativos, debe tenerse en cuenta que la carga última de diseño reglamentario es $w_u = 112 \text{ kg/m}^2$ (acápite 3.1), y que los valores teóricos de resistencia (acápite 3.4) fueron obtenidos suponiendo que el refuerzo vertical fluye, sin embargo, para grandes desplazamientos, podría ingresar en su zona de endurecimiento amplificándose la resistencia en un factor de 1.5. En la Tabla 4 aparecen las resistencias teóricas y experimentales para los 4 parapetos.

Tabla 4. Resistencias máximas “w” en kg/m².				
Parapeto	M1	M2	M3	M4
Teoría (fluencia)	387	No reforzado	390	390
Teoría (endurecimiento)	581	No reforzado	585	585
Ensayo sísmico	328 (Fase 3)	48 (Fase 1)	343 (Fase 3)	167 (Fase 2)
Ensayo estático	864	---	387	---

De la Tabla 4 se puede extraer los siguientes comentarios:

- La resistencia de la albañilería no arriostrada (M2) es mínima e inferior a la carga reglamentaria de diseño, por lo que es imprescindible arriostrarla.
- M3 y M4 tuvieron el mismo refuerzo vertical, sin embargo, M4 falló antes por anclaje, aunque para una carga mayor que la de diseño reglamentario. M3 falló también por anclaje, pero para una carga 2.3 veces mayor que la de M4, sin alcanzar la resistencia a la fluencia.
- M1 fue el parapeto que tuvo mayor resistencia, incluso que la correspondiente al endurecimiento del refuerzo vertical, lo cual no se explica ya que el refuerzo falló por anclaje (figuras 19 y 20), salvo que el mecanismo final de resistencia sea distinto al considerado en el acápite 3.4 y deba considerarse el aporte de la albañilería.

7. CONCLUSIONES

- La resistencia sísmica de los parapetos de albañilería simple (M2) es mínima e inferior a la carga reglamentaria de diseño, por tanto, es necesario arriostrarlos para prevenir su colapso.
- Los arriostres en base a columnas de concreto con refuerzo vertical anclado químicamente mediante resina epóxica, fueron fáciles de construir, y el utilizado en el parapeto M1 (una sola varilla anclada en una perforación) fue el más sencillo y el que proporcionó la mayor resistencia a carga sísmica perpendicular al plano del parapeto.
- Todos los parapetos arriostrados fallaron por anclaje del refuerzo vertical, con una resistencia mayor a la carga reglamentaria de diseño, pero menor al valor teórico de fluencia, excepto en M1, donde la resistencia sobrepasó incluso a la de endurecimiento del refuerzo, lo cual amerita un nuevo ensayo, considerando dos situaciones: con anclaje químico y con anclaje natural.

REFERENCIAS

1. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y SENCICO. Norma Técnica de Edificaciones E.070 “Albañilería”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, 2006.
2. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y SENCICO. Norma Técnica de Edificaciones E.030 “Diseño Sismorresistente”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, 2006.
3. San Bartolomé, A., Quiun, D. y Silva, W. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Febrero, 2011.
4. San Bartolomé, A. Blog de Investigaciones en Albañilería <http://blog.pucp.edu.pe/blog/albanileria> Lima, 2007.
5. Euco # 452 Gel - Epóxico
<http://www.tamms.com/fileshare/ProductFiles/Spanish/SPA452SysLV.pdf>

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento a los alumnos PUCP Karen Loo y Helmo Rodas, por su colaboración prestada en la primera parte del proyecto.