

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL Y DE LA RIGIDEZ A CORTANTE DE MURETES DE MAMPOSTERÍA DE BARRO Y DE CONCRETO

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece los métodos de prueba para la determinación de la resistencia a compresión diagonal y de la rigidez a cortante de muretes de mampostería de barro y de concreto. Los valores tanto de resistencia a compresión diagonal como de la rigidez a cortante se podrán utilizar en el procedimiento de diseño de estructuras de mampostería.

2. REFERENCIAS

Para la correcta aplicación es necesario consultar las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

MX-C-061-1996	"Industria de la construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a compresión de cementantes hidráulicos"
MX-C-083-1996	"Industria de la construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto"
MX-CH-027-1996	"Industria de la construcción-Métodos para la verificación de máquinas de pruebas"

3. DEFINICIONES

3.1 Murete

Es una probeta con una longitud de al menos una vez y media la máxima dimensión de la pieza (tabique o bloque) y con el número de hiladas para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. El aparejo de las piezas debe ser igual al que se use en obra.

Cuando se requiera evaluar la resistencia y rigidez de sistemas de refuerzo de mampostería, o bien cuando las características de la mampostería no se puedan representar en el tamaño del murete, las probetas serán de al menos 2,0 x 2,0 m.

3.2 Longitud calibrada sobre las diagonales

Es la longitud inicial sobre una diagonal del murete a lo largo de la cual se determina la deformación unitaria. Es igual a la distancia entre los apoyos del dispositivo para medir el alargamiento y el acortamiento de las diagonales descrito en la sección 5.3.

3.3 Muestra

Es la parte representativa del material tomada aleatoriamente de un producto en cantidad suficiente para fabricar una o varias probetas.

3.4 Probeta

Es el arreglo de mampostería con características y dimensiones adecuadas para ser sometido a una prueba determinada.

4. FUNDAMENTOS DE LA PRUEBA A COMPRESIÓN DIAGONAL

La prueba para determinar la resistencia a compresión diagonal y la rigidez a cortante de muretes de mampostería consiste en someter a las probetas a una carga de compresión a lo largo de una de sus diagonales (fig. 1). Durante el ensaye, la carga vertical genera esfuerzos de tensión crecientes que se orientan perpendicularmente a la dirección de carga. Este campo de esfuerzos de tensión conduce a la falla del murete a lo largo de una grieta aproximadamente vertical entre las dos esquinas cargadas.

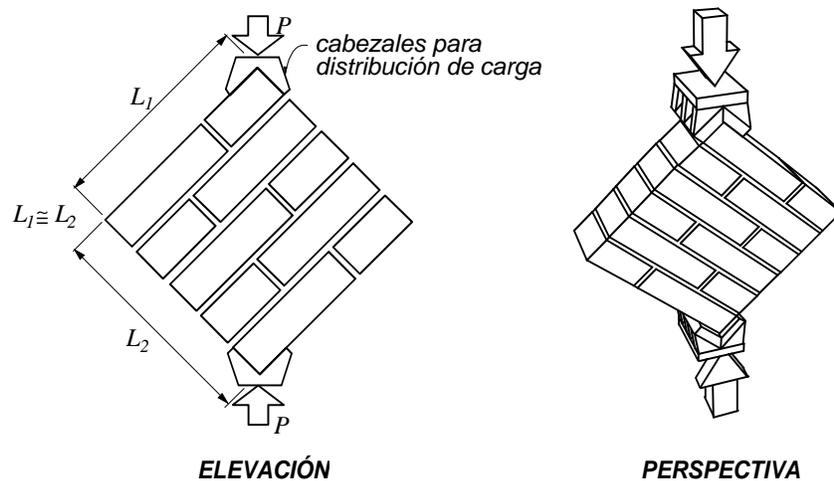


Figura 1 - Murete para prueba a compresión diagonal

5. APARATOS Y EQUIPO

5.1 Máquina de prueba

La máquina de prueba puede ser de cualquier tipo con capacidad suficiente y que pueda funcionar a la velocidad de aplicación de la carga especificada en el inciso 7.2, sin producir impactos ni pérdidas de carga. La máquina de carga debe satisfacer los requisitos de la Norma Mexicana NMX-CH-027-1996.

5.2 Cabezales de distribución de carga

Para distribuir la carga de compresión en las esquinas del murete, se debe emplear un par de cabezales metálicos suficientemente rígidos para aplicar la carga de modo uniforme (fig. 1). En ningún caso los cabezales deben cubrir más de la primera hilada del murete (fig. 2).

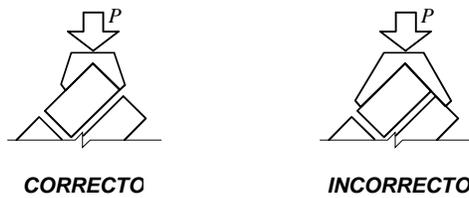


Figura 2 - Colocación de un cabezal en la esquina del murete

Si la longitud de las alas de los cabezales es mayor que la altura de una hilada, se debe colocar un par de ángulos metálicos entre los cabezales y el espécimen, con espesor mínimo de placa de 9 mm, para distribuir la carga de compresión diagonal P (fig. 3). La longitud del ala del ángulo, a , será menor al espesor de una hilada.

Entre la probeta y el cabezal, o en su caso el ángulo de acero, se debe colocar una capa de yeso con espesor máximo de 5 mm para asegurar la distribución uniforme de la carga durante la prueba.

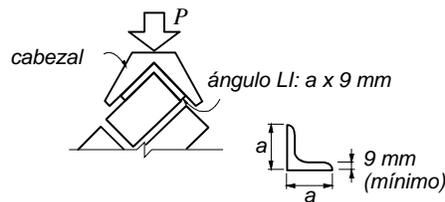


Figura 3 - Uso de un ángulo metálico cuando el cabezal tiene alas más largas que la altura de una hilada

5.3 Dispositivo para medir el acortamiento y el alargamiento de las diagonales

Para determinar el módulo de rigidez a cortante se deben emplear transductores de desplazamiento dispuestos sobre las diagonales de los muretes. La longitud calibrada medida en el sentido horizontal no debe diferir en más de 5% con respecto a la longitud calibrada medida en el sentido vertical. Los transductores deben tener una exactitud de un valor máximo de 0,02 mm y deben estar colocados de manera que se mida el desplazamiento relativo a lo largo de la longitud calibrada sobre las diagonales (alargamiento y acortamiento).

Se puede utilizar un arreglo como el que se muestra en la fig. 4, consistente de marcos que se fijan al murete. La deformación de las diagonales se lee mediante micrómetros o bien transductores eléctricos de desplazamiento. Se recomienda que el dispositivo cuente con barras escantillón para facilitar su colocación y fijación a la probeta.

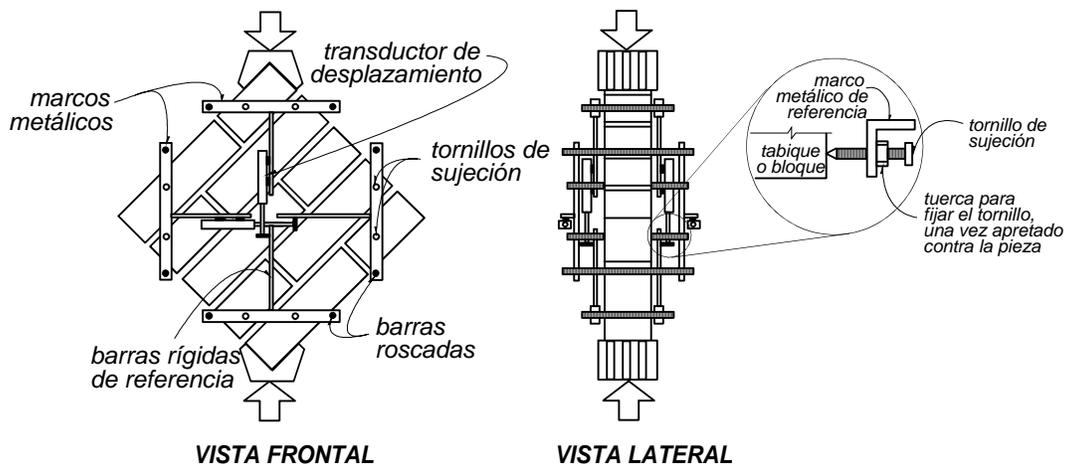


Figura 4 - Dispositivo para medir el acortamiento y el alargamiento de las diagonales empleando marcos metálicos de referencia

Para verificar la verticalidad de la carga a compresión, los dispositivos se deben colocar tanto en la cara anterior como en la posterior de la probeta. La deformación angular de la probeta será el promedio de las calculadas con ambos dispositivos según 8.3.

6. PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

6.1 Dimensiones

Los lados del murete deben ser iguales. Si el cociente entre el lado menor y el mayor es menor o igual que 0,9, se debe desechar la probeta.

6.2 Número de probetas

La determinación de la resistencia a compresión diagonal y del módulo de rigidez a cortante de la mampostería se debe hacer en muretes del mismo tamaño, contruidos con el mismo tipo de piezas, mortero y técnica en la fabricación. Cada uno de los parámetros anteriores se debe determinar en al menos seis muretes. El procedimiento de ensaye permite que, mediante la prueba a compresión diagonal, se determinen ambos parámetros sobre la misma serie de seis probetas.

6.3 Curado

Después de contruidos, los muretes no deben ser movidos en un mínimo de siete días. Se les debe almacenar en ambiente de laboratorio por lo menos 28 días. El laboratorio debe mantenerse a una temperatura de 297 ± 8 K (24 ± 8 °C).

6.4 Cabeceo

Antes del ensaye, las esquinas de la diagonal a compresión de los muretes se deben cabecear con azufre u otro material que facilite la distribución uniforme de la carga y cuya resistencia a compresión sea adecuada según la resistencia esperada de los muretes.

6.5 Mortero

Se debe muestrear el mortero empleado en la fabricación de los muretes conforme a la Norma Mexicana NMX-C-061-1996. Se debe elaborar tres cubos de mortero de una muestra obtenida de cada bacha de mortero utilizada para fabricar las probetas. Los cubos se almacenarán y curarán en las mismas condiciones que las probetas a los cuales están asociados. El ensaye de los cubos deberá realizarse de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-C-061-1996, en el mismo día en que se ensayen las probetas. Los resultados de dichos ensayes se deben incluir en el informe de la prueba, siguiendo las indicaciones de la NMX-C-061-1996.

7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYE

7.1 Colocación de la probeta

Para ello se seguirá lo indicado en la Norma Mexicana NMX-C-083-1996. Se debe tener precaución en el transporte de la probeta a la máquina de prueba; se debe considerar la conveniencia de flejarla para evitar daño a la misma durante su transportación. Los ensayes se deben realizar a los 28 días de la fabricación de las probetas.

7.2 Velocidad de aplicación de la carga

La carga se debe aplicar con una velocidad uniforme y continua, sin producir impacto ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 1,6 a 3,2 kPa/s (1,0 a 2,0 kgf/cm²/min). Se permite una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada siempre y cuando durante la segunda se mantenga la velocidad especificada. Se puede utilizar máquinas operadas manualmente o motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que no deben hacerse ajustes en los controles de las máquinas de prueba operadas a motor, ni tratar de aumentar o disminuir la velocidad de aplicación de carga en las manuales, cerca de la carga de falla del murete.

7.3 Determinación de la rigidez a cortante

Para la determinación de la rigidez a cortante, se debe mantener la temperatura ambiente y humedad tan constante como sea posible durante la prueba. En el informe se debe registrar cualquier fluctuación de dichas variables.

Antes de realizar la prueba para determinar la rigidez a cortante, se debe determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con materiales de la misma muestra.

Cada probeta se debe colocar con el equipo de medición en el cabezal sobre la platina inferior o bloque soporte de la máquina de prueba. Se debe también alinear cuidadosamente el eje de la probeta con el centro de la rótula y anotar la lectura inicial de los deformímetros sin carga. La platina superior debe bajar lentamente hasta que asiente uniformemente en el cabezal.

Para determinar la rigidez a cortante se debe proceder de la siguiente manera:

- a) Aplicar la carga en forma uniforme y continua.
- b) Tomar un número suficiente de lecturas de desplazamiento (alargamiento y acortamiento) y de carga de modo que se pueda definir mediante interpolación o gráficamente el esfuerzo cortante (τ_1) correspondiente a una deformación angular de 0,00005, así como la deformación angular correspondiente al 40% del esfuerzo cortante máximo (τ_2). Si se desea obtener la curva esfuerzo cortante-deformación angular es conveniente tomar una mayor cantidad de lecturas. No se debe interrumpir la carga en ningún momento.

7.4 Aplicación de la carga

La carga se debe aplicar hasta alcanzar la resistencia de las probetas, registrándola. Se considera necesario llevar las probetas hasta la falla, anotando el tipo y apariencia de la mampostería. Se debe considerar el uso de dibujos para facilitar la descripción de la falla, y en caso de usarlos, se deben incluir en el informe de la prueba (sección 9, inciso i). Se recomienda el uso de nivel de burbuja con el fin de garantizar que la carga sea efectivamente axial durante la prueba y se eviten efectos de flexocompresión.

7.5 Protección de los operadores y manejo de desechos

Se debe colocar en la máquina de prueba dispositivos de seguridad para evitar daños a los operadores durante la falla de la probeta; será obligatorio el uso de guantes de cuero y botas con casquillo.

No existe ningún procedimiento especial para el manejo de los desechos del ensaye de pilas; sin embargo, se sugiere emplearlos como material de relleno.

8. CÁLCULOS

8.1 Resistencia a compresión diagonal

La resistencia a compresión diagonal del murete, se debe calcular dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida antes de la prueba sobre la diagonal a compresión. Esta área se obtiene como el producto del espesor del murete, t , y la longitud de la diagonal a compresión, L_c , medidos antes de la prueba (fig. 6). El resultado de la prueba se debe expresar con una aproximación de 10 kPa (0,1 kgf/cm²).

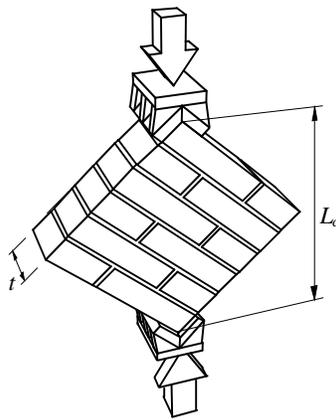


Figura 6 - Obtención de la resistencia a compresión diagonal

8.2 Resistencia a compresión diagonal para fines de diseño

La resistencia a compresión diagonal para fines de diseño ν^* será igual a

$$v^* = \frac{\bar{v}}{1 + 2,5c_v} \quad (1)$$

en que \bar{v} es la media de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados; y
 c_v es el coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados, que no se tomará menor que 0,20.

8.3 Rigidez a cortante

Se calcula como (fig. 7)

$$G_m = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\gamma_2 - 0,00005} \quad (2)$$

donde G_m es la rigidez secante a cortante;
 τ_1 es el esfuerzo cortante correspondiente a 0,00005 de deformación angular;
 τ_2 es el esfuerzo cortante correspondiente al 40% de la carga máxima;
 γ_2 es la deformación angular producida por el esfuerzo τ_2 .

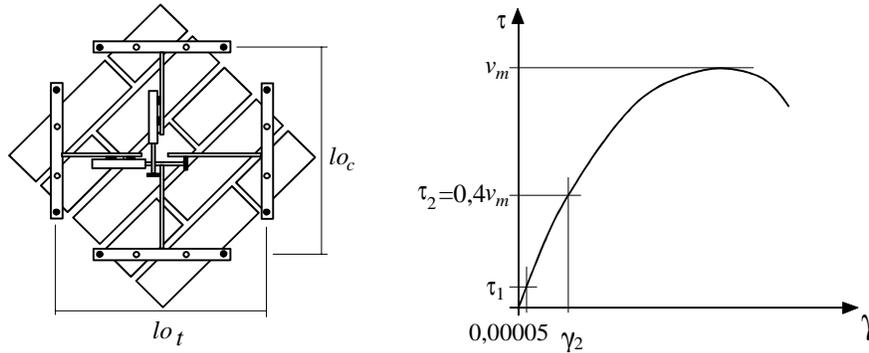


Figura 7 - Obtención de la rigidez a cortante

La deformación angular γ se calcula como

$$\gamma = |\varepsilon_c| + |\varepsilon_t| \quad (3)$$

donde $\varepsilon_c = \frac{\delta_c}{l_{o_c}}$ y $\varepsilon_t = \frac{\delta_t}{l_{o_t}}$ (4)

y ε_c es la deformación de la diagonal a compresión;
 ε_t es la deformación de la diagonal a tensión;
 δ_c es el acortamiento medido sobre la longitud calibrada de la diagonal a compresión;
 δ_t es el alargamiento medido sobre la longitud calibrada de la diagonal a tensión;
 l_{o_c} es la longitud calibrada, medida antes de la prueba, de la diagonal a compresión entre apoyos de transductores; y
 l_{o_t} es la longitud calibrada, medida antes de la prueba, de la diagonal a tensión entre apoyos de transductores (fig. 7).

9. INFORME DE LA PRUEBA

Para la resistencia a compresión diagonal, el registro de los resultados debe incluir los datos siguientes:

- a) Clave de identificación de la probeta.
- b) Tipo y procedencia de las piezas empleadas en la fabricación de la probeta.
- c) Edad nominal de la probeta.
- d) Dimensiones de la probeta en centímetros, con aproximación a milímetros.
- e) Área de la diagonal a compresión, en centímetros cuadrados, con aproximación al décimo.
- f) Carga máxima en Newtons (kilogramos fuerza).
- g) Resistencia a la compresión, calculada con aproximación de 10 kPa (0,1 kgf/cm²).
- h) Resistencia a la compresión promedio de los cubos de mortero muestreados, calculada con aproximación de 10 kPa (0,1 kgf/cm²). Se debe incluir el tipo de cementante empleado y el proporcionamiento de la mezcla.
- i) Descripción de la falla.
- j) Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.

En el informe de la prueba se debe incluir la siguiente leyenda:

“ La resistencia a compresión diagonal de la mampostería en este informe corresponde específicamente a las piezas y mortero cuyo tipo y características se emplearon en la fabricación de las probetas. En caso de cualquier variación de las propiedades de los materiales empleados o del proporcionamiento del mortero, se debe evaluar su efecto en la resistencia a compresión diagonal de la mampostería.”

Para la rigidez a cortante se deben, además, incluir los valores de τ_2 y de γ_2 obtenidos según las secciones 7 y 8 y el cálculo de la rigidez a cortante, con una aproximación de 1 MPa (100 kgf/cm²). Asimismo, se debe incluir la siguiente leyenda:

“ La rigidez a cortante de la mampostería en este informe corresponde específicamente a las piezas y mortero cuyo tipo y características se emplearon en la fabricación de las probetas. En caso de cualquier variación de las propiedades de los materiales empleados o del proporcionamiento del mortero, se debe evaluar su efecto en la rigidez a cortante de la mampostería.”

10. BIBLIOGRAFÍA

Departamento del Distrito Federal, “Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería”, Gaceta Oficial del Departamento del D.F., marzo de 1989, 19 pp.

11. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Al momento de la redacción de esta Norma Mexicana, no existe concordancia con normas internacionales.