

Zacaria, Amelia, Sánchez, Sulpicio (2021). Cal como factor influyente en la resistencia a compresión diagonal de la mampostería. Una revisión. Cuaderno Activa, 13, 61-72.



Cal como factor influyente en la resistencia a compresión diagonal de la mampostería

Alma Delia Zacaria Vital¹, Sulpicio Sánchez Tizapa¹

Recibido: 13 julio 2021. Aprobado: 28 septiembre 2021.

Resumen: En este artículo se analiza el uso de la cal en la mezcla del mortero de pega y su influencia en la resistencia a compresión diagonal de la mampostería elaborada con piezas ligeras de concreto. Se desarrollaron pruebas en el agregado fino, en mortero fresco y seco, así como en especímenes de mampostería, de acuerdo con la norma mexicana. Se emplearon dos dosificaciones con diferentes cantidades de cal: en la primera (D2) se usó 25 % del peso del cemento en cal y en la segunda (D4), 8 %. El agregado cumple con los requerimientos normativos, al tiempo que se cumplen tres de cuatro propiedades del concreto fresco. La resistencia a compresión de diseño de la dosificación D2 aumentó 7 % con respecto a la registrada en la dosificación D4. En el mismo orden, la resistencia de diseño a compresión diagonal fue de 5,53 kg/cm² y 5,24 kg/cm², ambos son mayores al valor normativo de 2 kg/cm². La resistencia de diseño a compresión no alcanzó el límite inferior normativo igual a 20 kg/cm². Finalmente, se concluye que la cal mejoró marginalmente la

resistencia a compresión y compresión diagonal de la mampostería.

Palabras clave: mortero, compresión diagonal, murete, pila, cal, mezcla.

Abstract. This paper analyzes the use of lime in the mortar mixture and its influence on the diagonal compressive strength of the lightweight concrete masonry. Tests on fine aggregate, on fresh and dry mortar, as well as on masonry specimens were developed according to the Mexican standard. Two dosages with different amounts of lime were used, in the first one (D2) 25% of the weight of cement was placed in lime and in the second one (D4) 8% was used. The fine aggregate meets the local standard as well as three of four properties of the fresh concrete. The design compressive strength of the mixture D2 increased 7% over that of the mixture D4; however, the first did not reach the standardized parameter of 20 kg/cm². In the same order, the design diagonal compressive

1 Alma Delia Zacaria Vital. Arquitecta Urbanista. Universidad Autónoma de Guerrero. México, Chilpancingo Guerrero.

Correo electrónico: deliazacaria93@gmail.com ORCID:

2 Sulpicio Sánchez Tizapa. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, México.

Correo electrónico: sstizapa@uagro.mx

strength was 5.53 kg/cm² and 5.24 kg/cm², both are higher than the normative value of 2 kg/cm². Finally, it is concluded that lime marginally improved the compressive and diagonal compressive strength of the masonry elaborated by lightweight concrete pieces.

Keywords: mortar, diagonal compression, walls, piles, lime, mix.

Introducción

El estado de Guerrero registra alrededor del 25 % de la sismicidad de la república mexicana, lo cual se debe a la subducción de la Placa de Cocos (placa oceánica) por debajo de la Placa Norteamericana (placa continental). El punto de encuentro ocurre frente a las costas del Pacífico, desde Jalisco hasta Chiapas.

Algunos sismos importantes ocurridos en Guerrero son el sismo del Ángel del 28 de julio de 1957 de magnitud 7,5 y el sismo de Petatlán, del 14 de marzo de 1979, con magnitud de 7,6. Ambos generaron daños importantes en regiones cercanas al epicentro y en la Ciudad de México.

Recientemente, a causa del sismo del día 10 de diciembre del 2011, en la comunidad de Apaxtla de Castrejón Gro., situada a 20 km del epicentro, se detectaron daños severos en 5 viviendas de mampostería y 63 viviendas de adobe. De las últimas, 35 % presentaron agrietamiento en esquinas debido al amarre deficiente entre los muros, con grietas desde el techo hasta la cimentación. Además, 24 % presentaron grietas en esquinas de aberturas y el 9 %, grietas verticales en el centro de los muros [1]. Se observó que los colapsos en las viviendas ocurren por la debilidad en las estructuras, porque son construidas sin criterio ingenieril y por autoconstrucción, razón por la cual no cuentan con los elementos estructurales mínimos para resistir las fuerzas que genera un sismo.

La mampostería no confinada es más vulnerable que la mampostería confinada, como lo muestran los mayores daños durante el sismo de 2017 [2].

Aunado al riesgo sísmico, la norma actual de mampostería considera un valor máximo de 2 kg/cm² para la resistencia de diseño a compresión diagonal, que es insuficiente para resistir las fuerzas cortantes inducidas [5]. Por lo tanto, para disminuir la vulnerabilidad, es imperativo el uso de materiales más resistentes con morteros adecuados que mejoren la resistencia de la mampostería.

El objetivo de esta investigación es evaluar la resistencia a compresión diagonal de la mampostería elaborada con piezas de concreto y junteadas con mortero cemento-cal, con la idea de modificar favorablemente dicha propiedad.

Estado del arte

Mortero

El mortero para pegar piezas debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma mexicana [3]. Dicha norma establece las especificaciones y métodos de ensaye que debe cumplir el mortero elaborado con cemento hidráulico, cemento de albañilería y/o cal hidratada, para la construcción de elementos de mampostería de uso estructural.

Resistencia a compresión del mortero

La resistencia a compresión del mortero, sea para pegar piezas o para relleno, se determina de acuerdo con el ensaye especificado en la norma mexicana [4]. Los especímenes son cubos (50 mm x 50 mm) y cilindros (10 x 20). Para diseño se empleará el valor registrado en el 98 % de las muestras. Se debe ensayar un lote de al menos nueve probetas, como también cumplir las especificaciones de elaboración y curado.

Clasificación del mortero

Los morteros se clasifican por su resistencia de diseño a compresión en los siguientes tipos [5]:

- Tipo I: con resistencia a compresión mayor o igual que 12,5 MPa (125 kg/cm²).
- Tipo II: con resistencia a compresión menor que la del Tipo I y mayor o igual que 7,5 MPa (75 kg/cm²).

Para el control en campo se utilizará la resistencia media de acuerdo con lo indicado en [3].

Mortero para pegar piezas

Los morteros empleados en elementos estructurales de mampostería presentan las siguientes características [5]:

- La resistencia a compresión será por lo menos de 7,5 MPa (75 kg/cm²).
- Deben contener cemento hidráulico Portland en la cantidad mínima indicada en la Tabla 1.
- El volumen de arena no será mayor que tres veces la suma de los cementantes y se medirá en estado suelto.
- La cantidad de agua será la mínima que dé como resultado un mortero fácilmente trabajable.
- Cuando el mortero incluye cemento de albañilería, la cantidad máxima de éste que se debe usar en combinación con cemento será la indicada en la Tabla 1.

Tabla 1. Proporciones, en volumen, recomendadas para mortero dosificado en obra*.

Tipo de mortero	Partes de cemento hidráulico	Partes de cemento de albañilería	Partes de cal hidratada	Partes de arena**
I	1	—	0 a ¼	3
	1	½	---	4½
II	1	1	0 a ½	4½
	1	—	---	6

* Las proporciones incluidas en esta tabla son sólo indicativas, por lo que el mortero deberá cumplir con la resistencia a compresión de diseño establecida en el inciso 0, independientemente de la dosificación que se utilice.

** El volumen de arena se medirá en estado suelto.

Fuente: [5].

Antecedentes experimentales

A continuación, se exponen los resultados de trabajos realizados sobre las propiedades de la mampostería con bloques de concreto, con la idea de aumentar la resistencia a compresión diagonal de la mampostería, el valor reportado corresponde al promedio y/o de diseño.

Morante [6] utilizó tres técnicas de construcción distintas:

- Técnica A (Patrón): limpieza de ladrillos para luego asentarlos en seco con mortero en proporción volumétrica 1:4 (cemento-arena).
- Técnica B: similar a la técnica A, para luego curar las juntas con una brocha húmeda después de 3 horas del asentado durante 3 días.
- Técnica C: similar a la técnica A, pero se usó mortero con cal en proporción volumétrica 1:1/2:4 (cemento-cal-arena).

Los ladrillos fueron tipo King Kong de concreto y se realizaron ensayos de compresión de pilas, compresión diagonal de muretes, compresión del mortero y de piezas. Igualmente, se evaluó el porcentaje de ranuras, variabilidad dimensional, alabeo y succión de las unidades. La pieza tiene 5 ranuras con resistencia a compresión de 162 kg/cm², la resistencia a compresión fue de 174 kg/cm² y 182 kg/cm² en el primero y segundo morteros, respectivamente. La absorción registró 5 %. La resistencia a compresión diagonal fue 11,19 kg/cm², 10,53 kg/cm² y 12,23 kg/cm² en las técnicas A, B y C.

Basurto [7] ensayó tres muretes con un valor medio de la resistencia a compresión diagonal de 7,59 kg/cm². El mortero utilizado tiene una proporción cemento-arena en volumen de 1:7 con una resistencia promedio de 243 kg/cm². Un lote de 20 tabicones registró una resistencia de 130,16 kg/cm².

Gamboa [8] evaluó la resistencia a compresión axial y al corte puro de ladrillos King Kong de concreto, fabricados artesanalmente en Cajabamba, Perú. Se ensayaron un total de 20 pilas y 12 muretes. La resistencia a compresión diagonal máxima fue 6,43 kg/cm². El mortero registró 87,31 kg/cm² y en las piezas, 81,88 kg/cm².

Contreras y Hernández [9] realizaron pruebas en piezas de tabicón pesado con los siguientes parámetros de diseño: a) resistencia de la pieza, 56,02 kg/cm²; b) resistencia a compresión de la mampostería, 38,58 kg/cm²; c) resistencia a compresión diagonal de la mampostería, 8,24 kg/cm².

Pérez et al. [10] utilizaron un bloque multiperforado de concreto de 12 x 20 x 30 cm con el cual se elaboraron 10 pilas de 40 x 60 cm formadas por tres piezas enteras y 10 muretes de 60 x 60 cm, con tres piezas completas y 3 medias piezas. Los parámetros de diseño resultaron: a) resistencia a compresión del mortero, 210 kg/cm²; b) resistencia a compresión de la pieza, 97,4 kg/cm², c) resistencia a compresión de pilas, 81,00 kg/cm² y d) resistencia a compresión diagonal, 11,8 kg/cm².

Sánchez et al. [11] revisaron un total de 13 investigaciones experimentales realizadas entre 2000 y 2016, donde se utilizaron piezas de tabique, tabicón y bloque hueco. Los valores de resistencia de diseño a compresión diagonal varían, los máximos se obtuvieron en tabique rojo pegado con mortero tipo I, 5,1 kg/cm² y 9,9 kg/cm². En tabicón, los valores máximos obtenidos con mortero tipo I fueron 7 kg/cm² y 7,9 kg/cm²; por último, en el bloque hueco se usó mortero tipo II y el valor fue 4 kg/cm².

Zepeda y Alcocer [12] ensayaron tabiques tipo multex y vintex, la resistencia promedio fue de 178 kg/cm² y 224 kg/cm², respectivamente, con una absorción de agua de 17 y 16 %, respectivamente. Las piezas fueron unidas con mortero tipo I mediante una junta de 1 cm de espesor con cemento puzolánico. En total se ensayaron 9 muretes y 9 pilas. La resistencia a compresión diagonal fue de 8,7 kg/cm² y a compresión resultó de 53,51 kg/cm².

De Gante et al. [13] ensayaron ladrillos de barro recocido pegados con mortero: I, II y III con cal adicionada. La resistencia de diseño a compresión del mortero fue de 124, 88,67 y 29,33 kg/cm², respectivamente, mientras que la resistencia a compresión de la pieza fue 52,45 kg/cm². Por otro lado, la resistencia a compresión diagonal fue de 14,24 kg/cm² en mortero I, 13,75 kg/cm² en mortero II y 8,73 kg/cm² en mortero III.

Materiales y métodos

En la elaboración de la mezcla de mortero se

utilizó cemento, cal y arena. La arena se obtuvo del banco de Mezcala (Iguala, México), y se le realizaron pruebas de granulometría con la norma mexicana [3] utilizando un agitador mecánico y las mallas 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.

Las dosificaciones se definieron a partir de ensayos previos de especímenes cúbicos y cilíndricos. Así, se seleccionaron las dosificaciones D2 y D4, con las cantidades de cal presentadas en la Tabla 2, ya que resultados anteriores mostraron la influencia favorable de la cal. La mezcla fue elaborada en una mezcladora. Se elaboró un lote de 6 cubos de cada dosificación para el ensayo de compresión (Figura 1). También se elaboraron cilindros de mortero. Al mortero fresco se le realizó la prueba de fluidez y revenimiento con el fin de determinar la trabajabilidad de la pasta.

Tabla 2. Dosificación de mortero (en kg). Fuente: elaboración propia (2021).

	Cemento	Cal	Arena	Agua
D2	1,00	0,25	3,56	0,93
D4		0,08		



Figura 1. Llenado de moldes cúbicos.

Fuente: elaboración propia (2021).

Materiales y especímenes

La pieza es tabicón ligero de 9 x 13 x 27 cm, la resistencia a compresión media y de diseño fue de 39,3 kg/cm² y 22,5 kg/cm² y la absorción de 27,3 %. En total se elaboraron 4 muretes de 40 x 42 cm para cada dosificación. Un oficial de la construcción elaboró los especímenes con pieza y media de ancho y cuatro hiladas como lo marca la norma. Las piezas que se utilizaron se usaron en seco (Figura 2). Los muretes fueron instrumentados colocando marcos metálicos en cuatro puntos (Figura 3), y fijando extensómetros en ambas caras para obtener la deformación durante el ensaye. También se colocó una celda de carga en la parte superior del murete para registrar la carga, con esto fue posible obtener tanto la resistencia como la curva de esfuerzo o deformación en cuatro muretes.



Figura 2. Construcción de muretes.

Fuente: elaboración propia (2021).



Figura 3. Instrumentación de murete.

Fuente: elaboración propia (2021).

Para la resistencia a compresión se elaboraron 8 pilas con una altura de 5 piezas. Las dimensiones promedio fueron 51 x 27 x 13 cm (alto, largo y ancho) (Figura 4), las cuales se cabecearon con una capa de concreto con un espesor de 5 mm, con el objetivo de garantizar que la carga durante el ensayo se transmitiera de manera uniforme (Figura 5).

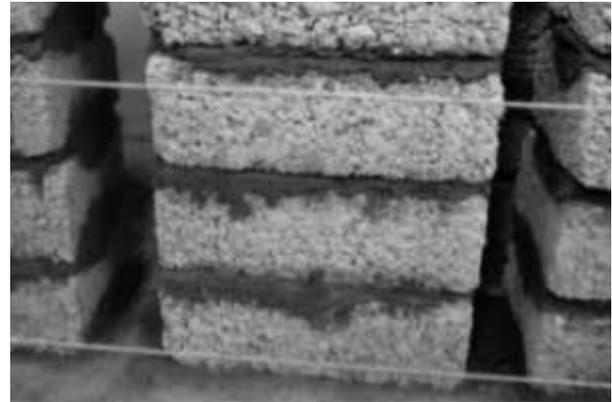


Figura 4. Fabricación de pilas.

Fuente: elaboración propia (2021).

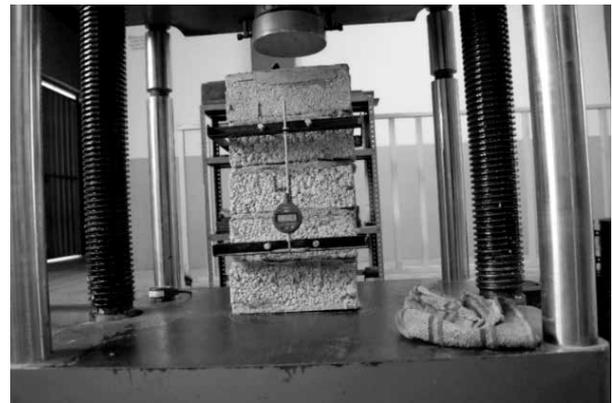


Figura 5. Instrumentación de pila.

Fuente: elaboración propia (2021).

Según el euro código 6 [14], la resistencia al corte de la mampostería se define como la suma del corte inicial y una contribución en la compresión-tensión. El espécimen está formado por tres piezas (Figura 6). Se ensayaron en total 10 pilas de adherencia.



Figura 6. Instrumentación de pila de adherencia.
Fuente: elaboración propia (2021).

Resultados

La Figura 8 muestra la gráfica de la curva granulométrica obtenida, la arena está bien graduada porque está entre los límites y su módulo de finura es 2,49, por lo que cumple con el rango especificado (2,30 a 3,10).

Tabla 3. Resultados de las prueba de arena.
Fuente: elaboración propia (2021).

Pruebas	Resultados
Humedad	2,14 %
Peso volumétrico suelto seco (PVSS)	1.560 t/m ³
Peso volumétrico compacto seco (PVCS)	1.639 t/m ³
Absorción	2,43 %
Densidad	2,50 %
Módulo de finura	2,49
Contenido de materia orgánica	Negativo

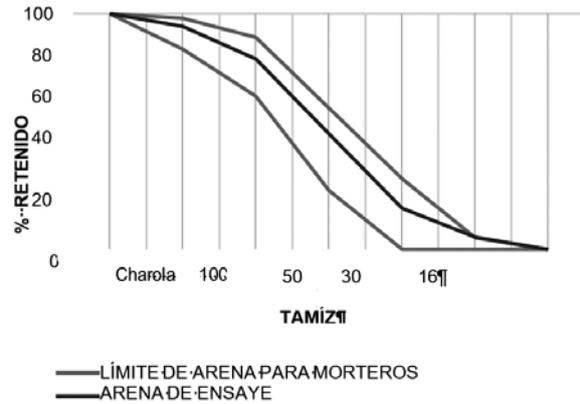


Figura 8. Granulométrica de arena del banco "Mezcala".
Fuente: elaboración propia (2021).

Mortero

La fluidez registró 90 % y 100 % en las dosificaciones D2 y D4, respectivamente. En el mismo orden, el revenimiento fue de 24 cm y 28 cm (Figuras 9 y 10), respectivamente.



Figura 9. Prueba de revenimiento.
Fuente: elaboración propia (2021).



Figura 10. Prueba de fluidez.

Fuente: elaboración propia (2021).

Para el mortero se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 4, el coeficiente de variación (c_j) en las dosificaciones D2 y D4 fue de 0,04 y 0,17, respectivamente. En el cálculo se utilizó el valor normativo igual a 0,20. En la Tabla 5 se muestran los resultados de los cilindros; los coeficientes de variación fueron 0,05 y 0,07 en las dosificaciones D2 y D4. Como se observa, existe diferencia entre ambos resultados, la resistencia a compresión es mayor en los cubos que en los cilindros (Figura 13). Las resistencias de diseño (f'_j) se obtuvieron de acuerdo con la norma.

Tabla 4. Resistencia a compresión (f'_j) en cubos (kg/cm²).

Muestra	D2	Muestra	D4
1	149,9	1	170,2
2	165,4	2	167,3
3	162,9	3	168,9
4	152,7	4	131,2
5	152,9	5	112,1
6	157,5	6	129,7
Promedio	156,9	Promedio	146,6
c_j	0,20	c_j	0,2
f'_j	104,6	f'_j	97,7

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla 5. Cálculo del esfuerzo en cilindros de mortero (kg/cm²).

Muestra	D2	D4
1	107,4	119,0
2	109,9	116,6
3	111,4	111,8
4	108,5	98,4
5	108,3	105,2
6	123,4	103,5
Promedio	111,5	109,1
c'_j	0,20	0,20
f'_j	98,2	92,1

Fuente: elaboración propia (2021).



Figura 11. Ensayo de cubos.

Fuente: elaboración propia (2021).



Figura 12. Ensayo de cilindros.

Fuente: elaboración propia (2021)

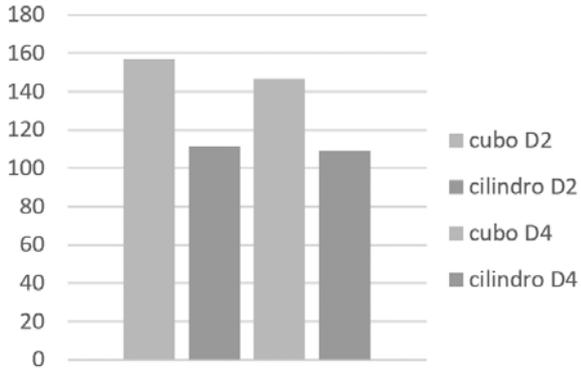


Figura 13. Resistencia promedio a compresión kg/cm².

Fuente: elaboración propia (2021)

Resultados de muretes

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la prueba de compresión diagonal, resistencias, coeficiente de variación y módulo de cortante de las dosificaciones D2 y D4. La resistencia de diseño (v'_m) se realiza con la ecuación 1, se utilizó el coeficiente de variación normativo de 0,20 [5] ya que el experimental fue menor. La Figura 14 muestra un murete ensayado con una falla por tensión diagonal, y la Figura 15 presenta los modos de falla posibles.

$$v'_m = (v_m) / (1 + 2.5c_v) \quad (1)$$



Figura 14. Ensaye de murete 7, falla por tensión diagonal.

Fuente: elaboración propia (2021).

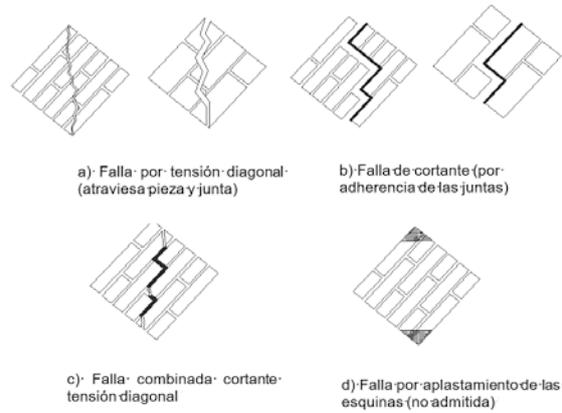


Figura 15. Fallas en muretes.

Fuente: [15].

Tabla 6. Resistencia a compresión diagonal (kg/cm²).

Dosificación	Muestra	Esfuerzo	Fallas	Módulo de cortante (kg/cm ²)	
D2	M1	8,78	Por aplastamiento de la pieza	26.283	
	M2	7,48	Por tensión diagonal		
	M3	7,81	Por aplastamiento de la pieza		
	M4	9,12	Por tensión diagonal		
	Promedio	8,30			
	c_v	0,20	Se considera el mayor valor de la norma y el experimental (0,09)		
	v'_m	5,53			
D4	M5	7,25	Mixta	17.673	
	M6	7,87	Falla por tensión diagonal		
	M7	7,52	Por tensión diagonal	16.469	
	M8	8,82	Por tensión diagonal	18.873	

Dosificación	Muestra	Esfuerzo	Fallas	Módulo de cortante (kg/cm ²)
D4	Promedio	7,87		19.825
	c_v	0,20	Se considera el mayor valor de la norma y el experimental (0,09)	
	v'_m	5,24		

Fuente: elaboración propia (2021).

En la Figura 16 se muestra la gráfica de esfuerzo deformación tangencial de los muretes 4, 5, 7 y 8, el primero pertenece a la dosificación D2 y los tres últimos a la dosificación D4. La deformación de cada diagonal se calculó al dividir el acortamiento entre la longitud instrumentada, y la distorsión angular se determinó sumando la deformación unitaria de la diagonal a compresión más la deformación unitaria de la diagonal a tensión.

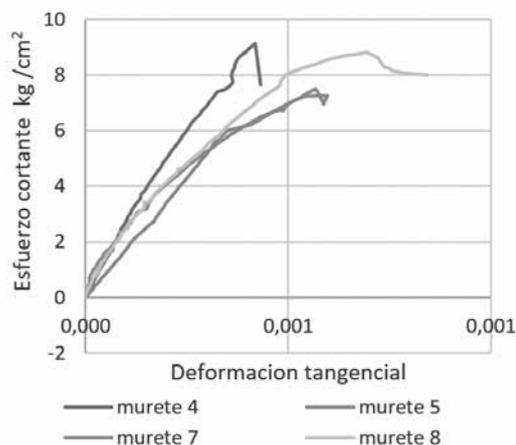


Figura 16. Gráfica de esfuerzo de deformación tangencial de muretes.

Fuente: elaboración propia (2021).

Resultados de pilas de compresión

La Tabla 7 muestra los resultados de la prueba en la resistencia a compresión en pilas de ambas dosificaciones D2 y D4. En la dosificación D2 se tomó el coeficiente de variación experimental y en la dosificación D4 se utilizó el normativo porque el experimental fue 0,10. La resistencia de diseño, f'_m , se obtiene con una ecuación similar a la ecuación (1). La Figura 17 muestra una pila de ensaye con falla de aplastamiento de pieza, y en la Figura 18 se exponen los tipos de fallas que pueden obtener las pilas.



Figura 17. Ensayo de pila 5, falla por aplastamiento de pieza.

Fuente: elaboración propia (2021).

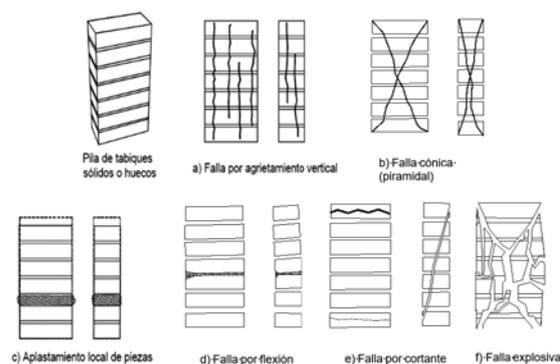


Figura 18. Fallas de las pilas.

Fuente: [15].

Tabla 7. Resistencia de diseño a compresión (f'_m) kg/cm^2 .

	Muestra	Esfuerzo	Falla
D2	M1	24,04	Falla vertical
	M2	19,94	Aplastamiento de pieza
	M3	28,54	Falla vertical
	M4	23,65	Falla vertical
	Promedio	24,04	
	c_m	0,15	
	f'_m	17,49	
D4	M5	19,83	Aplastamiento de pieza
	M6	25,37	Falla local en pieza
	M7	23,86	Falla vertical y en pieza
	M8	25,21	Falla vertical
	Promedio	23,57	
	c_m	0,15	
	f'_m	17,14	

Fuente: elaboración propia (2021).

Resultados de pilas de adherencia

La Tabla 8 muestra los esfuerzos y fallas obtenidos en las pilas de adherencia. En la Figura 19 se muestra un espécimen ensayado con una falla de junta. Las pilas tuvieron fallas en junta, pieza o mixta. El valor medio es de 2,26 kg/cm^2 y 3,50 kg/cm^2 .



Figura 19. Ensayo de pila de adherencia falla mixta.
Fuente: elaboración propia (2021).

Tabla 8. Ensayo de pilas de adherencia (kg/cm^2).

Dosificación	Espécimen	Esfuerzo	Falla
D2	1	2,46	Falla de junta
	2	2,79	Falla de junta
	3	1,32	Falla de junta
	4	2,27	Falla de junta y pieza
	5	2,48	Falla de junta
	Promedio	2,26	

Dosificación	Especimen	Esfuerzo	Falla
D4	6	4,39	Falla de junta y pieza
	7	2,28	Falla de junta y pieza
	8	3,47	Falla de pieza
	9	3,36	Falla de pieza
	10	3,99	Falla de pieza
	Promedio	3,50	

Fuente: elaboración propia (2021).

Discusión de resultados

Con respecto a la consistencia en estado fresco se observa que la mezcla tenía un estado manejable con valores de fluidez igual a 90 y 100 %, la primera es respecto al valor normativo (105 a 130 %). La mezcla obtuvo un revenimiento de 24 cm en la dosificación D2 y de 28 cm en la dosificación D4. Ambos no cumplen el valor de 16 cm de la norma. En cuanto a la resistencia a compresión (f'_j) del mortero, se obtuvieron valores similares en las dos dosificaciones D2 y D4, pero se nota la influencia de la cal. En los cubos, la resistencia aumentó 7 % en la dosificación D2 con respecto a la D4. Sin embargo, en ningún caso se alcanzó el valor especificado del mortero tipo I igual a 125 kg/cm². La resistencia de diseño a compresión diagonal (v'_m) de ambas dosificaciones es parecida, con un aumento de 6 % en la dosificación D2 respecto a la D4. La misma condición se repite para la resistencia a compresión f'_m . La resistencia de diseño a compresión diagonal aumentó 250 % con respecto al valor de la norma (2 kg/cm²), caso inverso de la resistencia, donde fue menor a 20 kg/cm². En el módulo de cortante, el promedio es 19.825 kg/cm².

Conclusión

Con base en los resultados, y con respecto a las propiedades del mortero fresco, el revenimiento no cumple la norma, mientras que la fluidez cumple en un caso.

Con respecto a la resistencia del mortero, la resistencia a compresión de diseño no alcanzó 125 kg/cm², por lo que es un mortero tipo II, hay un incremento marginal asociado a la mayor cantidad de cal. La resistencia es mayor en muestras cúbicas. En ambas dosificaciones, la resistencia de diseño a compresión diagonal, superior a 5,0 kg/cm², es alta con respecto al valor normativo de 2 kg/cm² y parecida a la reportada en trabajos locales. Otra vez se observa un incremento marginal en la dosificación con mayor cantidad de cal. La resistencia de diseño a compresión es baja y no alcanza los 20 kg/cm², especificados en la norma. Finalmente, se puede concluir que la cal mejoró marginalmente la resistencia a compresión y compresión diagonal de la mampostería.

Recomendaciones

Para un mejor resultado de la resistencia a compresión diagonal, se recomienda controlar la relación de resistencias pieza/mortero y realizar más pruebas en especímenes junteados con mortero que incluyan cal.

Referencias

- [1] R. Arroyo Matus, S. Sánchez Tizapa, C. P. Téllez Tapia, y E. R. Guinto Herrera, "Diagnóstico del comportamiento observado en edificaciones durante el sismo de Zumpango, Guerrero, México (Mw= 6.5) del 11 de diciembre de 2011 y propuesta para reducir la vulnerabilidad estructural", *Tlamati*, vol. 5, n.º 2, pp. 22-30, 2014.
- [2] L. M. Buendía Sánchez y E. Reinoso Angulo, "Análisis de los daños en viviendas y edificios comerciales durante la ocurrencia del sismo del 19 de septiembre de 2017", *Rev. Ing. Sísmica*, n.º 101, pp. 19-35, 2019. doi: 10.18867/ris.101.508.

- [3] Norma Mexicana NMX-C-486-ONNC-CE-2014, "Industria de la construcción-mampostería-mortero para uso estructural-especificaciones y métodos de ensayo", México, D.F., Diario Oficial de la Federación, 7 de noviembre de 2014.
- [4] Norma Mexicana NMX-C-061, "Industria de la construcción- cementantes hidráulicos- determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos", México, D.F., Diario Oficial de la Federación, 2015.
- [5] Gobierno de la Ciudad de México, "Acuerdo por el que se actualizan las Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería de la ciudad de México", Gaceta Oficial de la Ciudad de México, n.º 454, 19 de octubre de 2020.
- [6] A. A. Morante Portocarrero, "Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto", tesis de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008.
- [7] E. Basurto Porfirio, "Estudio analítico-experimental del comportamiento sísmico de unidades habitacionales en la ciudad de Zihuatanejo, Guerrero", tesis de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, México, 2013.
- [8] D. E. Gamboa Castro, "Determinación de la resistencia a compresión axial y resistencia al corte puro de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba", tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>
- [9] J. Contreras Mojica, y O. I. Hernández Sánchez, "Propiedades mecánicas de la mampostería a base de tabique rojo recocido, block hueco, tabicón ligero y tabicón pesado, de la zona centro del estado de Guerrero", tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, 2012.
- [10] J. Á. Pérez Gómez, F. Flores Cruz, y R. Cruz y Serrano, "Muros de mampostería con bloques multiperforados de concreto", 2004. Disponible en: <https://docplayer.es/24151162-Muros-de-mamposteria-con-bloques-multiperforados-de-concreto-resumen.html>
- [11] S. Sánchez Tizapa, A. Villaseñor Franco, E. Guinto-Herrera, R. Barragán-Trinidad, y A. Mebarki, "Propuesta de valores de referencia para la resistencia de diseño a compresión diagonal y compresión de la mampostería en el estado de Guerrero, México," *Alconpat*, vol. 7, n.º 3, pp. 231-246, septiembre 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i3.159>
- [12] J. A. Zepeda, y S. M. Alcocer, *Comportamiento ante cargas laterales de muros de arcilla, perforado y multiperforado*. México: Cenapred. Área de Ingeniería Estructural y Geotecnia, 2011.
- [13] J. De Gante Gonzales, S. Contreras Bonilla, H. Torres Díaz, y S. Serrano Vega, "Obtención de propiedades de piezas de mampostería, empleadas en las construcciones de la ciudad de Puebla", *Journals of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 1981.
- [14] M. Tomazevic, "Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: Shear versus tensile strength of Masonry", *Materials and Structures*, vol. 42, n.º 7, pp. 889-907, 2009.
- [15] Norma Mexicana NMX-C-464, "Industria de la construcción, mampostería, determinación de la resistencia a compresión diagonal y módulo de cortante de muretes, así como determinación de la resistencia a compresión y módulo de elasticidad de pilas de mampostería", México, D.F., Diario Oficial de la Federación, 2010.