

ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA EN BLOQUES CEMENTO-ARENA COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE CUNDUACÁN, TABASCO

STUDY ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND WATER ABSORPTION IN CEMENT-SAND BLOCKS MARKETING IN THE CITY OF CUNDUACÁN, TABASCO

López-Gómez A. del R., Martínez-León K.C., Mora-Ortiz, R.S.*, Hernández-Martínez J.D.,
Díaz-Alvarado, S.A.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura,
carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez km. 1, Colonia La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco.

* rene.mora@ujat.mx

Artículo Científico

Publicado: 17 de diciembre 2024

RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis de la calidad de los bloques de mortero (cimento-arena) comercializados en la ciudad de Cunduacán, Tabasco (México). Se analizaron sus dimensiones físicas, la resistencia a la compresión simple, la absorción inicial (capilaridad) y la absorción total. Estos resultados se compararon con lo establecido en las normas de construcción mexicanas referentes a elementos prefabricados para uso estructural y no estructural. De los tres principales fabricantes de bloques de la Ciudad se recopilaban 12 elementos macizos de 10 cm de ancho, 40 cm de largo y 20 cm de alto. Los resultados mostraron que ninguno de los bloques alcanzó la resistencia mínima establecida para considerarse bloques con uso estructural e incluso la mayoría de los bloques exhibieron resistencias muy por debajo de lo mínimo requerido para utilizarse como elementos de uso no estructural. Los ensayos de absorción de agua mostraron que en la mayoría de

los bloques se sobrepasa por mucho el valor máximo indicado en la norma correspondiente. Adicionalmente, como parte de esta investigación, se construyeron seis bloques macizos de mortero siguiendo el mismo procedimiento constructivo y dimensiones utilizados por los tres fabricantes. A los bloques del proyecto se les dio una proporción de cemento – arena 1:4 y se le sometió a un proceso de curado. Al realizar el mismo análisis de calidad sobre estos bloques, se obtuvieron valores de resistencia a la compresión y de absorción de agua considerablemente mejores que los bloques comerciales.

Palabras clave: Bloques de cemento-arena; resistencia a la compresión; absorción total; absorción inicial.

ABSTRACT

This article presents an analysis of the quality of commercial cement-sand mortar blocks sold in Cunduacán, Tabasco (México). Their physical

dimensions, compressive strength, initial absorption (capillarity), and total absorption were analyzed. These results were compared to Mexican construction standards for prefabricated elements for structural and non-structural use. Twelve solid blocks, measuring 10 cm wide, 40 cm long, and 20 cm high, were collected from the three main manufacturers in the city. The results showed that none of the blocks met the minimum strength required to be considered for structural use, and most of the blocks exhibited resistance well below the minimum required for non-structural use. Water absorption tests showed that most of the blocks exceeded the maximum value indicated in the corresponding standard. Additionally, as part of this research, six solid mortar blocks were constructed using the same construction procedure and dimensions used by the three manufacturers. The project blocks were given a cement-sand ratio of 1:4 and subjected to a curing process. When the same quality analysis was performed on these blocks, significantly better compressive strength and water absorption values were obtained compared to the commercial blocks.

Keywords Cement-sand blocks; compressive strength; total absorption; initial absorption.

INTRODUCCIÓN

La autoconstrucción de viviendas es una práctica muy extendida en nuestro país, por lo que dentro de los materiales de mayor demanda se encuentran los elementos prefabricados a base de

cemento-arena (mortero), como es el caso de los bloques macizos y huecos. Estos elementos son elaborados en planta (prensados o hechos a mano) y posteriormente llevados a obra. Dentro de un mismo tipo de bloque, estos elementos poseen características geométricas similares (largo, ancho, alto) entre sí, lo que ayuda a que su elaboración sea en cadena y sistematizada, además de que durante su colocación pueden ensamblarse correctamente. Dentro de las principales ventajas que estos elementos prefabricados ofrecen están: 1) permiten una construcción más rápida, ya que solo se destina tiempo al pegado de estos elementos y no a su fabricación; 2) permiten un ahorro en la ejecución de la obra, debido a que estos elementos se elaboran con dimensiones estandarizadas además de que es posible comprar solo la cantidad de bloques necesarios; y 3) al ser fabricados en planta están sometidos a mejores procesos de control de calidad. Al ser el bloque un material de gran demanda entre la población y la industria de la construcción, su calidad es un factor muy importante, por lo que existen normas técnicas nacionales (ONNCCE) que regulan la calidad de los materiales de la industria de la construcción desde sus dimensiones hasta su resistencia a la compresión simple. Los bloques que no cumplen con dichos ordenamientos son susceptibles a desarrollar grietas, tener menor durabilidad y aumentar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Lo anterior impacta directamente en el estado límite de servicio de las

estructuras y, en casos extremos, podría causar su colapso. Por lo antes mencionado, es muy importante que los fabricantes lleven un control de calidad de estos elementos prefabricados de conformidad con la norma aplicable. A pesar de lo anterior, es común que los fabricantes de bloques no realicen un correcto control de calidad, por lo que estos no cumplen con las dimensiones y resistencias mínimas señaladas en las normas. En este sentido, Escamirosa y Molina [1] realizaron un estudio de verificación de la resistencia a la compresión simple y de las dimensiones de 30 piezas de bloques de concreto (huecos y macizos) procedentes de tres fabricantes distintos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (México). Los resultados de la investigación demostraron que la resistencia a la compresión simple de los elementos analizados estaba muy por debajo de lo establecido por las normas mexicanas de construcción.

La presente investigación tuvo como objetivo analizar diversas muestras de bloques de mortero macizos que se comercializan en el municipio de Cunduacán, Tabasco (México), para posteriormente comparar los resultados con lo establecido en las normas de construcción mexicanas referentes a esos elementos prefabricados. Las propiedades analizadas fueron la absorción inicial (capilaridad), absorción total (inmersión), dimensiones geométricas y resistencia a la compresión simple. Para este estudio se adquirieron en total 12 bloques macizos de los tres principales fabricantes de la

ciudad, 4 piezas a cada uno. Adicionalmente, como parte de la investigación, se construyeron bloques macizos de mortero mediante compresión mecánica utilizando una mezcla en proporción cemento arena 1:4, los cuales, una vez fraguados, se sometieron a un periodo de curado de 28 días. Al finalizar este periodo, se les realizaron los mismos ensayos que a los bloques comerciales. Los resultados demostraron que con una buena dosificación y curado es posible cumplir con lo señalado en las normas de construcción.

METODOLOGÍA

A continuación, se describe el procedimiento seguido para alcanzar el objetivo de esta investigación.

El primer paso fue la adquisición de los bloques de mortero; para ello se ubicaron a los tres principales fabricantes de bloques en la ciudad de Cunduacán, Tabasco. Para preservar la identidad de los fabricantes, se les asignaron los nombres: Fabricante 1, Fabricante 2 y Fabricante 3. Se adquirieron 4 piezas de cada fabricante.

De cada una de las piezas se anotaron sus dimensiones y se compararon con lo establecido en la norma mexicana NMX-C-038-ONNCCE [2].

Se registró el peso de cada elemento como "Ms" (masa seca). Se calculó el área de cada uno con las medidas obtenidas y se comparó con los estándares de las normas NMX-C-404-ONNCCE [3] y NMX-C-441-ONNCCE [4].

Se realizó la prueba de absorción por capilaridad de conformidad con el procedimiento de la norma NMX-C-037-ONNCCE [5]. Para esta prueba se colocaron en una bandeja de metal dos barras de metal inoxidable, se llenó el recipiente con agua de manera que el nivel se ubicara entre 3 mm y 4 mm arriba del nivel superior de los apoyos de metal. A continuación, se colocó sobre los apoyos el bloque de mortero, de manera que quedara $5 \text{ mm} \pm 1$ por debajo del nivel del agua durante 10 minutos (**Figura 1**). En este tiempo se debe mantener el nivel del agua en las mismas condiciones iniciales. Al finalizar el tiempo, se registró el peso del bloque.



Figura 1. Ensayo de absorción.

La absorción inicial se calculó con la siguiente ecuación (1):

$$Cb = \frac{100M}{S\sqrt{t}} = \frac{100(M_1 - M_S)}{S\sqrt{t}} \quad (1)$$

Donde Cb es el coeficiente de absorción inicial en $\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min}^{0.5})$, M es la masa de agua absorbida en gramos, M_1 es la masa húmeda en gramos, M_S es la masa seca en gramos, S es la superficie de la cara sumergida cm^2 y t es el tiempo de inmersión en minutos.

Para determinar la absorción total, se siguió el procedimiento descrito en la norma NMX-C-037-ONNCCE [5]. Se sumergieron totalmente cada uno de los bloques dentro de una pila con agua durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo, fueron sacados de la pila, se escurrieron por menos de 2 minutos y fueron llevados a la balanza para obtener su peso saturado superficialmente seco. La absorción total se determinó con la siguiente ecuación (2):

$$A = \frac{M_{SSS}}{M_S} \times 100 \quad (2)$$

Donde A es la absorción en % (en masa), M_S es la masa seca en gramos y M_{SSS} es la masa saturada y superficialmente seca en gramos.

Con la ayuda de una prensa eléctrica se determinó la resistencia a la compresión simple de todos los bloques en estudio según lo marcado por la norma NMX-C-036-ONNCCE [6] (**Figura 2**). Previo al ensayo, todos los bloques se secaron al aire.

Para determinar la resistencia a la compresión se utilizó la siguiente ecuación (3):

$$R = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Donde R es la resistencia a la compresión en kg/cm^2 , F es la carga máxima en kg y A es el área transversal del espécimen en cm^2 .



Figura 2. Ensayo a compresión simple de los bloques.

Como complemento al análisis de los bloques de los tres fabricantes, se construyeron seis bloques macizos de mortero usando una dosificación cemento-arena 1:4 (en peso seco). Los moldes y prensa utilizados fueron facilitados por uno de los fabricantes (**Figura 3**). La arena utilizada es de río (misma que los tres fabricantes utilizaron), y procede del banco Samaria, ubicado en el municipio de Cunduacán, Tabasco. La **Figura 4** muestra que la granulometría de la arena utilizada se encuentra en el rango marcado por la norma NMX-C-111-ONNCCE [7].



Figura 3. (a) Fabricación de los bloques, (b) bloques macizos terminados.

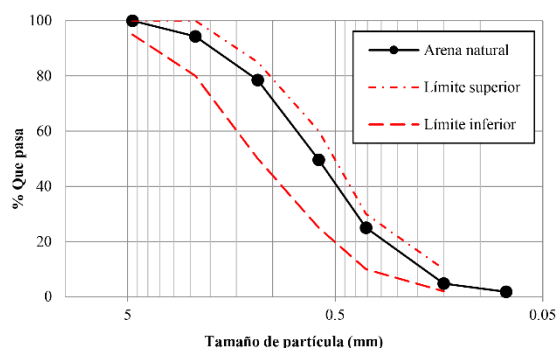


Figura 4. Curva granulométrica de la arena.

Para fabricar los seis bloques se utilizaron 16.20 kg de cemento, 72.6 kg de arena y 10.8 litros de agua. A estos bloques se les llamó bloques de proyecto.

Después de fraguados los bloques de proyecto, se les sometió a dos tipos de curado durante 28 días: por inmersión (**Figura 5**) y artesanal (**Figura 6**). Este último consiste en humedecer a los bloques con agua cada 24 horas y taparlos con un elemento plástico para reducir la evaporación del agua.

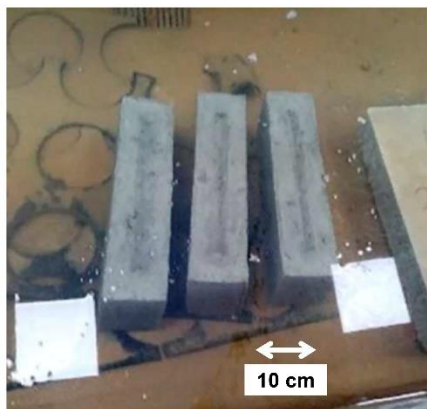


Figura 5. Curado por inmersión en agua.



Figura 6. Curado artesanal: (a) humedecimiento, (b) cubierta para evitar evaporación de agua.

Al igual que a los bloques comerciales, a los bloques de proyecto se les tomaron sus dimensiones (**Figura 7**) y se ensayaron para obtener la absorción inicial, absorción total y la resistencia a la compresión simple.

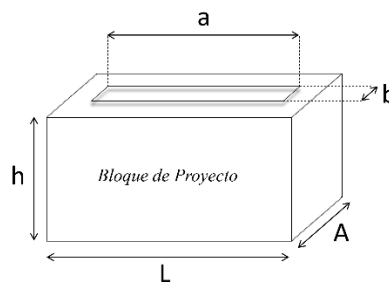


Figura 7. Dimensiones de bloques analizados.

RESULTADOS

Debido a que es un indicador indirecto de la durabilidad, la resistencia a la compresión es una propiedad muy importante en elementos de mortero y concreto, se sabe qué elementos resistentes son elementos densos, lo que representa menor porosidad, lo que a su vez indica menor absorción de agua en su estado endurecido y por ende menor penetración de agentes contaminantes, lo que al final repercute en la durabilidad [8], [9].

Las **Tablas 1, 2 y 3** muestran los resultados de compresión simple y análisis de las dimensiones de los bloques de los Fabricantes 1, 2 y 3, respectivamente. En el lado derecho de estas tablas se muestran los requerimientos de las normas para los bloques de uso estructural (NMX-C-404-ONNCCE, [3]) y no estructural (NMX-C-441-ONNCCE, [4]).

Tabla 1. Análisis de los bloques del Fabricante 1.

Fabricante:	1						
Tipo de elemento:	Bloque macizo de 10 cm						
Fabricación:	Mecánica						
Dimensiones (cm)	Pieza				Promedio (cm)	Especificaciones NMX-C-	
	A10-1	A10-2	A10-3	A10-4		404-ONNCCE-2012 (USO ESTRUCTURAL)	441-ONNCCE-2013 (USO NO ESTRUCTURAL)
A	10.10	10.00	10.10	10.00	10.05	10 cm ± 2 mm	
L	40.30	40.40	40.50	40.40	40.40	39 cm ± 2 mm	
h	19.80	19.60	19.50	19.00	19.48	19 cm ± 3 mm	
ÁREA BRUTA (cm ²):	407.03	404.00	409.05	404.00	406.02		
ÁREA NETA (cm ²):	407.03	404.00	409.05	404.00	406.02		
ÁREA NETA (%):	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	75% > Aneta > 50%	
VOLUMEN (m ³)	0.00806	0.00792	0.00798	0.00768	0.00791		
PESO (kg)	13.674	13.784	13.089	13.995	13.636		
PESO VOLUMÉTRICO (kg/m ³):	1696.70	1740.76	1640.95	1823.22	1725.404		
CARGA (kg):	6659.55	7739.55	6359.55	8039.55	7199.55		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²):	16.36	19.16	15.55	19.90	17.741	120 kg/cm ² (Mínima individual) 150 kg/cm ² (Media)	28 kg/cm ² (Mínima individual) 35 kg/cm ² (Media)
ÁREA TOTAL:	L x A		ÁREA NETA:	(L x A) - (L-(a+b+c+f)) x (A-(d+e))			

Tabla 2. Análisis de los bloques del Fabricante 2.

Fabricante:	2						
Tipo de elemento:	Bloque macizo de 10 cm						
Fabricación:	Mecánica						
Dimensiones (cm)	Pieza				Promedio (cm)	Especificaciones NMX-C-	
	A10-1	A10-2	A10-3	A10-4		404-ONNCCE-2012 (USO ESTRUCTURAL)	441-ONNCCE-2013 (USO NO ESTRUCTURAL)
A	10.00	10.00	10.08	10.00	10.02	10 cm ± 2 mm	
L	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	39 cm ± 2 mm	
h	21.00	20.20	20.20	20.20	20.40	19 cm ± 3 mm	
ÁREA BRUTA (cm ²):	400.00	400.00	403.20	400.00	400.80		
ÁREA NETA (cm ²):	400.00	400.00	403.20	400.00	400.80		
ÁREA NETA (%):	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	75% > Aneta > 50%	
VOLUMEN (m ³)	0.00840	0.00808	0.00814	0.00808	0.00818		
PESO (kg)	14.600	14.300	14.450	14.200	14.388		
PESO VOLUMÉTRICO (kg/m ³):	1738.10	1769.80	1774.17	1757.43	1759.874		
CARGA (kg):	11039.55	10679.55	9899.55	8729.55	10087.05		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²):	27.60	26.70	24.55	21.82	25.169	120 kg/cm ² (Mínima individual) 150 kg/cm ² (Media)	28 kg/cm ² (Mínima individual) 35 kg/cm ² (Media)
ÁREA TOTAL:	L x A		ÁREA NETA:	(L x A) - (L-(a+b+c+f)) x (A-(d+e))			

Tabla 3. Análisis de los bloques del Fabricante 3.

Fabricante:	3						
Tipo de elemento:	Bloque macizo de 10 cm						
Fabricación:	Mecánica						
Dimensiones (cm)	Pieza				Promedio (cm)	Especificaciones NMX-C-	
	C10-1	C10-2	C10-3	C10-4		404-ONNCCE-2012 (USO ESTRUCTURAL)	441-ONNCCE-2013 (USO NO ESTRUCTURAL)
A	10.00	10.00	10.10	10.00	10.03	10 cm ± 2 mm	
L	40.00	40.00	40.10	40.00	40.03	39 cm ± 2 mm	
h	19.87	20.87	20.65	20.80	20.55	19 cm ± 3 mm	
ÁREA BRUTA (cm ²):	400.00	400.00	405.01	400.00	401.253		
ÁREA NETA (cm ²):	400.00	400.00	405.01	400.00	401.253		
ÁREA NETA (%):	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	75% > Aneta > 50%	
VOLUMEN (m ³)	0.00795	0.00835	0.00836	0.00832	0.00824		
PESO (kg)	14.800	16.400	16.400	16.300	15.975		
PESO VOLUMÉTRICO (kg/m ³):	1862.10	1964.54	1960.91	1959.13	1936.673		
CARGA (kg):	18329.550	27539.550	23969.550	31919.550	25439.550		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²):	45.82	68.85	59.18	79.80	63.414	120 kg/cm ² (Mínima individual) 150 kg/cm ² (Media)	28 kg/cm ² (Mínima individual) 35 kg/cm ² (Media)
ÁREA TOTAL:	L x A				ÁREA NETA:	(L x A) - (L-(a+b+c+f)) x (A-(d+e))	

En la parte inferior de las tablas anteriores se muestra la ecuación que la normas 404 y 441 especifican para determinar el área neta de los bloques. Las variables c, f, d y e, hacen referencia a las dimensiones de las celdas en bloques huecos. En este estudio, estas variables no tienen valor numérico debido a que solo se utilizaron bloques macizos. Analizando los resultados de la resistencia a la compresión de bloques para uso no estructural y para uso estructural, se pudo observar que los bloques de los Fabricantes 1 y 2 no cumplieron con los valores mínimos requeridos. La resistencia promedio de los bloques del Fabricante 1 fue 49 % menor que la media señalada en la norma NMX-C-441-ONNCCE [4] para bloques de uso no estructural. Por su parte, los bloques del Fabricante 2 mostraron resistencias 28% menores al estándar señalado. Por otro lado, los bloques del Fabricante 3 cumplieron con la resistencia mínima que

se solicita para considerarse como elementos de uso no estructural; de hecho, alcanzaron una resistencia 81% mayor a lo requerido. A pesar de lo anterior, la resistencia no fue lo suficientemente grande para cumplir como bloques de uso estructural, ya que están 58% por debajo de lo requerido por norma NMX-C-404-ONNCCE [3].

En lo que respecta a las dimensiones de los bloques de los tres Fabricantes, se puede concluir que estas no cumplen con lo señalado en las normas; sin embargo, hay que comentar un aspecto importante, el cual se abordará en la sección de Discusión.

En la **Tabla 4** se observan los resultados del análisis de las dimensiones de los bloques que se diseñaron en esta investigación, los bloques de proyecto, así como sus respectivas resistencias a la compresión simple. La tabla está dividida en dos: una sección corresponde a los bloques con curado artesanal y la otra, para los bloques con curado por inmersión.

Tabla 4. Análisis de las dimensiones y resistencia a la compresión de los bloques diseñados.

Fabricante:	Proyecto									
Tipo de elemento:	Bloque macizo de 10 cm									
Fabricación:	Mecánica									
DIMENSIONES (cm)	Pieza								Especificaciones NMX-C-	
	Curado artesanal				Curado por inmersión				404-ONNCCE-2012 (USO ESTRUCTURAL)	441-ONNCCE-2013 (USO NO ESTRUCTURAL)
	P10-1	P10-2	P10-3	Promedio (cm)	P10-4	P10-5	P10-6	Promedio (cm)		
A	10.30	10.10	10.10	10.17	10.10	10.20	10.10	10.13	10 cm ± 2 mm	
L	40.00	40.20	40.00	40.07	40.00	40.00	40.00	40.00	39 cm ± 2 mm	
h	19.30	19.80	19.20	19.43	19.70	19.40	19.60	19.57	19 cm ± 3 mm	
a	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	30.00	30.50	30.50		
b	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		
ÁREA BRUTA (cm²):	412.0	406.0	404.0	407.34	404.0	408.0	404.0	405.33		
ÁREA NETA (cm²):	319.0	313.0	311.0	314.34	311.0	318.0	312.5	313.83		
ÁREA NETA (%):	77.4	77.1	77.0	77.17	77.0	77.9	77.4	77.42	75% > Aneta > 50%	
VOLUMEN (m³)	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.01		
PESO (kg)	17.0	17.0	16.8	16.93	17.3	17.1	17.1	17.17		
PESO VOLUMÉTRICO (kg/m³):	2,137.9	2,114.6	2,165.8	2139.47	2,173.7	2,160.4	2,159.5	2164.54		
CARGA (kg):	49,699.6	57,849.6	49,479.6	52342.88	54,579.6	60,279.6	43,119.6	52659.55		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²):	120.6	142.5	122.5	128.53	135.1	147.7	106.7	129.86	120 kg/cm² (Mínima individual) 150 kg/cm² (Media)	28 kg/cm² (Mínima individual) 35kg /cm² (Media)
ÁREA TOTAL: L x A					ÁREA NETA: (L x A) - (a x b)					

Los resultados de compresión sobre ambos tipos de bloque mostraron que estos cumplen ampliamente con la resistencia para considerarse elementos de uso no estructural, y no solo eso, sino que además, la gran mayoría de ellos alcanzaron la resistencia mínima individual para considerarse elementos de uso estructural ($\geq 120 \text{ kg/cm}^2$).

Los resultados de los ensayos de absorción inicial y total sobre todos los bloques en estudio se muestran en las **Tablas 5 y 6**, respectivamente.

Los resultados del ensayo de absorción inicial mostraron que los bloques de los tres fabricantes sobrepasan el límite

establecido por la norma NMX-C-404-ONNCCE [3].

Se observó que los bloques del Fabricante 2 mostraron valores muy elevados con respecto al estándar señalado en la norma ($5 \text{ g/cm}^2 \times \text{min}^{0.5}$).

Los resultados obtenidos en los ensayos de absorción total mostraron que todos los bloques analizados no sobrepasan el valor límite establecido en la norma, destacándose los bloques de proyecto, los cuales exhibieron valores muy bajos con respecto a los mostrados por los bloques de los fabricantes. Dentro de los bloques de proyecto, aquellos con menor absorción total fueron los que se sometieron a un curado por inmersión.

Tabla 5. Resultados del ensayo de absorción inicial para bloques comerciales y diseñados.

Absorción Inicial								
Fabricante	Número de Pieza	Masa seca (g)	Masa húmeda (g)	Agua absorbida (g)	Superficie de la cara sumergida (cm ²)	Tiempo de inmersión (min)	Coefficiente de absorción (g/cm ² x min ^{0.5})	Promedio (g/cm ² x min ^{0.5})
		Ms	M1	M	S	t	Cb	Cb
1	A10-1	13,674.0	13,795.0	121.0	407.0	10	9.4	9.5
	A10-2	13,874.0	13,977.0	103.0	404.0	10	8.1	
	A10-3	13,089.0	13,234.0	145.0	409.1	10	11.2	
	A10-4	13,995.0	14,115.0	120.0	404.0	10	9.4	
2	B10-1	14,600.0	14,800.0	200.0	400.0	10	370.0	217.7
	B10-2	14,300.0	14,700.0	400.0	400.0	10	183.8	
	B10-3	14,450.0	14,800.0	350.0	403.2	10	210.6	
	B10-4	14,200.0	14,900.0	700.0	400.0	10	106.4	
3	C10-1	14,800.0	15,200.0	400.0	400.0	10	31.6	19.7
	C10-2	16,400.0	16,500.0	100.0	400.0	10	7.9	
	C10-3	16,400.0	16,600.0	200.0	405.0	10	15.6	
	C10-4	16,300.0	16,600.0	300.0	400.0	10	23.7	
Proyecto/ Curado artesanal	P10-1	17,000.0	17,000.0	0.0	412.0	10	0.0	3.1
	P10-2	17,000.0	17,100.0	100.0	406.0	10	7.8	
	P10-3	17,080.0	17,100.0	20.0	404.0	10	1.6	
Proyecto/ Curado inmersión	P10-4	17,300.0	17,300.0	5.3	404.0	10	0.4	0.5
	P10-5	17,100.0	17,100.0	9.5	408.0	10	0.7	
	P10-6	17,100.0	17,100.0	6.1	404.0	10	0.5	
NMX-C-404-ONNCE-2012 (USO ESTRUCTURAL)						≤5 (g/cm ² x min ^{0.5})		

Tabla 6. Resultados del ensayo de absorción total para bloques comerciales y diseñados.

Absorción Total					
Fabricante	Número de Pieza	Masa seca (g)	Masa saturada y superficialmente seca (g)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)
		Ms	Msss	A	A
1	A10-1	13,674.0	15,193.0	11.1	11.0
	A10-2	13,874.0	15,370.0	10.8	
	A10-3	13,089.0	14,640.0	11.8	
	A10-4	13,995.0	15,410.0	10.1	
2	B10-1	14,600.0	15,900.0	8.9	10.7
	B10-2	14,300.0	15,800.0	10.5	
	B10-3	14,450.0	16,000.0	10.7	
	B10-4	14,200.0	16,000.0	12.7	
3	C10-1	14,800.0	16,100.0	8.8	7.0
	C10-2	16,400.0	17,400.0	6.1	
	C10-3	16,400.0	17,450.0	6.4	
	C10-4	16,300.0	17,400.0	6.7	
Proyecto/ Curado artesanal	P10-1	17,000.0	17,300.0	1.8	1.0
	P10-2	17,000.0	17,200.0	1.2	
	P10-3	17,080.0	17,100.0	0.1	
Proyecto/ Curado inmersión	P10-4	17,300.0	17,400.0	0.6	0.6
	P10-5	17,100.0	17,200.0	0.6	
	P10-6	17,100.0	17,200.0	0.6	
NMX-C-404-ONNCE-2012 (USO ESTRUCTURAL)				≤12%	

DISCUSIÓN

Un punto importante por comentar es el criterio que se siguió en el análisis de las dimensiones de los bloques. Las normas en su texto hacen referencia a estos bloques con la denominación 20 cm x 40 cm (incluyendo la junta de albañilería = 10 mm). Estas dimensiones representan el ancho y largo, respectivamente. Sin embargo, en la tabla de referencias de las normas colocan como criterio para la aceptación del largo y ancho las siguientes dimensiones 39 cm $\pm$ 2 mm y 19 cm $\pm$ 3 mm, respectivamente. Los tres fabricantes elaboraron sus moldes siguiendo las especificaciones del texto de la norma, es decir, largo de 40 cm y alto de 20 cm, pero no tomaron en consideración que estas dimensiones ya deben incluir los 10 mm de junta de albañilería, por lo que al fabricar bloques de 40 cm x 20 cm quedan 10 mm fuera del rango especificado. Un aspecto importante para entender el proceder de los fabricantes es que las dimensiones que utilizan facilitan mucho la elaboración de bloques en serie, además de que históricamente son las dimensiones que se han usado en Tabasco y en otros estados de México.

En cuanto a la resistencia a la compresión simple en los bloques de los tres fabricantes, se observó que en general demostraron estar por debajo de lo solicitado en las normas. Debido a que los bloques analizados son macizos, se les considera bloques para uso estructural; sin embargo, su resistencia está muy por debajo de la resistencia mínima requerida.

Los bloques de los tres fabricantes sobrepasan el valor máximo de absorción inicial, pero la mayoría cumple con el valor límite de absorción total. Los valores de resistencia y absorción están ligados, ya que bloques resistentes son bloques con menor porosidad, por lo que absorben menos agua. El fabricante 3 exhibió bloques que si cumplen con la resistencia mínima para ser considerados como elementos no estructurales, por lo que todos ellos cumplen con el valor de absorción total.

El proceso constructivo de los bloques es muy similar en los tres fabricantes: no cuidan la cantidad de agua durante el mezclado y no someten a los bloques a curado, es decir, después de que los bloques fraguan, los ponen a la venta. Por estas razones, la resistencia a la compresión no se alcanza a desarrollar por completo, repercutiendo negativamente en la porosidad y la absorción. A pesar de lo anterior, los bloques del Fabricante 3 mostraron mejores resultados, esto se debe a la dosificación empleada para la fabricación de sus bloques.

Los bloques fabricados en esta investigación mostraron una gran resistencia, producto de dos factores: 1) una buena dosificación cemento-arena (1:4) y, 2) a que estos sí estuvieron sometidos a procesos de curado. Ambos tipos de curado mostraron buenos resultados, pero fue el curado por inmersión quien mostró las mejores características. Ahora bien, proporcionar una buena dosificación y un periodo de curado reduce el margen de ganancia de los fabricantes, pero es más importante

garantizar la calidad de los bloques que se comercializan, ya que de ello depende la seguridad de las estructuras.

CONCLUSIÓN

Los resultados de los ensayos realizados en esta investigación permitieron concluir lo siguiente:

- Las dimensiones de los bloques no cumplen a cabalidad con lo señalado en las normas, debido a una interpretación incorrecta de la norma y a una cuestión de facilidad constructiva.
- El curado es un proceso imprescindible en la fabricación de elementos a base de cemento hidráulico; su ausencia repercute en la resistencia y en la calidad de las estructuras que se construyen con ellos. No curar a los bloques ocasiona que los procesos químicos que tienen lugar durante el fraguado no se desarrollen y que estos bloques absorban por capilaridad mayor cantidad de agua. La alta absorción de agua genera en los bloques baja durabilidad, debido a que el agua es el principal vehículo de diversos contaminantes.
- No existe en las empresas analizadas un adecuado control de calidad de las piezas que elaboran.
- Con una buena dosificación (1:4), fabricación mecánica por prensado y curado por inmersión o artesanal, se pueden alcanzar resistencias suficientes que permitan cumplir con la resistencia mínima requerida para considerarse elementos de uso no estructural. Lo anterior, quedó demostrado con los bloques diseñados en este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Escamiroso-Montalvo L.F, y Molina-Narváez N (2021). Análisis de la resistencia a la compresión de bloques de concreto usados en la construcción de viviendas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Revista Espacio I+D Innovación más Desarrollo, vol. XI, no. 29, pp. 34–47.
- [2] NMX-C-038-ONNCCE. (2013). Industria de la construcción - Mampostería – Determinación de las dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones – Método de ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C., México.
- [3] NMX-C-404-ONNCCE. (2012). Industria de la construcción - Mampostería – Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – Especificaciones y métodos de ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C., México.
- [4] NMX-C-441-ONNCCE. (2013). Industria de la construcción - Mampostería – Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural – Especificaciones y métodos de ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C., México.
- [5] NMX-C-037-ONNCCE. (2013). Industria de la construcción - Mampostería - Determinación de la absorción total y la absorción inicial de agua en bloques, tabiques o

ladrillos y tabicones – Método de ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C., México.

- [6] NMX-C-036-ONNCCE. (2013). Industria de la Construcción – Mampostería – Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines – Método de Ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C., México.
- [7] NMX-C-111-ONNCCE. (2018). Industria de la Construcción - Agregados para Concreto Hidráulico - Especificaciones y Métodos de Ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C., México.
- [8] Mora-Ortiz R.S, Díaz S.A, Del Angel-Meraz E, Magaña-Hernández F (2022). Recycled Fine Aggregates from Mortar Debris and Red Clay Brick to Fabricate Masonry Mortars: Mechanical Analysis. *Materials*, vol. 15, no. 21, p. 7707.
- [9] Mora-Ortiz R.S, Del Ángel-Meraz E, Díaz S.A, Magaña-Hernández F, Munguía-Balvanera E, Pantoja-Castro M.A, Alavez-Ramírez J, Alejandro-Quiroga L (2021). Effect of Pre-Wetting Recycled Mortar Aggregate on the Mechanical Properties of Masonry Mortar. *Materials*, vol. 14, no. 6, p. 1547

