



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOCK DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL, EN LA CIUDAD DE CHILPANCINGO, GRO.

Roberto Ortega Mendoza¹, Roberto Arroyo Matus²

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis y evaluación de la calidad del block de concreto utilizado principalmente en la construcción de muros estructurales. La evaluación se realiza en muestras de piezas tomadas de los principales fabricantes y proveedores en la región centro del Estado de Guerrero. Se realizaron pruebas para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, y sus resultados se compararon con los parámetros establecidos por las normas de calidad mexicanas y las Normas Técnicas Complementarias de Mampostería del Reglamento de Construcciones del Estado de Guerrero y del Distrito Federal. Los resultados obtenidos conducen a identificar deficiencias en el cumplimiento de la normatividad. Así mismo, se establecen estrategias para mejorar el proceso de fabricación de este tipo de insumos en todas sus etapas a fin de asegurar su calidad para la construcción de muros de la vivienda guerrerense.

ABSTRACT

In this work an extensive analysis and evaluation of concrete masonry bricks from the central region of the Guerrero Mexican state is presented. In order to define mechanical properties of this kind of artisanal bricks, several normalised experimental tests were performed. Results shown that actual durability and strength for most of the concrete bricks are both technically unadmissible. In order to improve the brick seismic performance, simple strategies are then proposed.

INTRODUCCIÓN

El block de concreto, es un material que cada día tiene mayor demanda en el mercado para la construcción de edificios, principalmente para muros estructurales que estarán expuestos a esfuerzos importantes de compresión y tensión. Sin embargo, se ha observado que los diseñadores y constructores de estas estructuras descuidan, o existe una confianza excesiva en los fabricantes y proveedores de este material, en cuanto al cumplimiento de la normatividad para su elaboración. Existen en la zona estudiada, muchos edificios construidos a base de block de concreto que presentan agrietamientos de consideración y que ponen en riesgo su estabilidad. El diseño por desempeño de las estructuras de mampostería, involucra la resistencia de los materiales que constituyen la estructura, por lo que es muy recomendable que se verifiquen con rigor las propiedades físicas y mecánicas del block que forma parte del sistema estructural.

MUESTREO Y PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS

A fin de alcanzar los objetivos de este trabajo, se realizó un estudio de los diferentes bancos de materiales de arena más utilizados en la fabricación del block de concreto en la ciudad de Chilpancingo, Gro. Los agregados finos más utilizados provienen de los bancos de materiales “Mezcala”, “El Quemado”, “Papagayo” y de la

¹ Profesor-investigador. Coordinación de Investigación y Estudios de Posgrado. Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria. Chilpancingo, Gro. C. P. 39000. Tel/fax 017474727943, 0174744712087. E-mail: rortegamendoza@hotmail.com

² Profesor-investigador. Coordinador de Investigación y Estudios de Posgrado. Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria. Chilpancingo, Gro. C. P. 39000. Tel/fax 017474727943, 0174744712087. E-mail: arroyomatus@hotmail.com

trituradora ubicada al norte de Chilpancingo. El muestreo del agregado fino se refiere al estudio de la cenicilla y de la arena que más utilizan los proveedores. A través de dicho estudio se detectó que los seis proveedores estudiados utilizan la cenicilla como materia prima. Para el caso del block, se muestreó cada uno de los productos de los fabricantes. Con base a las normas NMX, 404, C-10, C-36, C-38, C-37 y C-415 se obtuvieron las piezas especificadas para aplicar cada una de las pruebas y verificar sus características físicas y mecánicas. El muestreo del block de los proveedores estudiados se llevó a cabo a fin de determinar sus características mecánicas y verificar el cumplimiento de las normas NMX-ONNCCE. Las piezas de block se obtuvieron de los lotes realizando un muestreo aleatorio simple. De cada uno de los proveedores se obtuvieron el número de piezas indicadas en las normas NMX-ONNCCE.

Es importante resaltar que las pruebas de laboratorio aplicadas a los materiales que intervienen como insumos en la construcción de muros estructurales en edificios y viviendas de interés social son de gran importancia, porque permiten conocer su comportamiento y garantizar el empleo de materiales de alta calidad. El agregado fino fue cuidadosamente estudiado para conocer las características específicas de cada banco y diseñar adecuadamente el proporcionamiento de la mezcla para la fabricación del block. La aplicación de pruebas de laboratorio es de gran importancia, ya que es la única forma de verificar si se cumplen los parámetros indicados en las normas, y de esta manera controlar todo el proceso de producción. Las pruebas fueron ejecutadas en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, UAGro.

La prueba de dimensionamiento aplicada al block es de fundamental importancia y debe cumplir lo establecido en la norma NMX-C-038. El material es utilizado en la construcción de edificios y viviendas que en la mayoría de las veces son moduladas previamente. Por este motivo, si el block no cumple con los límites en las tolerancias de las dimensiones pueden generarse grandes variaciones en la modulación proyectada, ocasionando problemas constructivos y sobre-costos o atrasos en el programa de obra. De la prueba de dimensionamiento aplicada a las piezas de cada proveedor se detectó que la dimensión especificada por los fabricantes no incluye la dimensión de la junta que indica la norma.

En la tabla 1, se observa que los pesos volumétricos promedio de las unidades producidas por cada proveedor no alcanzan el peso especificado de 1700 kg/m³. La prueba de absorción se realizó con base a la norma NMX-C-037 y se verificaron los resultados de acuerdo a la norma NMX-C-404. Esta indica que la absorción en bloques puede variar del 9 al 20% de agua absorbida. Las piezas producidas por la mayoría de los proveedores quedaron por debajo del límite.

En la prueba de resistencia a flexión se obtuvo el módulo de ruptura (norma NMX-C-015), y se verificaron los resultados de acuerdo a la norma NMX-C-404, la cual especifica un módulo de ruptura no menor a 5 kg/cm².

La prueba de resistencia a compresión simple se realizó con base a la norma NMX-C-036, verificándose los resultados con la norma NMX-C-404. Esta característica es de suma importancia en los muros estructurales ya que define la resistencia del muro. La norma especifica una resistencia mínima de 60 kg/cm². La prueba de resistencia a compresión simple en pilas se realizó con base a la norma NMX-C-415, y se verificaron los resultados con la NTCM. Los resultados obtenidos en la tabla 1 quedan por debajo de lo que marca la norma. La figura 1 muestra imágenes de las pruebas en proceso.

La prueba de resistencia a compresión simple en morteros, se realizó aplicando la norma NMX-C-061. Esta establece las cantidades necesarias de materiales que el mortero debe tener para alcanzar una fluidez de $110 \pm 5\%$. Para verificar la resistencia de los morteros, se elaboró un mortero testigo a base de arena sílica como lo indica la norma NMX-C-061. Se empleó la proporción 1:6 para obtener un mortero tipo II. A fin de obtener proporciones adecuadas para la elaboración del block, diferentes proporcionamientos fueron obtenidos por aproximaciones sucesivas. La proporción 1:6 y la combinación de arena del Río Mezcala y cenicilla alcanzó una resistencia de 65.5 kg/cm² a los 28 días, por lo que la norma se cumple apropiadamente en este caso.



Figura 1: Aplicación de carga axial en las piezas y en pilas

En la tabla 1, se muestran los parámetros estadísticos aplicados a los resultados de las pruebas. Puede observarse que las dimensiones de los bloques de concreto no cumplen la norma, pues los valores de la media aritmética del largo y alto de las piezas no se ajustan a lo dictado por la norma NMX-C-038. Por otro lado, la absorción y la resistencia a compresión simple en piezas y pilas quedaron por debajo del límite de la norma NMX-C-404.

En el caso del mortero propuesto se observa que la proporción 1:6 sí cumple con lo especificado en la NMX-C-404. Los resultados de la prueba de dimensionamiento se presentan gráficamente en las figuras siguientes. Se consideran la media aritmética y los parámetros límites de la norma NMX-C-038-ONNCCE-2004. La figura 2 muestra que las piezas de los proveedores 3, 4 y 5 quedan fuera de los límites marcados por las normas NMX-C-038-ONNCCE-2004 (± 2 mm).

Respecto a la altura de las piezas, sólo el proveedor 1 cumple la norma NMX-C-038-ONNCCE-2004 (± 3 mm). La figura 3 muestra que la media aritmética de la absorción es de 7.62, el LSC y el LIC son de 9.37 y de 5.58 respectivamente. Con base a estos límites, puede observarse que las piezas de los proveedores 2 y 6 quedan fuera de los límites aceptables. Sin embargo, a pesar de que cumplen con lo especificado en la norma NMX-C-404, existen variaciones considerables entre un mismo proveedor, por lo que se considera que el parámetro de absorción no está apropiadamente controlado.

La figura 4 muestra que la media aritmética del módulo de ruptura es de 2.46, el LSC y el LIC son de 3.60 y 1.32 respectivamente. Con base a estas observaciones, los proveedores 3 y 6 tampoco cumplen con las especificaciones. La figura 5 muestra que la media aritmética de la resistencia a compresión es de 33.99, el LSC y el LIC son respectivamente de 45.26 y 22.72. Esto permite establecer que el proveedor 1 no cumple las especificaciones relativas a la norma NMX-C404. Este parámetro tampoco es controlado de forma apropiada por los fabricantes.

La figura 6 muestra que la media aritmética de la resistencia a compresión simple en pilas es de 29.70, mientras que los LSC y LIC son de 45.26 y 18.79 respectivamente. De acuerdo a esta gráfica, el proveedor 1 no cumple con las especificaciones. Los morteros se elaboraron con el objetivo de encontrar la proporción adecuada para la fabricación del block. En la figura 6, se observa el comportamiento de la resistencia con los diferentes materiales utilizados. En el caso de las proporciones 1:5 y 1:4, éstas sobrepasan la resistencia indicada por la norma, pero se requirió el empleo de cemento adicional.

Tabla 1: Concentrado de resultados del tratamiento estadístico

Prueba		Media aritmética, \bar{x}	Desviación Estándar, S	Coefficiente de variación, C_v
Dimensiones (cm)	Largo	39.56	0.53	0.013
	Ancho	14.92	0.27	0.018
	Alto	19.51	0.70	0.036
Peso volumétrico (kg/m ³)		1156.0	69.37	0.060
Absorción (%)		7.62	1.43	0.188
Resistencia a la flexión (kg/cm ²)		2.46	0.93	0.378
Resistencia a la compresión simple (kg/cm ²)		33.99	9.20	0.271
Resistencia a la compresión simple en pilas (kg/cm ²)		29.70	8.91	0.300
Resistencia del mortero testigo a la compresión simple (kg/cm ²)	3 días	164.25	22.23	0.135
	7 días	201.50	7.55	0.037
	28 días	231.75	40.29	0.174
Resistencia a la compresión simple del mortero proporción 1:6 (kg/cm ²)	3 días	30.83	6.60	0.214
	7 días	44.50	3.12	0.070
	28 días	61.83	4.37	0.071
Resistencia a la compresión simple del mortero proporción 1:5 (kg/cm ²)	3 días	37.83	2.25	0.059
	7 días	55.17	1.61	0.029
	28 días	73.50	2.78	0.038
Resistencia a la compresión simple del mortero proporción 1:4 (kg/cm ²)	3 días	46.33	3.55	0.077
	7 días	80.67	3.51	0.044
	28 días	93.67	3.06	0.033

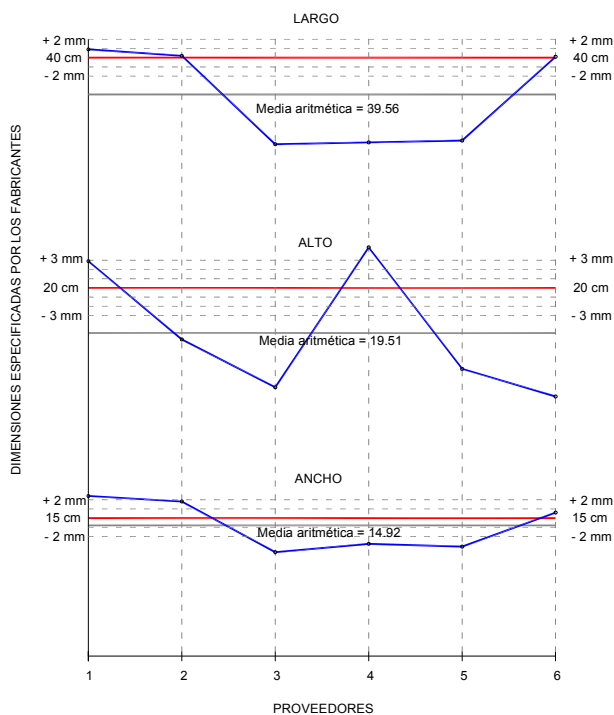


Figura 2: Dimensiones del block

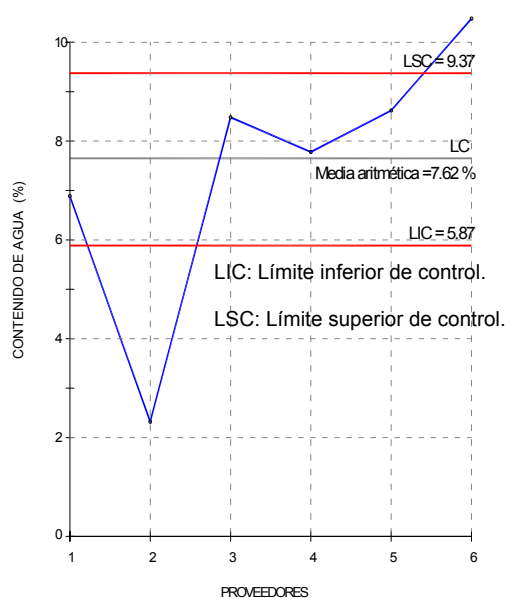


Figura 3: Absorción de agua del block

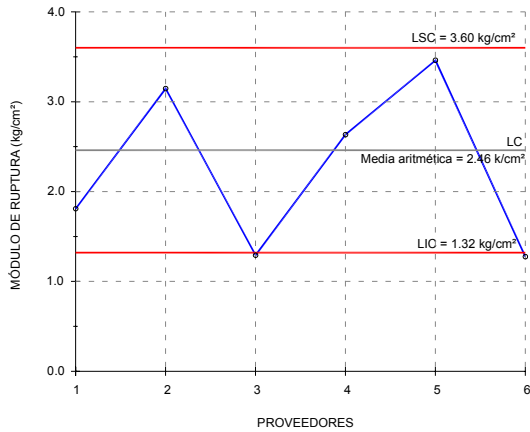


Figura 4: Módulo de ruptura

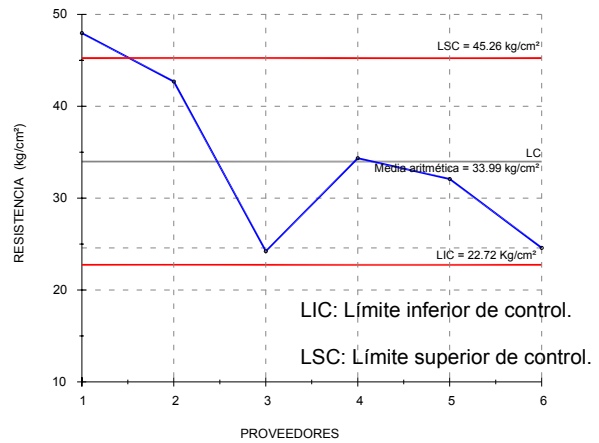


Figura 5: Compresión simple

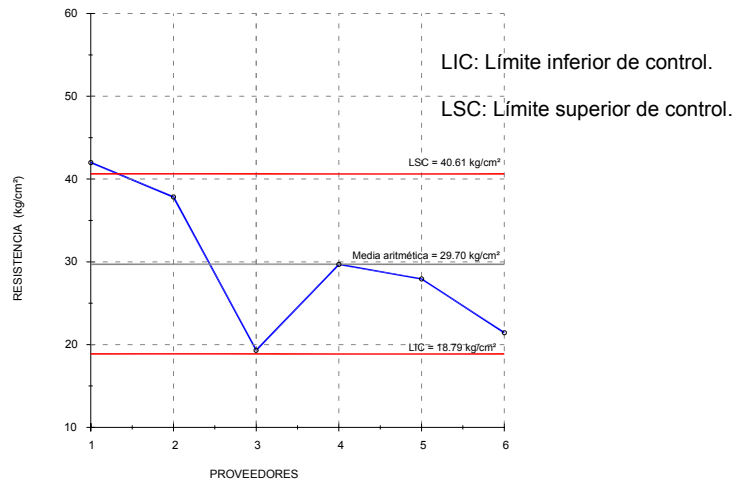


Figura 6: Prueba de compresión simple en pilas del block

CONCLUSIONES

1. Las propiedades mecánicas y físicas del block de concreto fabricado por los proveedores del mercado no cumplen con las características de calidad especificadas en las normas NMX-ONNCCCE, excepto la absorción, tal y como se muestra en la tabla 2.

De acuerdo al diagnóstico, actualmente las empresas fabricantes del block reflejan deficiencias que afectan las características de calidad del producto terminado. Las causas más comunes e importantes que se identificaron son a) Que no se respeta la normatividad y el personal que opera el equipo no está capacitado, b) No se tiene la infraestructura necesaria y el proceso de fabricación no está estandarizado, y c) No se cuenta con proporciones de mezclas calculadas en el laboratorio. Además, no se realiza control de calidad para verificar el producto terminado y el equipo no se calibra periódicamente.

2. Con base a las gráficas de control, la variación en los resultados muestran que algunas características de suma importancia como la resistencia no cumplen los requisitos mínimos marcados por la norma.

3. Se considera de gran importancia la etapa de dosificación para poder alcanzar la resistencia de diseño. Se realizaron pruebas de compresión simple en morteros de diferentes proporciones, encontrando que la proporción adecuada es de 1:3:3 (cemento: arena: cenicilla). Con esta proporción se cumple apropiadamente las exigencias de las Normas NMX-ONNCCE.

Tabla 2. Resumen de resultados de las pruebas de calidad que marcan las Normas NMX-C-ONNCCE

Prueba	Normas aplicadas (NMX-ONNCCE)	Proveedores que cumplen la norma											
		1		2		3		4		5		6	
		No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí
Dimensiones	NMX-C-038-1974	x		x		x			✓	x		x	
Absorción de agua	NMX-C-037-1986		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Resistencia	Flexión	NMX-O-015-1988	x		x		x		x		x		x
	Compresión simple	NMX-C-036-2004	x		x		x		x		x		x
	Compresión simple en pilas	NMX-C-415-2002	x		x		x		x		x		x

4. Se recomienda que para asegurar la calidad en la fabricación del block de concreto, se implementen estrategias de forma urgente a fin de garantizar un producto más apropiado, tales como la integración de un comité técnico por parte de los colegios del ramo de la construcción y que tenga como objetivo la capacitación del personal de dirección y personal de línea de producción para el cumplimiento de la normatividad. La organización de los productores y proveedores para estandarizar sus procesos de producción es también urgente y necesaria. Asimismo en el Estado de Guerrero debe diseñarse, implantarse y certificarse un Sistema de Gestión de Calidad para la producción de bloques de concreto de acuerdo a la norma ISO 9000.

REFERENCIAS

1. Industria de la construcción-bloques, tabiques o ladrillos y tabicones (2004), "**Normas NMX-C-404-ONNCCE-1997, NMX-C-37-1986, NMX-C-038-ONNCCE-2004, NMX-C-36-2004 y NMX-C-415-2002**"; México.
2. Instituto de Ingeniería de la UNAM (2005), "**Agrietamiento por cambios volumétricos en muros de block de concreto**", Serie No. 288; México.
3. RCDF (2004), "Normas Técnicas Complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería"; Gaceta Oficial del Distrito Federal 2004; México.

