

# Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los tabiques de barro rojos recocidos de San Rafael, Veracruz

**RESUMEN:** Este trabajo tiene como objetivo el análisis físico y mecánico de las piezas de tabique del municipio de San Rafael en el estado de Veracruz, México, para la generación de datos de monitoreo.

Se analizaron 6 fábricas productoras, donde se caracterizó el suelo, mediante el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, además se evaluó la resistencia a la compresión, Dimensionamiento y Absorción total de las piezas a 24 horas.

Posteriormente, se realizó un análisis de valores obtenidos entre las diferentes fábricas productoras, para conocer las características de la pieza de tabique en la región, asimismo se determinan los valores de resistencia para emplearse en el diseño de estructuras de mampostería, ejecutando una comparativa con las normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería versión 2017 (NTCM-2017).

Las piezas de las 6 fábricas productoras analizadas no obtuvieron resultados favorables debido a que ninguna fábrica productora igualó o superó los valores indicados en la norma NTCM-2017.

El tabique del municipio de San Rafael necesita modificar su proceso de fabricación, siendo este amigable con el medio ambiente además de mejorar sus características físicas y mecánicas, para la obtención de estructuras de mampostería resistentes ante solicitaciones estructurales.

**PALABRAS CLAVE:** Absorción, dimensionamiento, mampostería, resistencia a la compresión, tabique rojo recocido.



## Colaboración

Oscar Moreno Vázquez, Joaquín Sangabriel Lomelí; Pablo Julián López González, Tecnológico Nacional de México, campus Misantla; Gabriel Raya Papayanopulos, Strukktura Ingeniería Estructural; Héctor Eliseo Gómez Guerrero

Fecha de recepción: 26 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 13 de diciembre del 2021

**ABSTRACT:** The objective of this work is the physical and mechanical analysis of the pieces of brick from the municipality of San Rafael in the state of Veracruz, Mexico, for the compilation of monitoring data.

Six production plants were analyzed, where the soil was characterized using the Unified Soil Classification System method, and the compressive strength, dimensioning and total absorption of the pieces at 24 hours were also evaluated.

Therefore, an analysis of values obtained among the different producing factories was carried out, in order to know the characteristics of the partition wall piece in the region, likewise, the strength values to be used in the design of masonry structures are determined, executing a comparison with the complementary technical standards for the design and construction of masonry structures version 2017 (NTCM-2017).

The pieces from the 6 producing factories analyzed did not obtain favorable results due to the fact that no producing factory met or exceeded the values indicated in the NTCM-2017 standards.

The brick of the municipality of San Rafael needs to modify its manufacturing process, making it environmentally friendly and improving its physical and mechanical characteristics, in order to obtain masonry structures resistant to structural stresses

**KEYWORDS:** absorption, clay brick, dimensioning, masonry, compressive strength.

## INTRODUCCIÓN

El tabique es una de las piezas artesanales para la construcción, con mayor antigüedad, estas han sido fabricadas desde las primeras civilizaciones. Por ejemplo: Los sumerios fabricaron las primeras gaveras o moldes de madera para la estandarización en la geometría del tabique [1].

En México, el tabique de barro rojo recocido es pieza fundamental para la construcción de hogares, en diversos estados del país se fabrica la pieza de arcilla, dependiendo la región y cultura, se le añade algún material adicionante y posteriormente se somete al proceso de cocción.

Cabe destacar que, en el censo realizado en el 2020, por el Instituto Nacional de estadística y geografía (INEGI), menciona que de los 35.3 millones de viviendas particulares habitadas en el país, 92.4% tiene paredes de tabique, ladrillo, block, cantera o cemento [2]. Esto indica que actualmente el tabique o ladrillo es una de las piezas de mampostería más usadas en los muros de las viviendas del país. Sin embargo, el tabique de barro rojo recocido es una pieza artesanal que carece de control de calidad en su fabricación e insumos, además la incorrecta homogenización de los materiales y cocción, provocan variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas [3]. Esto se ve mermado en la resistencia de las construcciones ante solicitaciones estructurales [4],[5].

San Rafael es un municipio del estado de Veracruz, México. El cual es productor de tabique de barro rojo recocido.

Para ejecutar el estudio se acudió al sitio tres veces por mes en un lapso de 6 meses para ejecutar las inspecciones visuales y la recolección de muestras de tabique, donde se observó un inadecuado control de calidad en los materiales debido a que se observaba en la mezcla cuerpos de objetos extraños o materia orgánica, así como también en la manipulación del calor para la correcta cocción de la pieza. Esto es preocupante debido a que los tabiques son pieza fundamental en la construcción de viviendas en la zona, además los productores de tabique mencionan que estos son comercializados por lo menos en 10 municipios de la región pertenecientes al estado de Veracruz y 2 municipios pertenecientes al estado de Puebla.

Por otra parte, hasta el día de hoy no se cuenta con registro de características físicas o mecánicas del tabique del municipio de San Rafael, para su uso en el diseño de estructuras de mampostería, tomándose en cuenta solo datos emitidos por normas externas [6].

Por todo lo anterior expresado se propone la ejecución de la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del tabique de barro rojo recocido en 6 fábricas

cas productoras del municipio de San Rafael las cuales autorizaron las visitas y accedieron en la ejecución del estudio.

En primer término, se ejecutó la inspección técnica sobre los procesos de elaboración de la pieza en las diferentes fabricas productoras, posteriormente se llevó a cabo la caracterización de los agregados componentes de las piezas para poder conocer el tipo de suelo que integra al tabique, después se obtuvieron muestras de 5 piezas por método de prueba, las pruebas ejecutadas fueron: dimensionamiento, absorción total a 24 horas y resistencia a la compresión.

La caracterización de propiedades físicas y mecánicas determinarán parámetros certeros en la calidad de las piezas de tabique rojo recocido producido en San Rafael, Veracruz.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestreo de piezas en las fábricas productoras de tabique

Para llevar a cabo este trabajo se realizaron visitas a las fábricas productoras en el municipio de San Rafael, esto con el fin de conocer el proceso de elaboración del tabique de la zona, en la figura 1 se muestra un resumen del proceso.

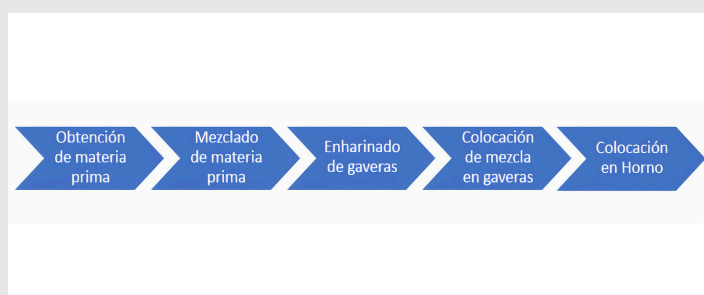


Figura 1. Proceso de Elaboración del Tabique  
Fuente Elaboración propia

En las inspecciones visuales al sitio se detectaron las siguientes variables que pueden influir en los resultados de las piezas, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables que pueden influir en los resultados de las piezas de tabique.

POSIBLES VARIABLES
MEZCLA DE DIFERENTES TIPOS DE ARCILLAS
CUERPOS EXTRAÑOS O RESTOS DE MATERIA ORGANICA EN LA MEZCLA
MONITOREO Y CONTROL DE TEMPRATURA EN EL HORNO
EXCESO DE ARENA EN LA MEZCLA
NO SE TIENE ESTANDARIZACIÓN EN GAVERAS O MOLDES

Fuente Elaboración propia.

Seguidamente se recolectaron muestras de 15 piezas en cada una de las fábricas productoras de tabique, con base a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 [7], las fábricas participantes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Fabricas productoras de tabique participantes y su ubicación en coordenadas UTM.

Fábrica productora de tabique	Ubicación en coordenada UTM
Hortensia	Latitud: 20°10'34.49"N, Longitud: 96°54'5.12"O Altitud:10 msnm
Jaime	Latitud: 20°10'30.48"N, Longitud: 96°54'0.95"O Altitud: 9 msnm
Machinhuepa	Latitud: 20°10'26.38"N, Longitud: 96°54'3.08"O Altitud: 9 msnm
Mario Gomez	Latitud: 20° 9'42.07"N, Longitud: 96°55'34.40"O Altitud: 24 msnm
Ortega	Latitud: 20°10'30.18"N, Longitud: 96°54'2.55"O Altitud: 8 msnm
Tres Hermanos	Latitud: 20°10'41.68"N, Longitud: 96°53'27.54"O Altitud: 7 msnm

Fuente Elaboración propia.

### Determinación de las dimensiones de los tabiques rojos recocidos

Posteriormente se llevaron las piezas a la nave industrial del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, donde las piezas se separaron, marcaron y codificaron, seguidamente se obtuvieron las dimensiones de todas las piezas, como lo estipula la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013 [8]. Las dimensiones que se deben obtener se muestran en la Figura 2.

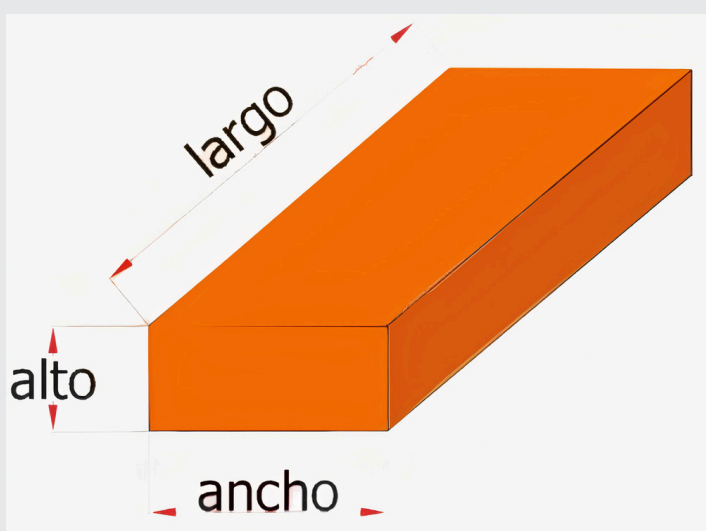


Figura 2. Dimensiones del tabique rojo recocido Fuente Elaboración propia.

### Determinación de la absorción total a 24 horas

Para la determinación de la absorción total a 24 horas, las piezas de tabique correspondientes a esta prueba se saturaron por 24 horas, al finalizar esta etapa, se llevó a cabo la obtención del peso húmedo de cada pieza, posteriormente se introdujeron al horno para obtener el peso seco de cada una de las piezas de tabique y posteriormente ejecutar los cálculos con base en la normativa NMX-C-037-ONNCCE-2013 [9].

### Determinación la resistencia a la compresión con fines de diseño estructural

Para la determinación de las propiedades mecánicas se ensayaron 5 piezas de cada fabrica productora, previamente se ejecutó un cabeceo con azufre para dar uniformidad a las caras superior e inferior del tabique, como lo indica la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013 [10].

### RESULTADOS

#### Determinación de las dimensiones de los tabiques rojos recocidos

Se determinaron las dimensiones de las piezas de tabique. Se obtuvieron los resultados con base en la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013 [8], la cual menciona, que se debe cumplir con las dimensiones mínimas, estas son: 50 mm de alto, 100 mm de ancho y 190 mm de largo. en la Tabla 3 se muestran los resultados de cada una de las dimensiones obtenidas en piezas de diferentes fábricas productoras, ejecutando una comparativa con lo que se menciona en la norma.

Tabla 3. Determinación de las dimensiones de las piezas de tabique.

Fábrica productora de tabique	Alto (mm.)	ancho (mm.)	largo (mm)
<b>Valor mínimo estipulado en la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>190</b>
Hortensia	50	128	256
Jaime	49	128	258
Machinhuepa	50	128	262
Mario Gomez	54	130	268
Ortega	50	132	260
Tres Hermanos	50	132	268

Fuente Elaboración propia.

En la Tabla 3 se aprecia que la mayoría de las fábricas productoras de tabique elaboran piezas que cumplen con la dimensión mínima requerida por la norma NMX-C-038-ONNCCE-2013 [8]. Sin embargo, la fábrica Jaime no cumple con los valores mínimos, debido a que las piezas que producen en el sitio son irregulares y con altos inferiores a los que marca la normativa.

#### Determinación de la absorción total a 24 horas

En la Figura 3 se aprecian los resultados de la absorción total a 24 horas, la mayoría de las piezas no rebasan la absorción total máxima permitida en la NMX-C-037-ONNCCE-2013 [9]. A excepción de las piezas de la fábrica machinhuepa, las cuales superan en un 4.78% con respecto al valor máximo normado del 23%.

#### Determinación de la resistencia a la compresión con fines de diseño estructural

En la Figura 4 se ejemplifican los resultados a compresión axial de las piezas de tabique y se puede observar que ninguna de las piezas superó la resistencia mínima para fines de diseño estructural.

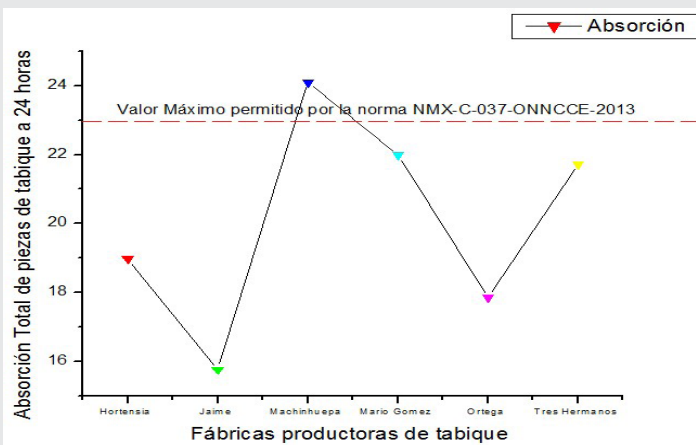


Figura 3. Determinación de la absorción máxima en las piezas de tabique.

Fuente Elaboración propia.

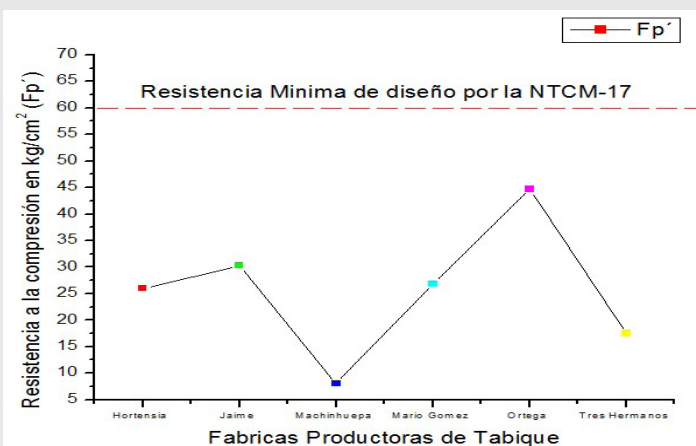


Figura 4. Determinación de la Resistencia a la compresión con fines de diseño estructural.

Fuente Elaboración propia.

La máxima resistencia la obtuvo la fábrica Ortega, quien alcanzó una resistencia de 44.66 kg/cm<sup>2</sup>, este resultado se quedó un 25.56% por debajo del límite mínimo establecido por la norma NTCM-17 [11].

## CONCLUSIONES

Considerando los datos obtenidos en el estudio, se puede concluir al respecto, que las dimensiones de las piezas en las diferentes fábricas, no cuentan con la estandarización en las medidas geométricas de las piezas, además se tiene diversas medidas en gaveras, por tanto, esto provoca diferencias en la forma y fabricación del tabique. Asimismo, las dimensiones se ven también afectadas por la mala regulación de la temperatura ya que, al someter las piezas al proceso de cocción, estas se colocan en diferentes puntos del horno, obteniendo temperaturas de cocción diferentes, provocando repercusiones en características físicas y mecánicas.

En relación con el control de calidad observado en las visitas a las fábricas productoras, se pudo analizar que

por velocidad en la entrega de pedidos al cliente, los trabajadores pasan por alto la calidad del material, es por ello que se recomienda una mejora en el tren de trabajo, estandarización en gaveras, ejecución de cursos para el conocimiento de las normas y estándares de los tabiques dirigidos a los trabajadores y por último analizar alternativas de hornos para tener una cocción uniforme. Se debe invertir para la mejora de los procesos al igual que en los instrumentos de trabajo, esto podría optimizar la producción y la calidad de los tabiques.

Con respecto a las propiedades de los tabiques, en el análisis de la absorción total a 24 horas, que se muestra en la Figura 3, se puede observar en los resultados que las piezas de la fábrica Machinhuepa tienen más capacidad de absorción, así como también estas fueron las que presentaron menores resistencias a la compresión, Esto puede deberse a que la pieza presenta porosidad y esto contribuye a porcentajes de absorciones mayores y a su vez menores resistencias a la compresión.

Por otra parte, en los resultados de la resistencia a la compresión con fines de diseño estructural se puede observar en la Figura 3, que las piezas no alcanzan la resistencia mínima, esto pudo ser ocasionado por diferentes factores como: el control de calidad en la elaboración de las piezas, presencia de materia vegetal en los suelos constituyentes al tabique, así como también las diferentes temperaturas, tiempos de cocción y posición de la pieza en el horno, estos son factores que pueden mermar la calidad de la pieza [3].

Se recomienda proponer un control de calidad en los materiales y procesos de elaboración de los tabiques, en las diferentes fabricas del municipio de San Rafael.

Se recomienda también estudiar la adición de materiales que contribuyan con la resistencia a la compresión axial con fines de diseño, debido a que se tiene piezas que no cumplen con la normativa NTCM-17 [11], esto es un punto importante a tratar debido a que se pone en riesgo la estructuración de una vivienda ante sollicitaciones estructurales como los sismos.

Para finalizar, se recomienda investigar una forma amigable con el medio ambiente para el proceso de cocción de la pieza, debido a que se usa aceite quemado en el 90% de las tabiqueras de la región, lo cual contribuye en la formación de vapores emanados al medio ambiente.

## AGRADECIMIENTOS

A los productores de tabique de las fábricas analizadas en el municipio de San Rafael, Veracruz, México. Gracias por su apoyo y disposición, además por tener el interés de mejorar e innovar su producto.

También se agradece el espacio brindado en la Nave industrial del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, así como también el laboratorio de Materiales LACOCA, en la Ciudad de Boca del Río, Veracruz, México. Quienes siempre tuvieron la disposición para apoyar en cualquier tipo de prueba relacionada con el proyecto.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] P. Ledesma. *La técnica constructiva en la Arquitectura*, Legado Arquitectura y diseño, n° 15, pp. 21-37, 2014.

[2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Encuesta Nacional de vivienda*, INEGI, Ciudad de México, 2020.

[3] V. Flores, S. Sánchez-Tizapa, R. Arroyo, y R. Barragán, *Propiedades mecánicas de la mampostería de tabique rojo recocido utilizada en Chilpancingo, Gro (México)*, informes de la construcción, vol. 65, n° 531, pp. 387-395, sep. 2013.

[4] R. Arroyo, S. Sánchez-Tizapa, P. Catalán-Quiroz, *Caracterización experimental de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe del sur de México*, Ingeniería, Vol. 17 No 23 pp. 167 - 177, dic. 2013.

[5] B. Ghiassi, A.T. Vermelfoort, P.B. Lourenço, *Masonry mechanical properties*, Modeling of ma-

sonry and historical structures, pp. 239-261, 2019, United Kingdom.

[6] D. García, J.T. San-José, L. Garmendía, L. San-Mateo *Experimental study of traditional stone masonry under compressive load and comparison of results with design codes*, Materials and structures, vol. 45, pp. 995-1006, 2012.

[7] Industria de la construcción, *Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para Uso Estructural*, Norma NMX-C-404-ONNCCE-2012.

[8] Industria de la construcción, *determinación de las dimensiones de ladrillos, tabiques, bloques y tabicones para la construcción*, Norma NMX-C-038-ONNCCE-2013.

[9] Industria de la construcción, *Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones*, Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua, Norma NMX-C-037-ONNCCE-2013.

[10] Industria de la construcción, *Bloques, ladrillos o tabiques, tabicones y adoquines*, Resistencia a la compresión método de prueba, Norma NMX-C-036-ONNCCE-2013.

[11] Normas Técnicas Complementarias de Mampostería 2017.