

# Diseño de tabicón hueco usando mezcla polimérica como sustituto de agregados pétreos para construcción en muros divisorios

Carlos Humberto Ortiz Quiroga<sup>a</sup>, Valeria Volpi León<sup>\*b</sup>, Rosa Luz Camacho Mendoza<sup>c</sup>, Francisco Javier Olguín Coca<sup>d</sup>, Juan Carlos Seck Tuoh Mora<sup>e</sup>

*a,b,c,d,e Área Académica de Ingeniería, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca- Tulancingo Km 4.5, Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo. C.P. 42184, México.*

## Resumen

En este trabajo de investigación se estudia la reutilización de materiales de desecho industrial, específicamente polímero, como alternativa para la sustitución de agregados pétreos en la elaboración de tabicón hueco. El objetivo es determinar parámetros experimentales de resistencia a la compresión, absorción y carbonatación en los sistemas modificados, a fin de realizar un análisis comparativo entre el tabicón a base de mezcla polimérica y los ejemplares convencionales. Las pruebas de resistencia a la compresión en los prototipos muestran una mejora respecto a la norma mexicana. Asimismo, se identifica en ellos una disminución importante de la absorción de agua con respecto a lo establecido en la normatividad. La prueba de fenoltaleína para los distintos sistemas muestra que la interacción de la mezcla polimérica con el cemento Portland disminuye el proceso de carbonatación en comparación con el tabicón comercial. Los resultados obtenidos indican que los prototipos son elementos ligeros, pero de alta resistencia a la compresión y a los factores agresivos en el medio ambiente.

*Palabras Clave:* Tabicón, polímero, resistencia, absorción, carbonatación.

## 1. Introducción

En la industria de la construcción, se han utilizado diferentes elementos para crear todo tipo de edificaciones, dentro de los más utilizados destacan los bloques y tabicones de concreto, siendo elementos accesibles y de fácil manipulación, sin embargo, los procesos para extracción de materia prima y su manufactura han generado un daño colateral importante al medio ambiente. (Lew, 2004). Asimismo, la sobreexplotación de recursos naturales se ha acrecentado en gran medida por la demanda tan elevada de construcción (Rivera, 2013). Esta problemática representa una oportunidad para reutilizar materiales de desecho industrial como remplazo de materiales pétreos para la fabricación de elementos de construcción con mejores características de resistencia que los elementos tradicionales, contribuyendo además a la implementación de nuevas formas de reciclaje (F., Coripuna, & Concha, s.f.).

En el presente estudio se propone la elaboración de tabicones huecos utilizando polímero Noryl, como sustitución de agregados pétreos. El objetivo es determinar los parámetros experimentales de resistencia a la compresión, absorción y carbonatación en los sistemas de tabicón elaborados a base de polímero, a fin de realizar un análisis comparativo entre el tabicón modificado y los ejemplares convencionales. Esas pruebas corresponden a los parámetros de control de calidad mínimos establecidos en las normas mexicanas para su uso en la construcción.

El polímero Noryl es un material de desecho que se produce y emplea a nivel industrial para fabricar empaques diversos,

sistemas de aire acondicionado, circuitos eléctricos en todo tipo de telecomunicaciones, partes de autos y recientemente en sistemas de calentamiento solar. Esta diversidad de aplicaciones se debe a que se considera un material de reciclaje barato, accesible, con múltiples ciclos de reutilización, además de presentar baja tasa de absorción de humedad a altas temperaturas, característica a la que se le atribuye la alta estabilidad y retención de sus propiedades, este hecho le confiere factibilidad para ser usado inclusive en aplicaciones de agua potable y ambientales al no ser considerado un polímero de riesgo.

Dichas ventajas en conjunto con las características y propiedades del Noryl, tales como; baja absorción de agua, mínima deformación, resistencia a la flexión y al impacto aun a altas temperaturas, retardante a la flama, excelente estabilidad hidrolítica al agua caliente y fría, lo convierten en una resina adecuada para ser usada inclusive como elemento estructural.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Diseño del espécimen

Se elaboraron 11 prototipos de concreto a partir de un molde rectangular como se muestra en la Figura 1, los cuales tienen como dimensiones interiores 10x14x28 cm, según lo establecido para tabicón en la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013 (ONNCCE, 2013). Se colocaron en su interior dos tubos de pvc de 1" de diámetro con el fin de evitar que la mezcla recubriera todo el espacio, para obtener un tabicón hueco.

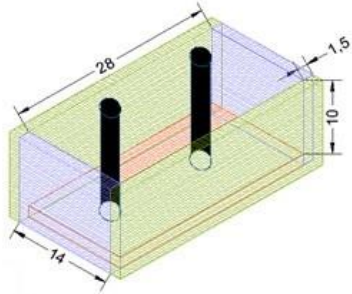


Figura 1: Diseño de molde

Los métodos de elaboración del tabicón en el mercado, son en su mayoría artesanales, los materiales de uso común son piedra pómez, tezontle negro, arena, cemento y agua. En este trabajo se sustituyeron en su totalidad los agregados pétreos (roca) por partículas de polímero Noryl. Se realizaron pruebas de granulometría utilizando las mallas desde 1" hasta la no. 4 para separar el agregado grueso y de la malla no. 4 a la 100 para identificar el agregado fino. El tamaño mínimo de agregado se situó en la malla no. 100 con un módulo de finura de 4.99, el tamaño máximo se retuvo en la malla de 1/2". En la figura 2 se observa la distribución de las partículas más gruesas, mostrando que la mayor cantidad de ellas se retiene en la malla del no. 4.

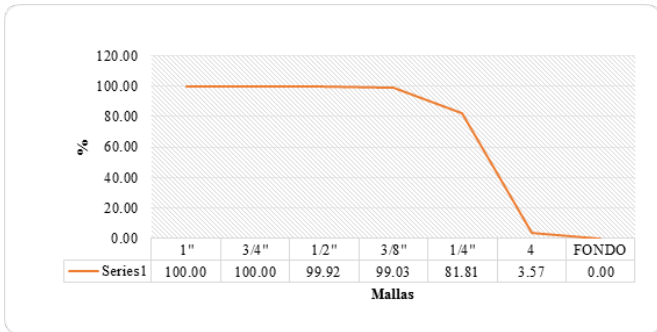


Figura 2: Gráfica de granulometría de agregado grueso

Para la elaboración de los prototipos se recurrió al método de un concreto convencional, el cual consistió en mezclar los agregados finos y gruesos, que corresponden a la trituración de plástico de desecho, junto con el cemento, manejando una proporción de 1:5:2 (cemento, agregado fino, agregado grueso) hasta obtener una homogeneidad de los agregados en seco (Figura 3). Posteriormente, se adicionó el agua necesaria, 15% del peso total de los agregados secos, para formar una mezcla semi-húmeda. Una vez fabricados los tabicones, permanecieron en los moldes durante 24 horas, para fraguar por completo.



Figura 3: Elaboración de prototipos

## 2.2. Resistencia a la compresión

Para la prueba de resistencia a la compresión se utilizó una prensa mecánica marca ELVEC, modelo E 665-4, con una capacidad de carga de 120 toneladas. Se sometieron 18 especímenes a una carga axial, de los cuales 12 fueron a base de polímero (seis huecos y seis macizos) y seis convencionales. Para el procedimiento se consideró la normativa NMX-C-036-ONNCCE-2013 (ONNCCE, 2013) (Ver figura 4).



Figura 4: Prueba de resistencia a la compresión

## 2.3. Absorción de agua

Los elementos modificados fueron colocados en un horno de secado a 110 +/- 5°C para garantizar que se encontraran completamente secos, posteriormente se sumergieron en agua a una temperatura entre 16 a 30°C durante un periodo de 24 horas. La prueba se realizó en base a la normativa NMX-C-037-ONNCCE-2013 (ONNCCE, 2013). Posteriormente, se determinó la densidad relativa de los agregados en base a la normativa ASTM-C-127-04 para el agregado grueso y ASTM C128-04a para el agregado fino.

## 2.4. Prueba de Fenolftaleína

Para desarrollar el proceso de carbonatación acelerada, los especímenes se expusieron a un medio agresivo, en el interior de una cámara de carbonatación durante un periodo de 4, 8 y 12 horas. La concentración de CO<sup>2</sup> para esta prueba fue de 3.5 L/min, la humedad relativa fue del 70% con una temperatura promedio al interior de la cámara entre los 21-23°C. Posteriormente, se realizaron cortes transversales en los prototipos y con ayuda de la fenolftaleína se determinó el daño por carbonatación (Figura 5). (Santalla Blanco, 2012) (Sanjuan Fernández, 2014).



Figura 5: Carbonatación de los prototipos

### 3. Resultados y Discusión

Los valores obtenidos en la prueba de resistencia a la compresión muestran que los seis especímenes a base de mezcla polimérica obtuvieron una resistencia promedio de  $f'c \approx 133 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días. En la Figura 6 se observa que los prototipos diseñados resultaron ser más resistentes que el valor promedio estipulado por la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013 (ONNCCE, 2013), la cual indica que los tabicones deben tener una resistencia individual mínima a la compresión de  $30 \text{ kg/cm}^2$  y una resistencia media  $35 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

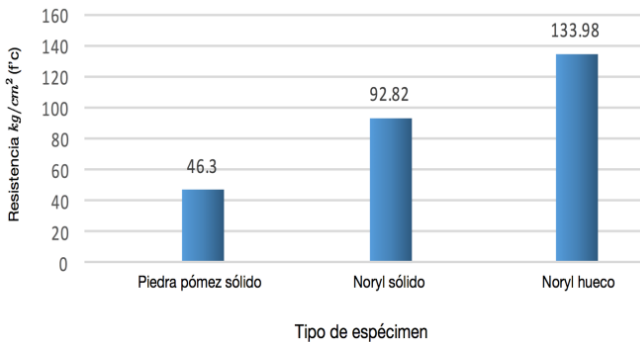


Figura 6: Gráfica comparativa de resistencia a la compresión

La comparativa entre densidad y resistencia de los prototipos mostrada en la Figura 7 indica que la densidad óptima para obtener una mejor resistencia es  $1.14 \text{ kg/dm}^3$ , correspondiente a un  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . En la gráfica siguiente se ratifica que en valores de densidad bajos o muy altos la resistencia tiende a disminuir.

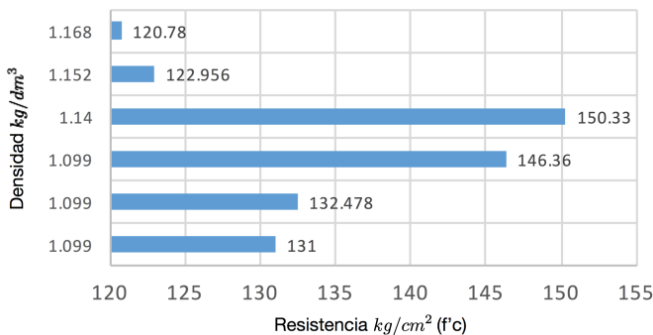


Figura 7: Gráfica de resistencia ( $f'c$ ) vs densidad

Respecto a los parámetros de absorción los prototipos presentaron un porcentaje promedio de absorción de 8.18 %, para el cual, el máximo permitido en la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013 es 20%. Se identificó que la absorción de los especímenes fue proporcional a la resistencia, teniendo a menor resistencia, menor absorción, como muestra la Figura 8.

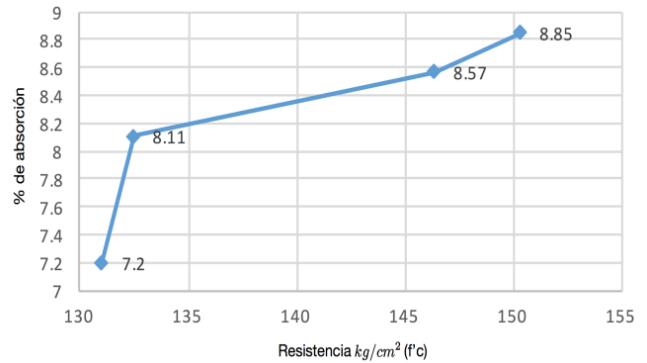


Figura 8: Gráfica de resistencia ( $f'c$ ) vs % de absorción

Con respecto a las pruebas de carbonatación, los especímenes diseñados presentaron un bajo perfil de carbonatación, al aplicarles fenolftaleína, comparado con un tabicón convencional en un proceso de carbonatación acelerada durante 12 horas. Esto se debe a que el polímero no modifica su pH el cual es aproximadamente de 7. La presencia de carbonatos se debe a la existencia de los agregados pétreos y el cemento. (Figuras 9 y 10).

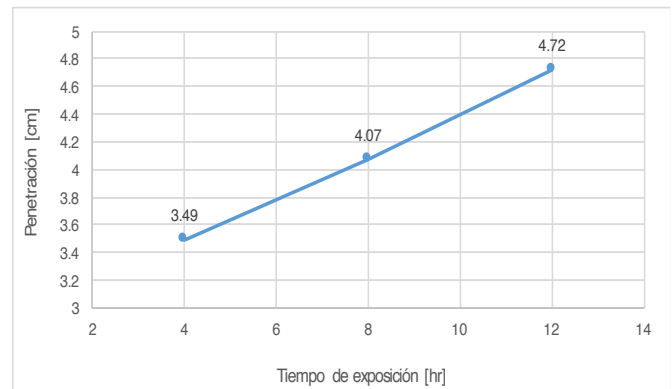


Figura 9: Gráfica de carbonatación de tabicones normales

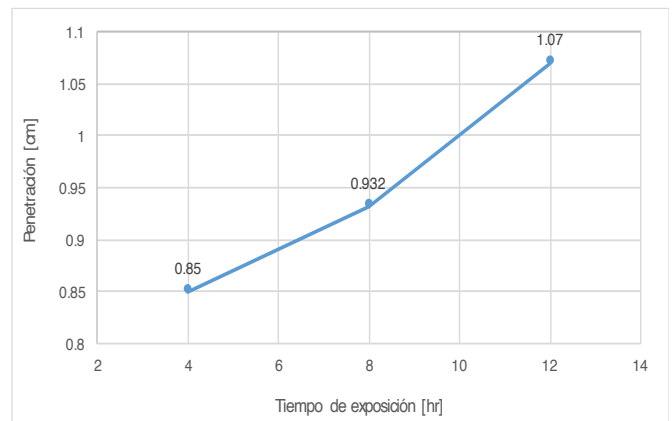


Figura 10: Gráfica de carbonatación de tabicones prototipo

#### 4. Conclusiones

De los resultados experimentales descritos en la sección anterior, podemos resumir lo siguiente:

- ▣ Los especímenes reflejaron valores de densidad de  $1,140 \text{ g/cm}^3$ , los cuales se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013.
- ▣ Las resistencias promedio de los especímenes a base de cemento y Noryl fueron  $133.98 \text{ kg/cm}^2$ , rebasando el parámetro mínimo establecido en la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013.
- ▣ De acuerdo a los resultados mostrados, los tabicones de concreto propuestos en este trabajo pueden tener uso como elemento divisorio, pero también para uso estructural.
- ▣ Los especímenes elaborados presentan un bajo perfil de carbonatación debido a que este proceso solo está afectando al cemento Portland, el polímero Noryl no se ve afectado y mantiene su pH estable.

De esta manera, podemos concluir que las pruebas experimentales demuestran que el tabicón propuesto, elaborado con polímero Noryl como agregado pétreo, tiene mejores propiedades estructurales y de resistencia que el tabicón tradicional.

Como trabajo futuro se propone investigar el uso de los tabicones prototipo como elemento estructural, con la ventaja de que poseen alta resistencia y bajo peso (peso  $\approx 4.584 \text{ kg}$ ). Se propone estudiar además la reducción del módulo de finura de los agregados finos para obtener un espécimen menos poroso, que genere un elemento más uniforme y de mayor resistencia. En general, se recomienda hacer una caracterización completa de las reacciones del polímero Noryl con el cemento Portland a fin de elucidar por completo los resultados obtenidos, y probar otros tipos de polímeros de desecho para determinar si el Noryl posee las mejores propiedades para este fin.

**Design of hollow brick using polymeric mixture as substitute of petrous aggregates for construction of division walls**

#### Abstract

This work studies an alternative to reuse industrial waste materials, specifically polymer, as substitution of petrous aggregates in elaboration of hollow brick. The objective is to determine compression resistance, absorption and carbonation parameters in modified systems. The test results in prototypes show an improvement of compression resistance and an important decreasing in absorption of water, related with the Mexican regulations. The phenolphthalein test for different systems indicates that interaction between polymeric mix and Portland cement diminishes the carbonation process compared with commercial brick. As conclusion, it can be observed that prototypes are slight systems with high resistance both to compression and aggressive environmental factors.

#### Keywords

Brick, polymer, resistance, absorption, carbonation

#### Referencias

- F., C., Coripuna, J. P., & Concha, D. (s.f.). Noryl. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/125790482/NORYL>
- Lew, H. (2004). Concreto: Material de Construcción del siglo XXI. Construcción y Tecnología, 28-42.
- ONNCCE. (2013). NMX-C-036-ONNCCE-2004, Bloques, tabicones o ladrillos, tabicones y adoquines- Resistencia a la compresión - "Método de prueba". Mexico, D.F.: Norma Mexicana.
- ONNCCE. (2013). NMX-C-037-ONNCCE-2013, Mampostería, Determinación de la Absorción total y la absorción inicial de agua en bloques, tabiques o ladrillos y tabicones, Método de Ensayo. Mexico, D.F.: Norma Mexicana.
- ONNCCE. (2013). NMX-C-441-ONNCCE-2013, Mampostería-Bloques, Tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural-Especificaciones y Métodos de Ensayo. Mexico, D.F.: Norma Mexicana.
- Rivera, L. (2013). Materiales alternativos para la elaboración de tabiques ecológicos. Obregón, Sonora: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Sanjuan Fernández, C. (2014). Carbonatación a fondo (3) Ensayo y determinación 1 de 2. Recuperado el 2017, de PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN EN CONSTRUCCIÓN: <https://www.patologiasconstruccion.net/2014/05/carbonatacion-fondo-3-ensayo-y-determinacion-1-de-2/>
- Santalla Blanco, L. M. (2012). La prueba de la fenolftaleína. Recuperado el 2017, de <http://teoriadeconstruccion.net/blog/la-prueba-de-la-fenolftaleina/>