

Capítulo 3 Diseño y construcción de módulos de block no estructural incorporando el reciclaje de taparrosas

Chapter 3 Design and construction of non-structural block modules incorporating the recycling of taparrosas

BADILLO-ÁNGELES, Sergio´, TREJO-TORRES, Zaira Betzabeth†* and VELÁZQUEZ-LUCHO, Karla María´´

´División de Arquitectura, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan., Domicilio Conocido, el Saucillo Municipio de Huichapan Hgo, México.

´´División de Ingeniería en Energías Renovables, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan., Domicilio Conocido, el Saucillo Municipio de Huichapan Hgo, México.

ID 1^{er} Coautor: *Sergio, Badillo-Ángeles*

ID 1^{er} Coautor: *Zaira Betzabeth, Trejo-Torres* / **CVU CONACYT ID:** 774137

ID 2^{do} Coautor: *Karla María, Velázquez-Lucho* / **CVU CONACYT ID:** 415160

DOI: 10.35429/H.2021.14.1.35.45

S. Badillo, Z. Trejo and K. Velázquez

* ztrejo@iteshu.edu.mx

J. Serrano, J. Rodríguez, Z. Trejo, K. Velázquez, J. Marmolejo, D. Pineda. (AA. VV.) *Arquitectura y sustentabilidad. Handbooks-©ECORFAN-México, Hidalgo, 2021.*

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo reportar el diseño y la construcción de bloques de concreto no estructural incorporando taparrosas de botellas de tereftalato de polietileno (PET) como material de sustitución del granzón, ya que éstas taparrosas pueden ser incorporadas si están aplastadas o trituradas en partículas más pequeñas (aproximadas a 1cm), lo que permitirá mejorar el block, dando una textura diferente al mismo. Gracias a las propiedades del plástico, este block alternativo podrá ser más ligero que el block tradicional, considerándolo como block no estructural, mismo que puede ser implementado como muros divisorios en las diversas construcciones dentro del ámbito de la arquitectura. Partiendo de que tiene una gran variedad de aplicaciones, esto conllevaría a reducir los costos de producción de este. Por otra parte, es de suma importancia caracterizar el block y para esto es necesario llevar a cabo pruebas térmicas, acústicas y de resistencia. Con respecto a este último, la resistencia a la compresión del block ecológico es una de las metas más importantes del prototipo ya que debe de regirse a la normatividad estipulada por la MNX-C-441-ONNCCE-2013. Además, el plástico genera un buen aislamiento térmico y su tiempo de degradación se estima entre 200 y 300 años, lo que garantiza una vivienda de gran durabilidad a través del tiempo.

Resistencia, Reciclaje, Materiales

Abstract

The present research aims to report the design and construction of non-structural concrete blocks incorporating caps from polyethylene terephthalate (PET) bottles as a replacement material for granzón, since these caps can be incorporated if they are crushed or crushed into particles. smaller (approximately 1 cm), which will improve the block, giving it a different texture. Thanks to the properties of plastic, this alternative block may be lighter than the traditional block, considering it as a non-structural block, which can be implemented as dividing walls in the various constructions within the field of architecture. Given that it has a wide variety of applications, this would lead to reducing its production costs. On the other hand, it is very important to characterize the block and for this it is necessary to carry out thermal, acoustic and resistance tests. Regarding the latter, the compressive strength of the ecological block is one of the most important goals of the prototype since it must abide by the regulations stipulated by the MNX-C-441-ONNCCE-2013. In addition, plastic generates good thermal insulation, and its degradation time is estimated between 200 and 300 years, which guarantees a highly durable home over time.

Resistance, Recycling, Materials

3.1 Introducción

Este prototipo parte de la necesidad que se tiene en la actualidad, de disminuir los índices de contaminación en nuestro entorno, ya que una de las principales causas de contaminación son las botellas de PET, las cuales son arrojadas a la superficie terrestre en general llegando hasta mar, afectando no solo la vida terrestre, sino la marina, pues éste es un material no biodegradable y puede tardar hasta mil años en desintegrarse. Hoy en día lo que se hace con este tipo de material en nuestro país, es recolectarlo y las personas encargadas de ello, reciben una remuneración económica al llevarlo con un intermediario, quien, a su vez, lo ofrecerá al sector privado, quienes encontrarán un segundo uso para su posterior venta a o el mismo reciclaje de botellas de PET.

De acuerdo con Ortiz (2019) el PET sigue siendo el poliéster más común en el envasado y el almacenamiento con alimentos.

Figura 1 Taparrosas de botellas de Pet



Fuente: Autoría propia

El PET cuenta con características físicas importantes, pues es ligero, resistente, transparente, estético, seguro, inocuo, presenta facilidad de almacenamiento y es reciclable. Tiene ventajas, principalmente por la adaptación apropiada que requiere el mercado, bajos costos de producción, aunque, el aumento en el consumo incrementa el uso de materia prima para la producción de nuevos envases, ocasionando un problema ambiental por el empleo excesivo de recursos naturales y, por ende, el incremento de los residuos (Sánchez y Bravo, 2013).

Una vez desechado el PET se acumula en lugares públicos (ver figura 1), rellenos sanitarios o tiraderos, obedeciendo a un mal manejo (Da Rosa, Michelin y Campomanes, 2011). Con el pasar del tiempo genera un impacto negativo al ambiente, sin importar la etapa del ciclo de vida en el que se encuentre. El impacto se puede dar desde el agotamiento de recursos naturales no renovables hasta la emisión de contaminantes a la atmosfera. Por lo anterior, el reciclaje hace parte de las múltiples opciones para minimizar y contrarrestar dichos daños. Una vez es desechado es necesario separar, recolectar, trasladar y disponer para reciclaje (Vásquez et al., 2013).

De acuerdo con la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en México (Ley de Prevención, 2018), se define a los residuos de la siguiente forma: “son materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso”. También son clasificados en residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Esta misma Ley define que los residuos sólidos urbanos (RSU) son los que se “generan en las casas habitación, que resultan de la eliminación de materiales que se utilizan en actividades domésticas, establecimientos o vías públicas”. Entre los RSU se encuentran los plásticos, llamados normalmente “polímeros”, son productos orgánicos a base de carbono y cadenas de moléculas (Góngora, 2014); entre los derivados o categorías se encuentra el polietileno tereftalato (PET), este es utilizado en actividades productivas como la construcción, la agricultura, las comunicaciones, el transporte, ganadería y el comercio local, principalmente cumpliendo funciones de envase y embalaje, entre otras.

Atendiendo la problemática de los crecientes desechos de PET, la búsqueda por darle un nuevo uso, de alto impacto y calidad, se vuelve más necesario. Un sector que representa área de oportunidad es el de las edificaciones. De acuerdo con Franco en (2018) el bloque de cemento se define como un material prefabricado que se utiliza principalmente para construir muros. Al igual que los ladrillos comunes, los bloques funcionan en conjunto al apilarse y al unirse con mortero (generalmente por cemento, arena y agua).

Aunque los primeros bloques –masificados a comienzos de 1900– eran fabricados a mano, actualmente es un material que se produce de forma automatizada, elaborando miles de bloques por hora. Sin embargo, al no necesitar de cocción, cada unidad puede ser fabricada en obra por albañiles no especializados, entregando una ventaja que puede ser efectiva en ciertos casos.

Retomando la problemática anterior y considerando esta área de oportunidad en el campo de las edificaciones, el diseño y construcción del prototipo de bloque de concreto planteado en esta investigación, se realiza mediante la integración de un equipo de profesionistas expertos en el área, así como de estudiantes involucrados en la carrera de arquitectura, en colaboración con una empresa de producción de bloques de concreto de la zona.

Para esto se llevan a cabo diversas pruebas de dosificación de los materiales a emplear tales como; cemento portland tipo I, arena y la trituración de los taparrosas de PET. También se ha considerado el tiempo de secado a la sombra del prototipo. Una vez transcurrido el tiempo correspondiente, se requiere de la realización de las pruebas de resistencias las cuales se desarrollan con base en la Norma Oficial NMX-C-441-ONNCCE-2011, dichas pruebas son realizadas en un laboratorio de materiales certificado, y se requiere de la realización de estas pruebas, a los 7, 14 y 28 días después de la elaboración. Si el prototipo logra la resistencia esperada se continúa con el análisis de costos de producción y análisis de peso volumétrico, de no ser así, se realizarán ajustes de dosificación en los materiales, posteriormente las pruebas y finalmente someter el prototipo a carga por compresión.

Se tomará en cuenta dos aspectos importantes, uno es la norma MNX-C-441-ONNCCE-2013, que como ya se dijo, permite conocer la resistencia establecida del bloque no estructural e identificar si cumple con los estándares de resistencia, indicando un mínimo de 28 kg/cm² en cuanto resistencia a la compresión, esto individualmente por pieza (bloque), y determinar las posibles mezclas a desarrollar para su futura construcción en serie e implementación en campo dependiendo del resultado obtenido.

Cuando se tiene un resultado fallido, se procede a realizar más pruebas con diferentes mezclas y proporciones a las ya elaboradas en un principio, esto con el objetivo de llegar al resultado que se requiere para dicha norma.

El segundo punto, es la recolección de taparrosas de botellas de PET, ya que con esto se pretende ayudar al medio ambiente, enfocándose principalmente a la disminución de dichos residuos en la zona del valle del mezquital en el estado de Hidalgo.

Las medidas o dimensiones de los blocks de concreto más comunes se encuentran estandarizados en 12x20x40 cm, 13x20x40 cm y 14x20x40 cm, por lo que sigue este patrón en la presente investigación con la visión de plantear una implementación en muros divisorios que permita reducir el peso a la edificación y su costo de producción, así como el cumplimiento de la norma MNX-C-441-ONNCCE-2013.

3.2 Metodología a desarrollar

Se da inicio al proceso de investigación, el cual permite la obtención de resultados basados en la elaboración del bloque de concreto no estructural incorporando la trituración de los taparrosas del PET.

Este análisis se lleva a cabo desarrollando dos mezclas posibles, con la finalidad de obtener resultados variables, lo cual permitirá el desarrollo o propuestas para el cumplimiento de la normatividad aplicable para los bloques de concreto no estructural, tal como se observa en la Tabla 1 (Resistencia a la compresión por la MNX-C-441-ONNCCE)

Los productos objeto la presente norma deben cumplir los valores de resistencia a la compresión mínima que se debe de establecer. Estos valores mínimos pueden ser inferiores si el reglamento de construcciones local lo permite.

Tabla 1 Resistencia a la compresión

Tipo de pieza	Resistencia minima promedio N/mm ² (kgf/cm ²)	Resistencia minima individual N/mm ² (kgf/cm ²)
Bloques y tabicones	3.5 (35)	3.0 (28)
Tabique recocido	3.0 (30)	3.0 (25)
Tabique, ladrillo extruido	3.0 (30)	2.5 (25)
Celosía	2.5 (25)	2.0 (20)
Piezas hechas a mano	2.5 (25)	2.0 (20)

Fuente: MNX-C-441-ONNCCE-2013

Cabe mencionar que, en la tabla anterior de resistencia a la compresión, los prototipos a desarrollar deben de cumplir con una resistencia en los rangos de 35 kgf/cm² a 28kgf/cm², esto se logra determinar por medio de un laboratorio de materiales en donde se llevara a cabo el desarrollo de la prueba correspondiente.

Al conocer las materias primas que se utilizan para elaborar bloques de cemento, ahora se debe tomar en cuenta otra parte importante, la cantidad de material tal como se observa en la Tabla 2 (Proporciones con respecto a los materiales empleados).

Tabla 2 Proporciones de las materias prima

Cantidad	Mezcla m ³	Agua litros	Cemento	Arena	Grava
60 bloques	1	40	50 kg	150 kg	200 kg
120 bloques	2	80	100 kg	300 kg	400 kg
240 bloques	3	160	200 kg	600 kg	800 kg
480 bloques	4	320	400 kg	1200 kg	1600 kg
960 bloques	5	640	800 kg	2400 kg	3200 kg

Fuente de consulta:

Posteriormente a el establecimiento de los materiales y sus proporciones necesarias, se lleva a cabo la recolección de los taparrosas del PET, obtenida de diversos envases los cuales se consideran como Residuos Sólidos Urbanos, lo cual permite el desarrollo de la actividad del reciclaje correspondiente, como se observas en la Fig. 2, se obtienen taparrosas de diferentes tipos, colores y tamaños las cuales una vez recolectadas, se debe de realizar el proceso de trituración de estas.

Figura 2 Recolección de los taparrosas del PET

Fuente: Autoría propia

Una vez recolectadas las taparrosas del PET, se realiza el proceso de trituración de la misma el cual consiste en reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda, con partículas menores a 1cm de espesor de cada pedazo de PET, esto permitirá la correcta adherencia del PET, a las demás materias primas utilizadas en la elaboración de los bloques de concreto, los cuales son cemento, arena, granzón (grava) y agua, como podemos observar en la Fig. 3 la obtención de la trituración de la taparrosas en un molino destinado para la trituración del maíz.

Figura 3 Obtención de la trituración de los taparrosas del PET



Fuente: Autoría propia

Avanzado el proceso de elaboración se continúa con el pesaje adecuado de las respectivas mezclas, esto para el desarrollo de los prototipos correspondientes, tal como se observa en la Fig. 4, del mismo modo un paso importante en el desarrollo es llevar a cabo la mezcla correspondiente para la integración de las materias primas a utilizar esto lo podemos determinar en la Fig. 5.

Figura 4 Pesaje de materia prima a utilizar



Fuente: Autoría propia

Figura 5 Integración de materiales a utilizar identificando la trituración de los taparrosas



Fuente: Autoría propia

Una vez obtenida la mezcla correspondiente se continua con el proceso de vaciado dentro del molde correspondiente del block de concreto, el cual estipula por normatividad las dimensiones correspondientes basadas en 40x20x14 cm, considerando un block no estructural, una vez en el molde se lleva a la prensa en donde se realiza la compresión y vibrado de los materiales, finalmente en la Fig. 6 podemos observar el proceso final que conlleva el block.

Figura 6 Obtención del prototipo



Fuente: Autoría propia

Es importante hacer notar que en un block ecológico no se considera el proceso de cocción ya que esto puede afectar la integración de la taparrosas de PET, por lo cual se decide que el proceso de secado del block se considerara a temperatura ambiente, identificando también un área de oportunidad en la reducción del proceso de cocción de los blocks, lo cual reduce la contaminación al medio ambiente, dicho proceso se puede observar en la Fig. 7, donde se realiza el almacenaje del block a temperatura ambiente.

Figura 7 Proceso de almacenamiento del prototipo



Fuente: Autoría propia

Una vez obtenidos los prototipos y avanzada la investigación se propone que los blocks secados a temperatura ambiente sean cubiertos con plástico, pues esto permitirá un efecto invernadero, generando mayor calor y que el proceso de secado se reduzca al menor tiempo posible como podemos observar en la Fig. 8.

Figura 8 Cubierta de block para su secado natural a 7, 14 y 28 días



Fuente: Autoría propia

Cabe mencionar que todo el proceso de desarrollo y construcción de los prototipos se desarrolló para blocks con una edad de 7, 14 y 28 días, que son las recomendadas por la normatividad MNX-C-441-ONNCCE-2013.

3.3 Resultados

Una vez desarrollados los prototipos y contabilizado el tiempo de edad desde su elaboración, se puede reportar una serie de características para cada prototipo, las cuales son descritas a continuación.

Prototipo 1. Este prototipo consta de lo siguiente:

- 1 kg de cemento.
- 5.500 kg de granzón o grava
- kg de arena

- 300gs de taparroasca

Peso de los prototipos

Como podemos observar en la tabla 3, se indican los pesos obtenidos del prototipo 1.

Tabla 3 Peso de los prototipos según su edad de elaboración

7 días	14 días	28 días
10.90 kg	10.85 kg	9.34 kg

Fuente: Autoría propia

Una vez caracterizados los pesos, posteriormente se lleva a cabo el proceso del estudio de resistencia a la compresión del block no estructural en un laboratorio de materiales certificado.

Como podemos observar en la Fig. 9 y 10, el proceso de resistencia a la compresión del prototipo se realiza mediante una maquina universal.

Figura 9 Cabeceo del block con sulfato



Fuente: Autoría propia

Figura 10 Realización de prueba a la compresión



Fuente: Autoría propia

Resistencia a la compresión del prototipo 1

Como podemos observar en la tabla 4, se reportan los resultados obtenidos por parte del laboratorio de materias en la resistencia a la compresión.

Tabla 4 Resistencia a la compresión. Prototipo 1

7 días	14 días	28 días
16.4 kgf/cm ²	16.8 kgf/cm ²	17.2 kgf/cm ²

Fuente: Autoría propia

Prototipo 2. Este prototipo consta de lo siguiente:

- 1.100 kg de cemento.
- 5.500 kg de granzón o grava.
- 4 kg de arena.
- 250 kg de taparrosas.

Peso de los prototipos

Como se puede observar, en la tabla 5 se indican los pesos obtenidos del prototipo 2

Tabla 5 Peso de los prototipos según su edad de elaboración

7 días	14 días	28 días
11.500 kg	11.400 kg	11.05 kg

Fuente: Autoría propia

Posteriormente se lleva a cabo el proceso del estudio de resistencia a la compresión del block no estructural en un laboratorio de materiales certificado, tal cual se realizó con el prototipo 1.

Resistencia a la compresión del prototipo 2

Como se puede observar en la tabla 6, se reportan los resultados obtenidos por parte del laboratorio de materias en la resistencia a la compresión.

Tabla 6 Resistencia a la compresión. Prototipo 2

7 días	14 días	28 días
21.700 kgf/cm ²	22.200 kgf/cm ²	23.500 kgf/cm ²

Fuente: Autoría propia

3.4 Conclusiones

Uno de los objetivos principales de esta investigación, es lograr el cumplimiento de la norma mexicana MNX-C-441-ONNCCE-2013, el cual determina que la resistencia a la compresión para bloques no estructurales oscila en los rangos de 35 kgf/cm² y 28 kgf/cm², una vez obtenidos los resultados de los prototipos se llegó a la conclusión de que la mezcla que más se acerca a la resistencia antes mencionada es del prototipo 2, en una edad de 28 días después de su elaboración, pues mostró una resistencia de 23.500 kgf/cm², lo que otorga una pauta para la creación de mayores mezclas hasta alcanzar el cumplimiento de la normatividad.

Del mismo modo, con respecto a los pesos volumétricos de las piezas de bloque no estructural, se determinó que el block tradicional tiene un peso aproximado de 12kg por pieza, y el block elaborado ecológicamente con la incorporación de la taparrosca del PET, logra un peso de 9.34 kg lo cual reduce su peso en un 22% con respecto al tradicional, lo cual convierte a este en un material factible considerado no estructural, para ser utilizado como muro divisorio o en plata alta para reducir el peso en la edificación.

Finalmente se puede agregar una ventaja más, pues el block no estructural conllevó a la reducción en su costo de producción, Mientras que un block tradicional tiene un costo aproximado de \$9.80 pesos, en la elaboración de los prototipos de esta investigación, se obtuvo un costo de \$8.20, reduciendo su costo de producción en 16%.

3.5 Referencias

- Alejandro Navas Carro, J. C. (2014). PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LOS BLOQUES Y LA MAMPOSTERÍA DE CONCRETO. Ingeniería, 129-144.
- CHACÓN, W. F. (2015). Concreto Ecológico a Partir de Material PET, Vidrio y Tapas de Bebidas Refrescantes y Alcohólicas. Instituto de Estudios Ambientales – IDEA
- Franco., J. T. (27 feb 2018). "Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo". ArchDaily México.
- G, J. F. (2008). Bloques de concreto. IMCYC.
- Héctor Arturo Ortiz (2019), Historia del poliestireno, Recuperado 16 de Junio de 2019, <http://www.polyfex-eps.com/historia-del-poliestireno/>
- Hernández Sampieri, Interamericana Editores, S.A de C.V., 2006
- México, I. d. (2014). Ener-Habitat, Evaluación térmica de la envolvente arquitectónica. Mexico.
- MNX-C-441-ONNCCE-2013
- Sánchez, L., y Bravo, M. (2013). Los plásticos:reyes de la vida moderna. Revista Gestión, 160: 52 - 55.
- Vásquez, A., Espinosa, R., Beltrán, M., & Maribel, V. (2013). El reciclaje de los plásticos. Universidad Autónoma Metropolitana, 1: 1-16.