

DISEÑO Y ANÁLISIS DE BLOCKS CON AGREGADOS PET

Patricia E. Rodríguez¹, José E. Villalobos E.¹,
Francisco J. González D.², José E. Burguete F.²

RESUMEN

La elaboración de blocks con agregado PET (Tereftalato de polietileno) tuvo como principal objetivo comprobar y determinar, que el plástico es una alternativa viable en el área de la construcción, fomentando el reciclaje, dando así, una opción factible como agregado en la producción de blocks.

Este estudio tiene como base las normas mexicanas para la industria de la construcción que pondrán a prueba el diseño de blocks con agregado PET para certificar tanto su calidad, como su durabilidad. Sujeto a esto, en esta investigación se siguieron normas y protocolos, ya establecidos para poder asegurar el uso de este material.

Las constructoras deben de asegurar que estos blocks cumplan con las normativas requeridas, para garantizar la calidad de la construcción de la obra.

Por todo lo anterior, se realizó una comparativa con block comerciales, sometiendo éstos a las mismas pruebas de laboratorio, y así poder comprar los resultados obtenidos.

Palabras Claves: Block, Normas, PET, Construcción.

ABSTRACT

The main purpose to develop PET blocks (Polyethylene Terephthalat) was to verify and determine that plastic is a viable alternative in the construction area, promoting recycling, thus providing a feasible choice as an aggregate in the production blocks.

This study is based on mexican norms for the construction industry that will prove the design of PET blocks as an aggregate to certify both their quality and durability. Subject to this, the research followed rules and protocols, already established to be able to assure the use of this material.

The builders must ensure that these blocks meet the required standards, to ensure the quality of the work construction.

A comparison was made with commercial blocks, bringing them under the same laboratory proof, thus being able to compare the results obtained.

Keywords: Block, Norms, PET, Construction.

INTRODUCCIÓN

Las botellas de plástico Polietileno Tereftalato (PET) de gaseosas y agua demoran entre 100 y 1000 años en descomponerse, el cual es un material muy resistente de degradarse en el ambiente.

En el marco del Día Mundial del Medio Ambiente, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) detalló que Tuxtla Gutiérrez genera 159 mil toneladas de basura. (NTR Periodismo Crítico, 2010).

El principal problema generado por el PET es al final de su ciclo de vida, es notoria su presencia en los cauces de corrientes superficiales y en el drenaje provocando bloqueo y dificultades en los procesos de desazolve, facilitando inundaciones, así como en las calles, bosques, selvas, océano y entre otros lugares, generando "basura".

¹ Docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas. Email: patricia.rodriguez@unach.mx

² Egresados de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas, Boulevard Belisario Domínguez Km # 1081, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Los blocks con agregados PET fomentaría al reciclaje, ya que se utilizarían para la construcción. Para este estudio, se elaboraron blocks artesanales con agregado PET, sin embargo, este diseño de block debe estar regido bajo los requisitos que estipulan las normas mexicanas de la construcción.

Por todo lo anterior, es de importancia estudiar sus características físicas y mecánicas que estos blocks llegan a tener para evaluar la resistencia bajo las Normas Mexicanas para la Industria de la Construcción, las cuales determinan principalmente las dimensiones, absorción del agua, contracción, resistencia a la compresión.

Las constructoras deben de asegurar que estos blocks cumplan con las normativas requeridas, para garantizar la calidad de la construcción de la obra.

METODOLOGÍA

Este estudio se circunscribirá en las pruebas físicas y mecánicas del block con agregados PET conforme a los requisitos que estipulan las Normas Mexicanas para la Industria de la Construcción.

Para esta investigación se siguieron una serie de pasos conforme a las normativas vigentes de la Norma Mexicana de la Construcción.

Revisión de las normativas mexicanas

La norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 con la cual se rige para las pruebas de este estudio y comprobar que éstas cumplan en los blocks con agregado PET.

Elaboración de block.

Se realizaron blocks con diferentes proporciones de PET. Además de contar con los siguientes materiales:

- Un bulto de cemento Portland de 50kg
- Arena convencional 5 latas.
- Agua 28 lts.
- PET triturado 22Kg.
- Pala
- Molde de block hueco 40x20x15

Para la fabricación de los bloques se propuso una cantidad de material en base a proporciones en la fabricación de éstos mismos, con la finalidad de sustituir la mayor cantidad de arena por el PET triturado.

Trabajo de laboratorio.

Se realizaron las siguientes pruebas de:

- Dimensiones de acuerdo a la NMX-C-038-ONNCCE.
- Determinación de la absorción conforme la NMX-C-037-ONNCCE-2012.
- Determinación de la contracción por secado según la NMX-C-024-ONNCCE-2012.
- Resistencia a la compresión determinado por NMX-C-036-ONNCCE-2012.

Comparación de block.

Las pruebas se realizaron con 3 blocks estándar, comúnmente utilizado en la construcción y con block con agregados PET (de diferentes proporciones) con el fin de verificar cuál de estos blocks son los más adecuados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la investigación se elaboraron blocks, quedando con las siguientes proporciones. (Ver Tabla 1).

Una vez, reposado los blocks por 28 días de secado se procedieron a medir las dimensiones, la mayoría de ellos no obtuvieron ningún problema de deformación, quebradura o porosidad.

El primer lote de 5 blocks cumple con las medidas oficiales que marca la NMX-C-038, luego de ello, se someten a la prueba de humedad para saber el nivel de absorción que estos pueden tener.

Tabla 1. Proporciones Propuestas

Cemento (Lata)	Arena (Lata)	PET (Lata)	Densidad (kg/Dm ³)
*	5	0	2.55
1	4	1	2.013
1	3	2	1.75
1.5	2	3	1.48
1.5	1	4	1.320
1.5	0	5	1.050

*Proporciones de la mezcla del block convencional

PRUEBA DE ABSORCIÓN

Para esta prueba se siguieron los pasos que marca la norma NMX-C037, la cual consiste en dos pruebas una de absorción inicial y la otra de absorción de 24 horas.

En la prueba de absorción inicial se puede observar que conforme aumenta la proporción de PET, disminuye el total de volumen de agua absorbida, por otro lado, se observa que el block tipo 4, su absorción vuelve a incrementar (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la prueba de absorción inicial.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Absorción Inicial (g/min)
Block tipo (N)	14.388	14.571	9.644
Block tipo (1)	13.557	13.700	7.537
Block tipo (2)	12.473	12.590	6.16
Block tipo (3)	11.035	11.131	5.05
Block tipo (4)	9.462	9.640	9.38
Block tipo (5)	6.691	6.896	10.80

Se observa que el block tipo 3 es el que obtuvo mejor resultado (Ver Gráfica 1)

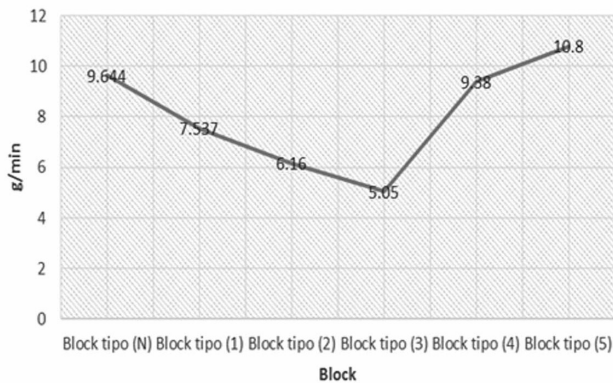


Gráfico 1. Resultados de la prueba de adsorción inicial

En la prueba de 24 horas, se puede notar que conforme va aumentando la proporción de PET, va disminuyendo el total de volumen de agua absorbida. En el block 4 la absorción vuelve a incrementar (Ver Tabla 3).

En las pruebas de absorción el block número 3 fue el que resultó más adecuado. (Ver Gráfica 2).

Tabla 3. Resultados de la prueba de porcentaje de humedad.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Porcentaje de humedad (%)
Block tipo (N)	14.388	14.571	1.27
Block tipo (1)	13.557	13.700	1.054
Block tipo (2)	12.473	12.590	0.938
Block tipo (3)	11.035	11.131	0.87
Block tipo (4)	9.462	9.640	1.88
Block tipo (5)	6.691	6.896	2.97

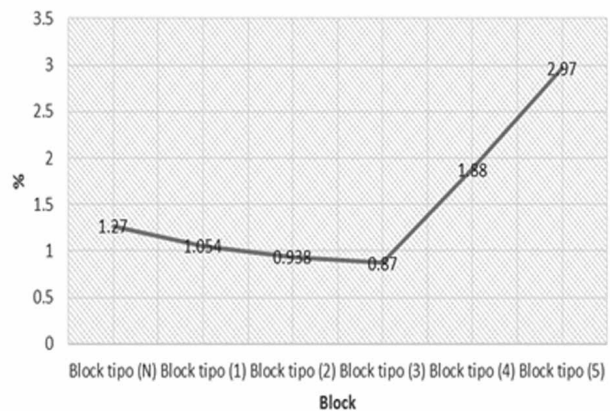


Gráfico 2. Resultados de la prueba de la prueba de humedad

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Para esta prueba los blocks primero tienen que pasar por un cabeceo mediante mortero de azufre, en este caso se sometió un azufre industrial de 85%, el cual pasó las normas de calidad, por lo que se tomó la decisión de utilizar este tipo de azufre, siguiendo los pasos de la Norma NMX-C-036 se obtuvieron los siguientes resultados. (Ver Tabla 4).

En las pruebas de compresión se puede observar que la proporción que obtuvo mejor resultados fue el del block tipo 2 (Ver Gráfica 3).

Tabla 4. Resultado final de la prueba a compresión.

Blocks	Peso en (Kg)	Carga sometida en (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm ²)
Block tipo (N)	13.438	17371	28.95
Block tipo (1)	13.300	22000	36.67
Block tipo (2)	12.820	35120	58.53
Block tipo (3)	11.024	25000	41.67
Block tipo (4)	9.562	20000	33.33
Block tipo (5)	6.751	17000	28.33

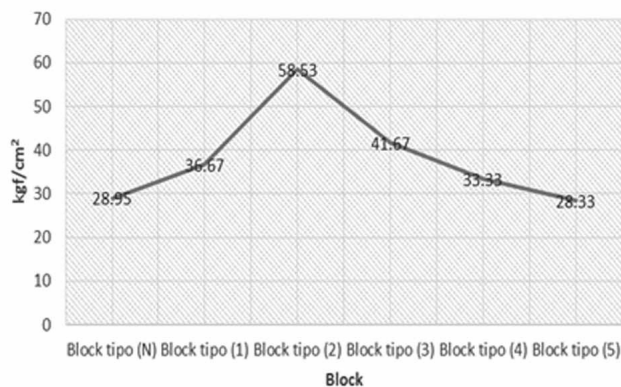


Gráfico 3. Resultados final de la prueba a compresión.

PRUEBA DE CONTRACCIÓN

Para esta prueba se siguieron los pasos que marca la norma NMX-C-024, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de contracción.

Blocks	Peso Húmedo (kg)	Peso Seco (kg)	Contracción %
Block tipo (1)	1.120	1.020	0.155
Block tipo (2)	1.262	1.137	0.074
Block tipo (3)	0.923	0.818	0.158
Block tipo (4)	0.899	0.767	0.157

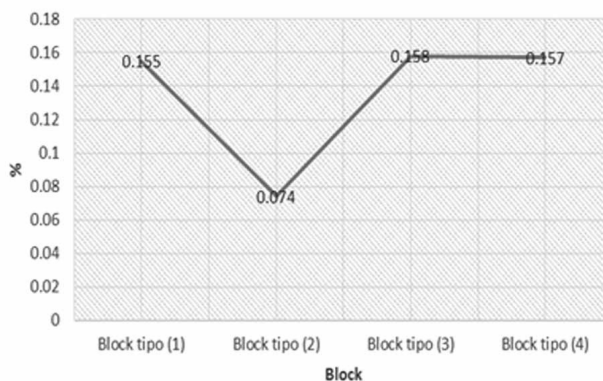


Gráfico 4. Resultados final de la prueba de contracción.

Se puede notar que la proporción que obtuvo mejor resultados fue el del block tipo 2 (Ver Gráfica 4).

Una vez realizados los experimentos a los diferentes porcentajes de blocks con agregado PET, los resultados no eran los adecuados, por lo que se procedió a realizar las pruebas, para ello, se efectuaron las mismas pruebas a blocks comerciales, investigando casas de materiales que fabrican blocks con los dos métodos conocidos, los cuales son artesanales y fabricados en máquinas para ser sometidos a las mismas pruebas antes mencionadas.

Las empresas que se tomaron en cuenta son las siguientes: la empresa Adoblock elaborados en máquina, la siguiente empresa es Proiscon realizados de manera artesanal y la última empresa fue CITSA elaborados en máquina.

Para obtener los mismos resultados que los blocks con PET se procedió a tomar las medidas y saber si estas respetaban las normas oficiales. (Ver Tabla 6).

Confirmando que los blocks respetan las medidas como lo indica la norma, se procedió a realizar la prueba de absorción. (Ver Tabla 7)

Tabla 6. Medidas de los blocks convencionales.

Blocks	Medida Cara 1		Medida Cara 2		Medida Cara 3		Ancho de bordes	
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Exterior	Interior
	cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
Adoblock	15	19.5	40	19.5	40	15	3	3
Proiscon	12	19	40	19.5	39	12	3.5	3
CITSA	12	19.5	40	19.5	40	12	4	5

Tabla 7. Resultados de la prueba de absorción.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Área de la Base (cm)	Agua absorbida	Absorción Inicial (g/min)
Adoblock	14.253	14.554	15x40	1.155	7.5
Proiscon	12.591	12.923	12x39	0.332	29.16
CITSA	12.861	13.042	12x40	0.181	11.92

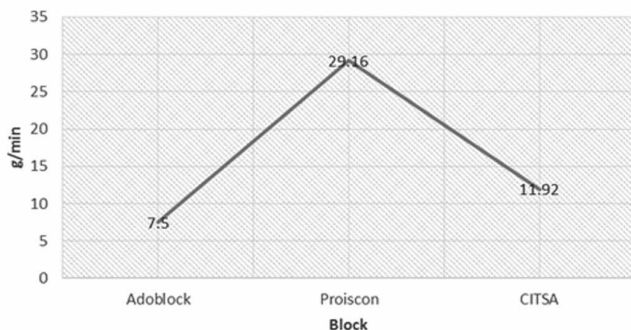


Gráfico 5. Resultados de adsorción inicial

En la gráfica 5 se puede observar que el block Proiscon es el más apto para esta prueba.

Después de haber realizado la absorción inicial pasamos a efectuar la prueba de porcentaje de humedad a cada block. (Ver Tabla 8).

El block CITSA es el que contiene menos humedad. (ver Gráfica 6).

Tabla 8. Resultados de la prueba de porcentaje de humedad.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Área de la Base (cm)	Agua absorbida	Porcentaje de humedad (%)
Adoblock	14.253	15.408	15x40	1.155	8.10
Proiscon	12.591	13.720	12x39	1.129	8.9
CITSA	12.861	13.819	12x40	0.958	7.65

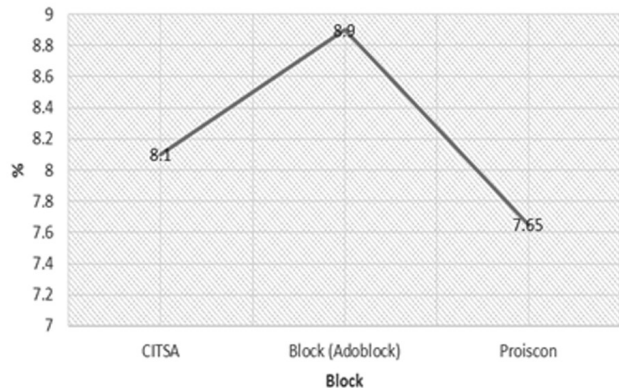


Gráfico 6. Resultados de porcentaje de humedad.

Posteriormente, se realizó la prueba de contracción, sus resultados se observan en la Tabla 9.

El Adoblock no aumenta ni reduce sus dimensiones. (Ver Gráfica 7).

Con base en los procedimientos anteriores de esta prueba, se realiza la prueba de compresión. (Ver Tabla 10).

En esta prueba el Adoblock demuestra que es el block más resistente. (Ver Gráfica 8).

Después de analizar los resultados de las diferentes pruebas en laboratorio de los blocks, hay que considerar los costos de elaboración de éstos mismos.

Tabla 9. Resultados de la prueba de contracción.

Blocks	Distancia Húmedo (mm)	Distancia seca (4 días) (mm)	Distancia seca (2 días) (mm)	Peso Húmedo (kg)	Peso Seco (kg)	Porcentaje De Contracción (%)
Block (CITSA)	100.17	100.02	99.45	1.120	1.020	0.569
Block (Adoblock)	111.00	100.04	99.96	1.262	1.137	0.072
Block (Proiscon)	110.96	110.85	110.19	0.923	0.818	0.594

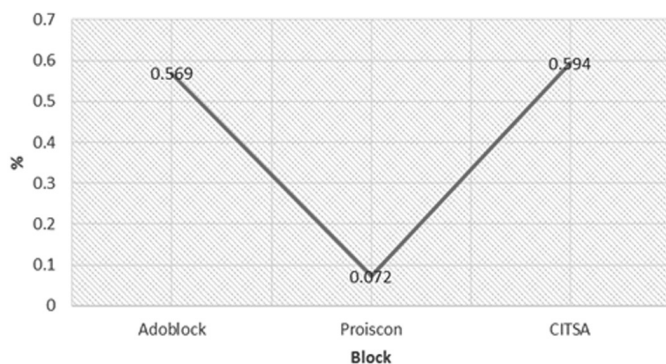


Gráfico 7. Resultados de porcentaje de contracción.

Tabla 10. Resultados de la prueba de compresión.

Blocks comerciales	Peso en (Kg)	Carga sometida (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm ²)
CITSA	13.438	22934	38.22
Adoblock	12.253	34154	56.92
Proiscon	12.820	7,652	12.75

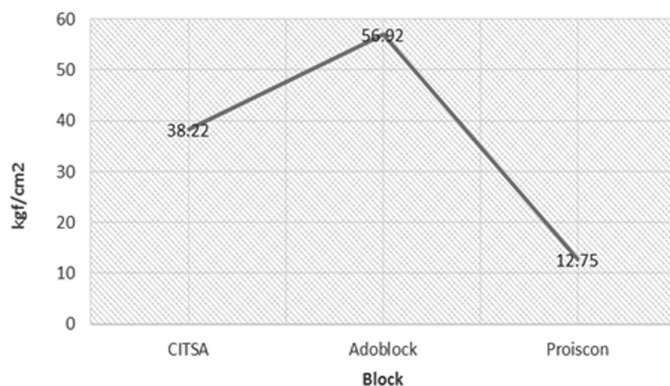


Gráfico 8. Resultados de resistencia de compresión.

Para ello, se tomó en cuenta los precios de los blocks comerciales, siendo éstos los siguientes: la empresa Adoblock con un precio de \$9.00 por cada unidad, la empresa Proiscon, el cual vende sus blocks a \$11.00 por cada unidad y la última empresa fue CITSA, manejando el precio de block de \$10.00 por cada unidad.

Con el fin de conocer el precio de venta de los blocks con PET, y comprobar su factibilidad en el área de construcción, se obtuvieron los costos del PET, tomando en cuenta que la compra del material está a \$2.00 por kilogramo en las recolectoras, además si en el proceso de trituración se logra obtener 10 kg de PET triturado fino, en una jornada de 8 horas pagando \$100.00, se obtiene que el kilogramo de PET triturado es de \$3.25.

A continuación, se procedió a sacar los costos de elaboración por cada block, conforme a las proporciones que se utilizaron (ver Tabla 11), tomando en cuenta el costo de elaboración como subtotal y un 20% en costos indirectos para obtener el costo del block para venta, en los costos indirectos se considera lo que es comercialización y transporte del mismo.

Tabla 11. Costos de blocks.

Blocks	Subtotal (\$)	Costos indirectos (20%) (\$)	Total (\$)
Block tipo (N)	\$7,93	\$1.59	\$9.51
Block tipo (1)	\$10.25	\$2.05	\$12.30
Block tipo (2)	\$12.57	\$2.51	\$15.08
Block tipo (3)	\$17.10	\$3.42	\$20.52
Block tipo (4)	\$19.42	\$3.88	\$23.30
Block tipo (5)	\$21.74	\$4.35	\$26.09

Lo que se observa en el análisis de costo, es que a medida que aumenta la proporción del PET, incrementa el costo de la elaboración del block, por lo mismo la factibilidad de comercializar el block artesanal no es tan posible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración de blocks tuvo como principal objetivo comprobar y determinar que el PET es una alternativa viable como agregado en el proceso de la elaboración del block, sujeto a esto, se debieron seguir normas y protocolos, ya establecidos para certificar el uso de este material.

El resultado que se implementa es la sustitución de la arena en diferentes proporciones hasta el punto de reemplazar en su totalidad al agregado, proporcionando así puntos comparativos en las diferentes mezclas obteniendo distintos resultados.

En cuanto a la comparativa de los blocks convencionales contra los artesanales de PET, ambos muestran buenos resultados en cuanto absorción, humedad y contracción, ya que pasan sin ningún problema las normas.

Con respecto a resistencia los blocks convencionales no alcanzan los estándares establecidos por las normas, en lo referente a los blocks con agregado PET, solo el block tipo 3 el cual logra cumplir con la NMX-C-036-ONNCCE-2012. Resultando como prueba que las bloqueras no dedican el trabajo requerido para entregar un block de calidad y las normas mexicanas demandan estándares elevados para su validación.

Esta investigación provee un paso más a nuevas opciones de materiales para la construcción, siendo el PET el material que da vida a este estudio realizado, proporcionando nuevas propiedades y características bajo normas establecidas que prueban la calidad y la resistencia del material, siendo así una mejor opción factible, ya sea artesanal o mediante maquinaria pesada. Por lo anterior, se considera conveniente orientar nuevos estudios o líneas de investigación en el aspecto de recolección de PET y sus usos en la construcción:

- Hacer un análisis para verificar la eficiencia de las normas mexicanas para la construcción, en la forma de los métodos de realizar las pruebas.
- Continuar el estudio con pruebas de laboratorio

con blocks elaborados a máquinas, para ver los beneficios que estos adquieren.

- Costos de la elaboración del block con agregados PET, en un mercado donde se produzca a mayoreo y con las máquinas necesarias para su correcta elaboración.
- Análisis de las constructoras al adquirir e implementar estos nuevos materiales, y como serían recibidos éstos mismos en el mercado.
- Verificar la factibilidad de hacer una bloquera que utilice el PET como un agregado en el proceso de elaboración.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece al maestro Marco Antonio Jiménez Escobar, por apoyarnos en proporcionarnos el equipo necesario para la correcta trituración del PET.

Se le agradece al señor Jesús Díaz Velazco, por el préstamo de herramientas necesarias, además de proporcionarnos ayuda durante la elaboración de los blocks.

FUENTES DE CONSULTA

- DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-E-232-CNCP-2011 y NMX-E-233-CNCP-201, INDUSTRIA DEL PLASTICO-SIMBOLOS DE IDENTIFICACION DE PLASTICOS, (2011); http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?Codigo=5210376&fecha=21/09/2011 (fecha de acceso marzo, 2016).
- DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas, NMX-C-024-ONNCCE-2012, NMX-C-052-ONNCCE-2012, NMX-C-087-ONNCCE-2012, NMX-C-183-ONNCCE-2012, NMX-C-203-ONNCCE-2012 y NMX-C-404-ONNCCE-2012.(2012); http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?Codigo=5282167&fecha=13/12/2012. (fecha de acceso febrero, 2017).
- N-CTM-2-01-002/02, características de los materiales para la mampostería, bloques de cemento, tabiques y tabicones. (2002); <http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-2-01-002-02>. (fecha de acceso enero,2016)
- NMX-E-232-SCFI-1999, industria del plástico - reciclado de plásticos simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico-nomenclatura, (1999); http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4956958&fecha=25/11/1999 (fecha de acceso marzo, 2016).
- Norma Mexicana NMX-C-404-2012-ONNCCE, Industria de la Construcción Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para Uso Estructural Especificaciones y Métodos de Prueba (2012); <http://www.blockmex.com.mx/skin/images/empresa/ONNCCE/NMX-C-404-ONNCCE-2005>. (fecha de acceso marzo, 2016).
- NTR Periodismo Crítico <http://ntrzacatecas.com/2010/06/06/genera-chiapas-360-mil-toneladas-de-basura-al-ano/> (fecha de acceso febrero, 2016)
- Tiempo en Degradarse las Botellas de PET. <http://manosproductivas.blogspot.mx/2009/07/en-cuanto-tiempo-se-degradan-las.html>. (fecha de acceso febrero, 2017).