



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño.

Área de concentración 4, Diseño, Tecnología y Educación.

Título ICR:

Viabilidad constructiva de la botella PET

Caso de estudio: Ecoladrillo.

Idónea comunicación de resultados que para obtener el
grado de Maestría presenta:

Alumno: Arq. Joaquín Vázquez Enriquez

Tutor: Dra. Andrea Marcovich Padlog

Fecha: Ciudad de México., Septiembre del 2016.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

Casa abierta al tiempo

División de Ciencias y Artes para el Diseño.

Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño.

Área de concentración 4. Diseño, Tecnología y Educación.

Título ICR:

Viabilidad constructiva de la botella PET

Caso de estudio: Ecoladrillo.

Idónea comunicación de resultados que para obtener el grado de Maestría presenta:

Alumno: Arq. Joaquín Vázquez Enriquez

Tutor: Dra. Andrea Marcovich Padlog

Lector: Dr. Abraham Aguirre Acosta

Coordinador de Área: Dr. Iñaqi Olaizola

Fecha: Ciudad de México., 6 de Septiembre del 2016.

Agradecimientos:

A mis padres Hilda Enriquez Reyes y Joaquín Vázquez Hernández, a mi hermana Gabriela Vázquez Enriquez, a mi novia Anne Birke.

Gracias por todo el apoyo y ayuda que me ofrecieron en esta etapa de mi formación profesional.

Índice	III
Introducción	1
Capítulo Uno - Antecedentes del Tereftalato de Polietileno (PET)	
1 Breve historia sobre el PET	8
1.1 El PET, sus recursos fósiles y materiales de embalajes	10
1.2 Botellas PET y envases de vidrio	11
1.2.1 PET y Tetrabrick	12
1.3 Problemática ambiental del PET	13
Capítulo Dos - Producción del PET	
2. Panorama mundial de PET	15
2.1 Perspectiva nacional del PET	15
2.2 Recipientes de refrescos en el mundo	16
2.2.1 Los envases de refresco en México	16
2.2.2 Agua purificada a nivel mundial	17
2.2.3 El agua purificada de México	18
2.3 Acciones mundiales contra la acumulación de desechos PET.....	19
2.3.1 Soluciones empleadas para aminorar el impacto del PET	21
2.3.2 La eliminación de los residuos PET	23
Capítulo Tres - La viabilidad de construir con PET	
3. Situación actual de vivienda en México	24
3.1 Reutilización de los desechos para la autoconstrucción	26
3.1.2 Sistemas constructivos que utilizan el envase PET	28

3.2.	Diversas técnicas de edificación con recipientes plásticos.	
	A) Sistema Ecotec	30
	B) Sistema recipiente vacío	31
	C) Sistema Ecoladrillo	32
3.3.	Estudio del Ecoladrillo	33
3.3.1	I) Acondicionamiento del envase	34
3.3.2	II) Prueba de tiempo de llenado	34
3.3.3	III) Propuestas de Sussan Heisse y tiempos de llenado	37
3.3.4	IV) Distribuciones con distintos tipos de envases PET	39
3.3.5	V) Volumen de basura plástica por botella.....	41
3.3.6	VI) Resistencia a la compresión de materiales	42
3.3.7	VII) Grosor y peso de muros de tabique rojo y botellas PET.....	44
3.3.8	VIII) Peso por 1m2 de Ecoladrillo.....	46
3.3.9	IX) Costos de materiales, envases y tabiques por 1m2 de obra	46
3.4	X) Precio final de Ecoladrillo vs Tabique rojo recocido.....	48
3.4.1	XI) Firme de concreto vs piso de Ecoladrillo	50
3.4.2	XII) Propuestas de distribución	53
3.4.3	XIII) Monto total de Firme de concreto vs piso de Ecoladrillo	55
3.5	Conclusiones finales.....	56

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación analizaremos la viabilidad constructiva del Ecoladrillo,¹ definiremos su costo real de edificación comparado con materiales tradicionales de obra como: Tabique rojo recocido y firme de concreto.

En nuestras actividades cotidianas estamos en contacto permanente con diferentes tipos de plásticos existentes. El PET² es utilizado para producir, entre otros, diversos tipos de envases para: refrescos, agua embotellada, bebidas energéticas, aceites. El recipiente plástico tiene la característica de ser ligero, resistente y asequible de adquirir, aunque su utilización crea grandes volúmenes de basura condición relacionada con el corto ciclo de vida que presenta. Esta situación genera un problema ambiental como consecuencia de la acumulación de este material en tiraderos a cielo abierto, situación que disminuye la capacidad de recepción de otros desechos como: orgánicos, inorgánicos, peligrosos, domiciliarios, industriales y electrónicos.

La basura plástica puede observarse en vías públicas, situación que complica el proceso de limpieza y mantenimiento de tuberías de drenaje, los residuos PET pueden existir en los lagos, bosques, selvas y océanos; el proceso de biodegradación del plástico es lento debido a sus características químicas, esta realidad no permite eliminarlo, reutilizarlo ni reciclarlo fácilmente, provocando efectos negativos en la salud de la población. Esa situación es de gran importancia en nuestra nación debido a que México es el primer consumidor de agua embotellada y ocupa el segundo lugar en ingesta de refrescos en el mundo, en consecuencia somos uno de los mayores productores de residuos de este material. Entre las numerosas propuestas de solución a este problema ambiental, la autoconstrucción ha explorado de manera inicial la reutilización del elemento plástico, tomando de base principal el excedente de esta materia y la facilidad de obtención del recurso.

¹ Botella plástica PET llena de desechos plásticos que conforma una especie de tabique

² PET :(Tereftalato de Polietileno), tipo de plástico utilizado en envases de bebidas y textiles.

Principalmente la autoconstrucción emplea materiales de edificación como: tabique rojo recocido, block hueco y adobe entre otros, sin embargo el uso de materiales alternativos no ha sido valorado para complementar las viviendas de la población demandante. Este aspecto es importante para México donde encontramos déficit de la vivienda, especialmente en el sector rural. Los programas sociales de origen gubernamental como: Vivienda Digna y Vivienda Rural operados por la FONHAPO³ han demostrado la falta de inversión para poder dar solución a estas deficiencias, inclusive hacen énfasis en la necesidad de investigar sobre el desarrollo de materiales que aporten soluciones para ser usados en mejoras de las condiciones técnicas de las viviendas.

Como ejemplo de reutilización del PET mencionaremos el sistema Ecoladrillo, elaborado por la activista alemana Sussan Heisse⁴, este elemento presenta características constructivas que resultan interesantes a desarrollar. Heisse propone aprovechar los recipientes vacíos PET y al mismo tiempo ocupar también las bolsas plásticas de desecho, acción que reduce los residuos plásticos ya que los mismos deben depositarse al interior del envase. Por medio de este sistema constructivo es posible edificar diversos elementos arquitectónicos como es expuesto en su manual de autoconstrucción⁵.

DELIMITACIÓN DEL TEMA

Esta investigación se realiza para conocer el costo real de edificar con Ecoladrillo, para tal efecto fue necesario valorarlo con los montos de obra generados con materiales convencionales de construcción como el muro de Tabique rojo recocido y el Firme de concreto.

- A) Primeramente este trabajo será desarrollado con envases plásticos PET de agua purificada y refrescos en presentaciones de 600ml y 1500ml.

³ Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares.

⁴ Fundadora del sistema Ecoladrillo

⁵ Manual disponible en

<http://puravidaatitlan.org/images/Manual%20%20Sistema%20Constructivo%20Pura%20Vida.pdf>

- B) Posteriormente los datos obtenidos de los recipientes PET serán valorados con materiales convencionales de obra como: piso firme y muro de Tabique rojo recocido, tomando de base la medida de cuantificación de 1m².
- C) Finalmente se expondrán los costos finales de obra empleando materiales convencionales antes descritos y el sistema Ecoladrillo.

JUSTIFICACIÓN

El volumen de desechos plásticos presenta un incremento en los últimos años, esto ha dado origen a diversas investigaciones que estudian la prolongación de la vida útil del envase plástico. En diversos países en vías de desarrollo se han comenzado a construir domicilios reutilizando botellas de PET, lo que busca aprovechar características físicas del recipiente con la intención de emplear la basura plástica y reducir costos en los materiales constructivos. Sin embargo, no existen estudios que valoren los sistemas convencionales de edificación y el Ecoladrillo, la investigación de este material permitirá conocer posibilidades constructivas con guía en la autoconstrucción. Con este conocimiento la población interesada en la reutilización del material PET como elemento constructivo podrá tener mayor información para poder emplear este material en construcciones y proyectos futuros.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

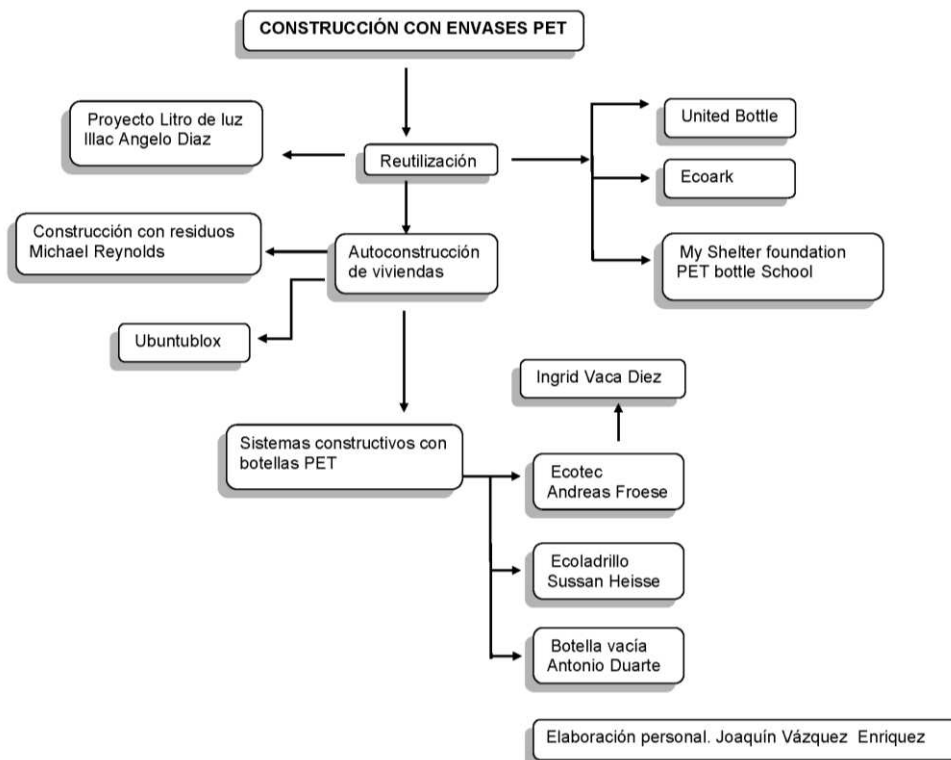
La investigación de los desechos PET es muy amplia, esto expone que esta clase de material puede ser empleado de diversas formas como: El sustituto de fibra para borregos. (Cobos y otros, 2011). Implementación de envases PET como rompe olas. (Kann, L y Zenker,T, 2012). El Plasphalt, propone crear elementos para la configuración de asfaltos plásticos (Hebel, Dirk., E,Wisniewska., Marta, H, Heisel, F., (2014). El proyecto Plastiki que ocupó 12,500 botellas para construir una embarcación (MYOO Media, 2010), nos muestran que las propiedades químicas de las botellas plásticas pueden aplicarse en múltiples usos y por consiguiente es un elemento ideal para reciclar y reutilizar.

Para tener un panorama sobre la construcción con plástico PET fue imprescindible buscar información sobre investigaciones en pro de la disminución de los desechos plásticos como: diversos textos científicos referentes al tema, análogos constructivos envases PET; estas fuentes de información brindaron datos sobre la problemática de la incorporación de residuos plásticos en sistemas constructivos. Una gran parte de los proyectos realizados están basados sobre el reciclaje, en el cual son aprovechados los elementos principales de los recipientes para posteriormente transformar nuevos objetos. Casos como: El proyecto la Trajinera Tecnoecológica en los canales de Xochimilco. (Ochoa y Domínguez, 2014). El sistema constructivo denominado Ceros, creado por la empresa Tabiques y Estructuras Reciclables S.A de C.V. (Aguilar. D, 2012). La propuesta de Casita sustentable por parte del Instituto Politécnico Nacional. (González.V, 2012). El Plan de sustitución de tapas de fierro por el de cubiertas plásticas producto de la fusión del reciclamiento plástico para convertirlo en material de alta compresión creado por el Gobierno de Sinaloa en México. (Ontiveros.S, 2011). Estos ejemplos promueven el reciclaje del PET en los sistemas de edificación.

El proceso de reciclaje ofrece diferentes opciones para emplear el plástico PET y darle nuevas funciones prologando con esto la vida útil del recipiente, este proceso no es sencillo de realizar ya que es necesaria la implementación de maquinaria especializada y de gran cantidad de recursos monetarios. Por esta situación indagamos una segunda posibilidad de ocupar los envases plásticos, identificamos proyectos que reutilizan el elemento, es decir que le dan una segunda función al envase sin transformar sus características principales. Algunos ejemplos como: El centro Ecoark de Taiwan (Hgo,K, 2012). El proyecto My Shelter foundation PET Bottle School, distintas viviendas creadas por Michael Reynolds. (Nováková K, Achten H, 2014). La propuesta de edificación de United Bottle y el sistema constructivo llamado Ubuntublox de Harvey Lacey puesto en práctica en Haití. (Hebel, Dirk., E, Wisniewska., Marta, H., Heisel, F. (2014). Construcciones de viviendas en Colombia, Honduras, México y Uganda elaborados con el Sistema Ecotec de Andreas Froese.(Andreas,F., 2013).

Edificaciones en Brasil con la técnica de Antonio Duarte etc.(Met@lica,P). Estos proyectos demuestran que al darle nuevas funciones al recipiente, este puede configurar nuevos objetos. Como podemos observar en el Cuadro conceptual 1. Construcción con botellas PET. El estudio de los recipientes plásticos ha generado múltiples propuestas para configurar nuevos usos empleando residuos. La mayoría de modelos valoran a los recipientes como elementos alternativos de obra en la autoconstrucción de viviendas, los logros obtenidos por estos proyectos en el campo de investigación aún son someros. Existen diversos proyectos que ocupan las botellas PET, sin embargo, no hay estudios que demuestren su viabilidad constructiva, por este motivo no es posible precisar aspectos generales de este tipo de material como: resistencia, tiempo de ejecución de obra, peso y monto total de edificación, es necesario indagar sobre esta cuestión para poder equiparar los sistemas constructivos y con esto presentar al usuario las ventajas, debilidades y costos que esta clase de materiales alternos presentan.

Cuadro conceptual 1



PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La propuesta Ecoladrillo aún está en fase de experimentación por lo que es pertinente cuestionarnos sobre los aspectos que configuran este sistema constructivo alternativo como:

- 1- ¿Cuáles son las cualidades constructivas de la botella PET?
- 2- ¿Cuál es la viabilidad de edificación del sistema Ecoladrillo?
- 3- ¿Cuánto tiempo y qué costo significa edificar con Ecoladrillo en comparación con materiales convencionales de obra?

OBJETIVO GENERAL

Analizar las propiedades constructivas del sistema Ecoladrillo.

OBJETIVOS PARTICULARES

- A) Identificar las ventajas y debilidades constructivas del sistema Ecoladrillo, se comparará las propuestas de distribución de Heisse y definiremos el tiempo de construcción del sistema.
- B) Cuantificar el costo de los materiales requeridos, para edificar un 1m² de muro y de firme utilizando Ecoladrillos.
- C) Valorar los materiales convencionales Tabique rojo recocido y firme de concreto contra el Ecoladrillo.
- D) Establecer el costo total para edificar un 1m² de muro y firme utilizando Ecoladrillos.

METODOLOGÍA

El estudio para la viabilidad del Ecoladrillo deriva primeramente de la revisión a la información sobre edificaciones con botellas PET, la segunda fuente, se origina de los proyectos que han investigado la reutilización de los envases de plástico y la tercera es la interpretación de Ecoladrillo como material de obra, finalmente la comparación de este material plástico contra materiales convencionales como el caso del tabique rojo recocido y el firme de concreto.

Para el desarrollo de este trabajo dividimos los principales puntos en tres capítulos, lo cuales son presentados de la siguiente forma:

Capítulo Uno.- Antecedentes del Tereftalato de Polietileno (PET).

Describe la historia del plástico PET, posteriormente profundiza en el área de los embalajes para describir las características que ofrece el uso del PET.

Capítulo Dos.- Producción del PET

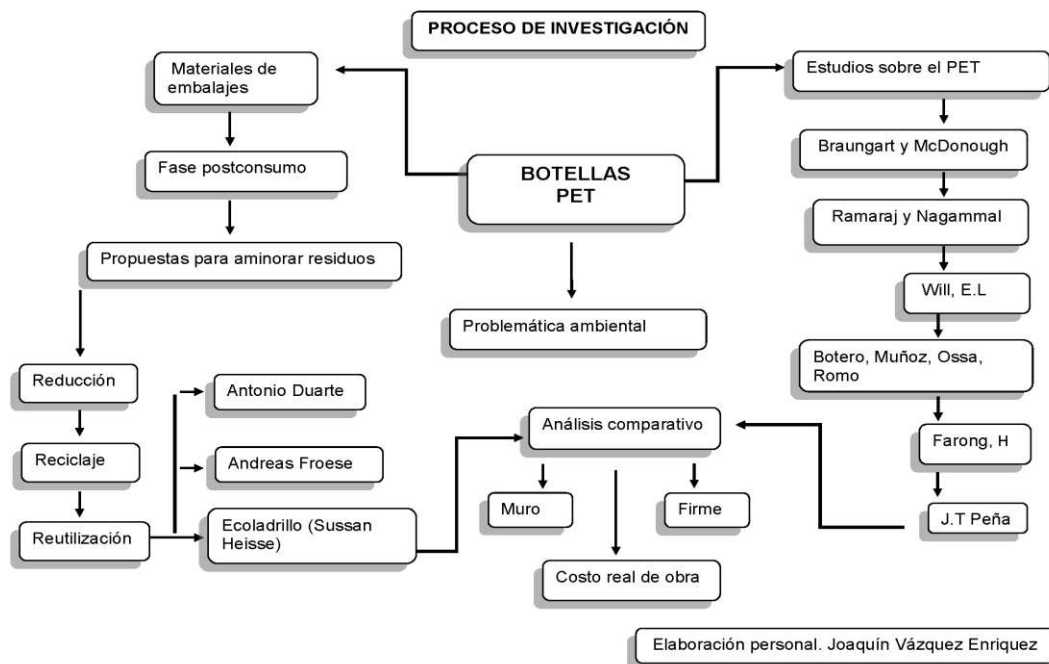
Muestra la producción de botellas de refresco y agua purificada a nivel mundial y nacional, con la finalidad de brindar al lector mayor información acerca del consumo de este plástico y cuestionar el por qué existe una sobre producción de residuos de este tipo.

Capítulo Tres.-La viabilidad de construir con PET

Desarrolla cómo la autoconstrucción ha incorporado el uso de las botellas PET en diversas obras, así mismo indagamos en edificaciones que implementaran materiales considerados desechos. Posteriormente profundizamos en el estudio comparativo de precio de edificación entre materiales convencionales de obra y el sistema Ecoladrillo.

Con el propósito de brindar una lectura clara acerca del proceso de exploración mostramos el Cuadro conceptual 2. Proceso de investigación, donde es posible ver los principales aspectos inherentes al plástico PET, así como la relación existente entre los problemas que genera los residuos plásticos y el área de investigación que procura disminuir el volumen de esta clase de plásticos al ambiente, también podemos encontrar los principales autores que exponen la reutilización de botellas plásticas. Para integrar la información recabada en este trabajo de investigación elaboramos diversas herramientas como: imágenes, tablas y cuadros conceptuales mismos que se localizan en la parte final de este documento.

Cuadro conceptual 2



Esta ICR complementa los esfuerzos realizados por distintas investigaciones en pro de la disminución de los residuos PET a través del estudio del sistema constructivo Ecoladrillo, esto nos brinda herramientas para discutir su utilización como material alternativo de obra.

CAPÍTULO UNO- Antecedentes del Tereftalato de Polietileno

1. Breve historia sobre el PET.

La investigación en el área de los plásticos tuvo gran avance en Europa durante el conflicto bélico mundial producido de 1939-1945, esta condición fue originada por la escasez de productos de algodón, situación que inició la búsqueda de materiales que substituyeran a la fibra vegetal. Al principio de la década de los años 40, los investigadores J.T. Dickson y J.R. Whinfield desarrollan las características de una nueva clase de polímero⁶ el cual emplearon para fibras bajo el nombre de Tereftalato de Polietileno (PET). Posteriormente en 1946 este elemento comienza a destinarse al sector textil.

⁶ Es un compuesto químico donde las moléculas forman cadenas que repiten una forma, esto le da propiedades a la materia como: elasticidad, reflexión, resistencia, dureza, maleabilidad etc.

A partir de los años 70, las múltiples propiedades del envase originan el cambio de la transportación, distribución y venta de artículos, este tipo de recipientes presentaron ventajas en comparación con los envases que en ese momento eran usados en el mercado de embalajes⁷. El Tereftalato de Polietileno PET, es un plástico designado termodeformable (o termoplástico⁸). Este componente puede adaptarse a cualquier forma y diseño, además de contar con un gran potencial para múltiples aplicaciones. En la Imagen 1, observamos la designación numérica para este tipo de recipientes lo que corresponde a las características del plástico y decreta sus aplicaciones dentro de la gama de recipientes.

Imagén1



Envases muy transparentes, delgados, diversos colores Empleados principalmente para el envasado de refrescos, aceites comestibles, agua purificada, alimentos, aderezos y medicinas, agroquímicas etc.

Básicamente existen tres líneas de producción del PET:

- 1.-Categoría textil: Desarrollado como polímero para fibras.
- 2.-Nivel filme: Usado para películas fotográficas, placas rayos X etc.
- 3.-Calidad botella: Busca reemplazar recipientes como el vidrio y metal.








En esta investigación describiremos las propiedades del PET botella como: resistencia plástica, peso, transparencia y protección, estas le han dado un lugar importante en el uso de envases por parte del usuario, relación evidente al considerar que existe una diversidad amplia en el sector de los alimentos que utilizan envases plásticos para ofrecer sus productos demandando su constante abastecimiento. Actualmente existen 7 grupos de plásticos, los cuales son usados para cumplir funciones específicas en el mercado de productos.

⁷ Embalaje: Recipiente o envoltura que contiene productos de manera temporal.

⁸Plástico que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible.

Mayor informe referirse a (Imagen 2 Clasificación de plásticos y usos). Este desglose informa sobre las variables plásticas, complementa la información mencionando qué tipos de productos son posibles de fabricar; lo que permite tener una idea del consumo, utilización y producción de envases plásticos.

Imagen 2

	PET - Tereftalato de polietileno Botellas de bebidas, agua, salsas y condimentos, envases de aceite, cosméticos y medicamentos.
	PEAD – Polietileno de alta densidad Bolsas de compras, tuberías para agua, baldes, botellas de lácteos, botellas de shampoo, suavizantes y detergentes.
	PVC – Policloruro de vinilo Tarjetas bancarias, lonas y carteles publicitarios, calzado deportivo, suelas de todo tipo de calzado, envoltura para golosinas, cables, hules y artículos para oficina.
	PEBD – Polietileno de baja densidad Bolsas para alimentos congelados, bolsas de compras, sacos industriales, cubetas para hielo, bolsas para suero y tapas flexibles.
	PP – Polipropileno Vajilla reusable para microondas, elementos de cocina, contenedores para yogurt, mamilas, tapas en general, vasos no desechables y hieleras.
	PS – Poliestireno Cajas para huevos, tazas, platos, bandejas y cubiertos desechables, envases de helado, ganchos para ropa, peines, cepillos y bolígrafos.
	OTROS – Discos compactos, gabinetes de aparatos electrónicos, lentes de sol y recetados, lámparas para automóviles, teléfonos y juguetes.

Fuente: www.tuola.mx.

1.1 El PET, sus recursos fósiles y materiales de embalajes.

El empleo de los empaques cubren las necesidades de abasto para la población, esta relación comercial abre un campo de investigación relacionado con la posibilidad de la recuperación de envases.

Los envases y embalajes cumplen diversas funciones: almacenamiento y protección del contenido, transmisión de información y motivación al potencial usuario. Sin embargo, en la mayoría de los casos su destino es el cubo de basura y, finalmente, el vertedero. Esto representa un problema ecológico de enorme magnitud por los volúmenes de materiales que obliga a tratar, siendo además éstos de naturaleza muy diferente. (Ecoembes, 2005).

El envasado PET requiere utilizar petróleo. “El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire.” (ALIPLAST 2015). Esto genera diversos problemas ambientales como: altas emisiones de CO₂, lo que contribuye al efecto invernadero y contaminación por la transportación de productos. Para ejemplificar este aspecto, haremos referencia al artículo titulado *El agua embotellada, el gran negocio*, en el cual expone los barriles de petróleo requeridos para satisfacer los mercados de Norteamérica y España.

Solamente la fabricación de botellas para resolver la demanda de los norteamericanos requiere anualmente más de 1,5 millones de barriles de petróleo, tanto como para aprovisionar de combustible a unos 100.000 coches durante un año. En España significan unos 330.000 barriles de petróleo que supone el gasto de unos 22.000 coches. (Fayanás, 2011).

1.2 Botellas PET y envases de vidrio.

La producción de envases de vidrio disminuyó con la utilización del PET, cada vez producimos menos envases de refrescos con vidrio como argumenta la National Association for PET Container, a través de su documento llamado *Características, beneficios y fuentes de información. Lo básico del PET*:

El cambio de vidrio a PET para productos que van desde la cerveza a aderezos para ensaladas, mantequilla de maní a mayonesa, tomó fuerza a finales de 1990 y continúa hoy en día con la mejora en la tecnología PET, las nuevas opciones de empaquetado con el PET ofrecen una mezcla sólida de rendimiento, costo y atracción para el consumidor. (NAPCOR, 2015 p.3)

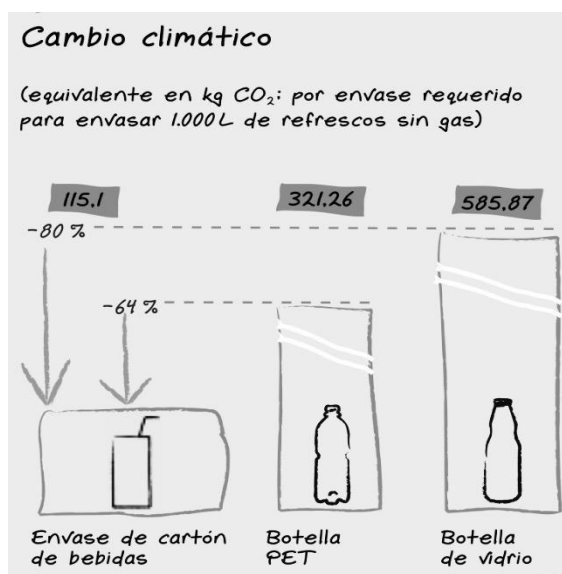
Conforme al Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH⁹. El reciclaje del vidrio es más contaminante que el PET, el cristal requiere mayor cantidad de energía. Citaremos el siguiente ejemplo donde se comparan los Kgs de CO₂ requeridos para envasar 1.000 Litros utilizando Tetra Brick¹⁰. PET y Vidrio, (imagen 3 Cambio climático).

⁹ Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.(2011). *Análisis del ciclo de vida de ámbito europeo para envases para refrescos sin gas: los envases de cartón reciben las mejores puntuaciones en las categorías de emisión de CO₂ y consumo de recursos fósiles.*(El último análisis comparativo del IFEU sobre envases PET, de vidrio y cartón, De Heidelberg (Alemania).p.2.

¹⁰ Envase de cartón producido por la empresa sueca Tetra Pack.

El vidrio produce 585.87 Kg, el PET genera 321.87 Kg, el Tetrabrick origina 115.1 Kg. Este último recipiente crea un 80% menos de CO₂ en comparación con el Vidrio y un índice menor de 64% conforme al envase PET. Esta ilustración muestra que el vidrio emite mayor cantidad de contaminantes al ambiente al ser comparado con los recipientes de PET y Tetrabrick. (La opción menos dañina es el uso del Tetrabrick).

Imagen 3



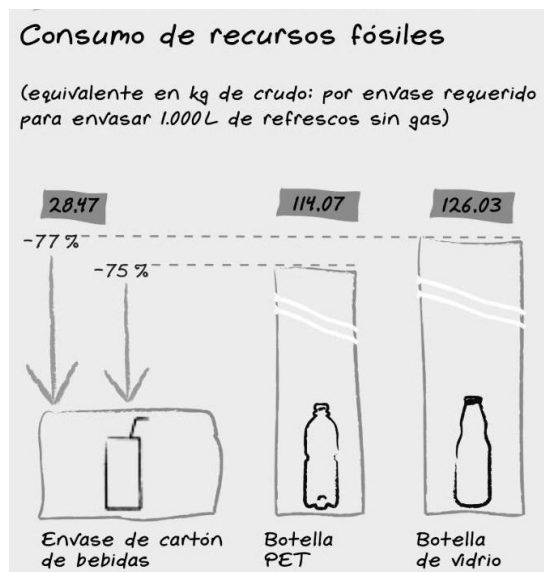
Fuente: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.(2011)

1.2.1 PET y Tetrabrick.

El Tetrabrick es utilizado en el área de lácteos y jugos. Los envases de PET no han podido expandirse en el sector del envasado de leche, requieren de características específicas, para la correcta conservación del lácteo. “Su próximo reto (refiriéndose al envase PET), es el envasado de leche y, sobre todo, de cerveza, mercados donde ya se han emprendido pequeñas pero decididas acciones”. (DPASR,2001, p.7). Esta situación ha generado la investigación para determinar qué embalajes proponen mejoras de calidad en cuanto a su producción y reutilización. Aunque el Tetrabrick no es posible reciclarlo fácilmente su embotellado no es tan contaminante (ver ilustración 4. Consumo de recursos fósiles). En esta imagen se expone una comparación para determinar los kilogramos de consumo de petróleo para envasar 1.000 Litros usando Tetrabrick, PET y Vidrio.

El envase PET requiere 114.07 kg de petróleo por cada 1.000 Litros de producto, mientras que el vidrio necesita de 126.03 Kg para envasar la misma cantidad de litros. El recipiente Tetrabrick demanda menor consumo fósil y por ende produce menor contaminante al entorno promediando: 28.47Kg, lo que indica un 77% menos que vidrio y un 75% menos que el PET. Este modelo define que el Tetrabrick es la opción menos dañina para envasar ya que requiere menos recursos petrolíferos.

Imagen 4



Fuente: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.(2011)

El Tetrabrick sólo puede emplearse al envasado de ciertos productos. Envasar con PET también produce daños a la población, debido a que utiliza recursos fósiles y emite cantidades importantes de CO₂ a la atmósfera

1.3 Problemática ambiental del PET

En esta etapa detectamos la problemática ambiental sobre el tema de los plásticos; ¿qué le pasa a un envase después de ser utilizado?. Cuando esta situación acontece, la botella PET pierde valor total frente al usuario debido a que ha cumplido su objetivo principal como elemento de consumo y por ende se convierte en residuo; en este punto el usuario es el principal factor para depositar la basura en lugares establecidos y con esto comenzar a evitar una parte de la problemática ambiental.

Por consiguiente la creación de restos seguirá hasta que encontremos una forma de eliminar totalmente el residuo una vez que el producto fue consumido. El desecho de PET está relacionado con la cantidad de productos que requieren embotellar el producto con este plástico. “Las botellas PET han presentado el mayor crecimiento de los envases y embalajes plásticos de los últimos 15 años, cuadruplicando su porcentaje en peso en la mezcla de los RSU¹¹ a diferencia del papel o el vidrio que duplicaron su volumen de generación” (SINGIR, 2012). Los residuos plásticos están integrados a un menor ciclo de vida lo que origina grandes volúmenes de residuos sólidos no biodegradables. En México, no existe un correcto sistema de recolección y reciclaje de los recipientes, esta situación ha sido expuesta en Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuencas de Campo, donde se argumenta el déficit antes mencionado.

Aunque absolutamente reutilizable, las botellas de PET constituyen uno de los mayores residuos a nivel mundial ya que su reciclaje sólo está conseguido en una pequeña parte: se recicla un 20% de los 12 millones de toneladas que se fabrican al año. En países como México, que es uno de los mayores consumidores de estos envases por habitante en el mundo, sólo se recicla el 15% de las botellas fabricadas con este material. (Arias y Blanco, 2013, p.391)

Es posible observar los envases tirados en calles, lagos y playas, estos residuos disminuyen la capacidad de almacenamiento de desechos en tiraderos a cielo abierto. La problemática ambiental es grave al considerar que “estudios sobre el PET indican que este tipo de envase tiene un tiempo de biodegradación de aproximadamente 500 años”. (DPASR,2001,p.20). Probablemente la supresión de residuos plásticos sea el problema ambiental más complejo que afronta la sociedad actual, la cantidad de artículos de compra y venta cada vez genera múltiples formas de empaques que indudablemente se convertirán en alguna clase de residuo, para Will, E.L., el tema de la disposición de residuos es una condición actual pero no es nueva.

The problem of what to do with the container after the contents have been used seems typically latter twentieth century, but rubbish was not, of course, invented by the modern world. It is an essential part of the human condition.
(Will,E.L, 1977).

¹¹RSU Residuos Sólidos Urbanos

CAPÍTULO DOS -Producción del PET

2. Panorama mundial de PET.

La botella PET representa el desarrollo en el procesamiento de envases y embalajes de la industria de productos. El consumo de PET es indispensable para satisfacer al consumidor.

(Se habla sobre el tamaño de la Botellas PET).Sobre todo en los mercados de América del Sur y del Norte y de América Central están muy solicitadas las botellas PET de más de 3 litros para envasar bebidas sin alcohol. Al mismo tiempo se registra en muchos países un auge del mercado de garrafas PET de agua de 5 a 20 litros para uso en oficinas, tiendas y el hogar. (Ingeniería de Procesos y Producto I-MAS,2013).

Esta necesidad de abasto de artículos es desarrollada por la industria de los empaques, en 2012, David Swift¹² señaló, “A nivel mundial el consumo (PET) creció 6.6%, en cuanto a la capacidad de producción se esperan casi 23 mil toneladas de PET, Norteamérica aporta más de 4 mil 500 toneladas, y Sudamérica aporta 760 toneladas, siendo Asia el principal aportador con más de 12 mil toneladas”. (Énfasis Packing, 2012). Estos datos indican que la industria de los envases plásticos tiene gran aceptación en la manufactura de los embalajes que brinda numerosas funciones como: seguridad, higiene y transportación de los productos.

2.1 Perspectiva nacional del PET.

La adquisición de PET es promovida por el consumo de bebidas carbonatadas mejor conocidas como refrescos y la compra de botellas de agua purificada. Existen diversos recipientes en el mercado de embalajes, las marcas Coca Cola y Ecopura (envases utilizados para esta investigación). Presentan las siguientes capacidades: Coca Cola, presentaciones: 200ml, 300ml, 355ml, 600ml,1 lt, 1.5lts, 1.75lts, 2 lts, 2.5 lts, 3 lts , por su parte Ecopura muestra: 330ml, 600ml, 1.5lts, 2 lts, 5lts, 10.1lts. Estas marcas producen 16 tipos de empaques, de la misma forma generan 16 formas de residuos. Citaremos los siguientes datos para tener el panorama de los residuos PET en el país, con la finalidad de brindar un sobre la problemática ambiental que enfrenta la nación.

¹²Managing Director de PCI PET Packaging Resin & Recycling Ltda

DATOS DEL PET EN MÉXICO.

- .En el Valle de México se consume cada día 600 toneladas de PET.
- .Un 52% de los materiales plásticos se destinan a la fabricación de embalajes y envases.
- .Los envases representan 30% de los desechos domésticos.
- .Los envases de PET ocupan un 5% del peso y 40% de los rellenos sanitarios.
- .Cada mexicano consume 7 kg de PET al año.
- .80% del PET se exporta a China, Estados Unidos y otros países latinos.
- .La generación de PET en México se incrementa 7% al año.
- .Anualmente, en promedio, 90 millones de botellas de refrescos y agua purificada son lanzadas a las vías públicas, bosques y playas de México.
- .Se estima que las botellas de PET demoran hasta 500 años en degradarse. (Machorro, 2013)

2.2 Recipientes de refresco en el mundo.

En esta investigación mencionamos las cantidades de producción del líquido para tener un parámetro de la industria de estos productos. La producción de los envases PET está relacionada con la cantidad de líquidos que se generen. El comercio del envase de refresco continúa obteniendo beneficios a los proveedores y distribuidores de esta clase de recipiente, esta situación fue ratificada con el *Informe anual de bebidas 2013*.

Este segmento es uno de los segmentos estrella del sector en América Latina. (Refiriéndose a los envases de refresco). Tradicionalmente asociado a países como Argentina (131 litros por año y habitante), Chile (121 litros por año y habitante), o México (119 litros por año y habitante), como grandes consumidores, la creciente alarma mundial por el aumento de la obesidad, obesidad infantil y sobre todo siendo el país con mayor número de diabetes en el mundo pone el foco mundial sobre las empresas de refrescos. (Industria Alimenticia, 2013).

2.2.1 Los envases de refresco en México.

El consumo de bebidas carbonatadas a nivel nacional ha representado múltiples ganancias a las embotelladoras, distribuidoras y comercializadoras del producto; en el anuario estadístico divulgado por La industria de refrescos y aguas carbonatadas, se muestra la posición que ocupa el país a nivel mundial, con lo cual podemos visualizar la necesidad de producir y adquirir las botellas plásticas.

Por su volumen de producción, la industria de refrescos en México continúa ocupando el segundo lugar a nivel mundial después de la de Estados Unidos. Asimismo, México también ocupa el segundo lugar del mundo en cuanto al consumo per cápita de refrescos”. (ANPRAC, 2005, p2).

La población mexicana en general consume diversos tipos de refrescos, situación que es aprovechada por la industria de líquidos embotellados, ésta condición se expone en el artículo llamado *El fuerte crecimiento de bebidas y refrescos en América Latina*.

México es a la vez el país de mayor y más rápido crecimiento en términos de consumo per cápita de refrescos, reflejando una fuerte penetración de bebidas con sabor a frutas y carbonatadas para niños, y agua embotellada y carbonatadas para adultos. (América Economía, 2010).

Esta situación puede deberse a múltiples factores culturales y de obtención de mercancías como: bajo costo en la adquisición del producto, diversidad de envases y tamaños, preferencias en el sabor de la bebida, formas y costumbres de ingerir alimentos.

2.2.2 Agua purificada a nivel mundial.

El consumo de este elemento es necesario, lo que repercute en la adquisición de agua embotellada, misma que ha tenido gran desarrollo en los últimos años, esta exigencia es canalizada por la industria encargada de la venta de este líquido. Situación que ha contribuido al negocio de la compra venta de agua. “El consumo anual de agua embotellada alcanza los 154.000 millones de litros, en el año 2006, y supone un aumento del 57% respecto al año 2001. Esto representa un gasto de unos 100.000 millones de dólares anuales”. (Fayanas, 2011).

A nivel internacional, el crecimiento del consumo de agua purificada demuestra la necesidad de consumo por parte de la población en general. La dependencia de compra de líquidos embotellada también radica en la falta de mantenimiento de las instalaciones de agua potable y como esta reputación ha influenciado a la población para adquirir agua embotellada.

Esto repercute en la creación de múltiples formas de botellas plásticas para solventar esta demanda.

Las cifras del negocio del agua hablan por sí solas. En la década de 1970, el volumen anual de agua embotellada que se comercializa en todo el mundo ronda los 1.000 millones de litros. En la siguiente década se dobla el consumo, sin embargo, es a partir de 1990 cuando el crecimiento ya es exponencial. En el año 2000, las ventas anuales ascienden a más de 84.000 millones de dólares. (Fayanás E.E, 2011).

Las botellas PET continúan obteniendo mayor demanda por parte de la población, en buena parte debido a que no existen recipientes que ofrezcan sus productos en otra clase de empaque, situación que sostiene la utilización del embalaje plástico.

2.2.3 El agua purificada en México.

México tiene una relación particular con la compra de líquido, la población en general percibe el suministro del líquido de forma deficiente, debido a la falta de mantenimiento en las tomas, escasez en el suministro del mismo etc. Estas acciones crean desconfianza en la ingesta directa de agua por medio de la llave. Situación que provoca que en la mayoría de los domicilios sea necesario comprar agua embotellada preferentemente en garrafones de 20 lts de capacidad, en algunos casos es irremediable adquirir este líquido a través de pipas¹³. La compra de este producto podría parecer económica para el consumidor, inversamente, al realizar algunas indagaciones de carácter personal sobre costos en que se incurre encontramos lo siguiente:

En la compra de botellas de agua, pagamos más por el envase que por el producto (líquido) , en efecto, actualmente en México (2015) una botella plástica de agua purificada con capacidad de 1 litro, vale alrededor de 10 pesos, mientras que un garrafón de agua de 20 litros cuesta aproximadamente 36, esto indica que el líquido en la botella de un litro debería costar aproximadamente 1.80 pesos, en resumen pagamos más por el envase que por el contenido y generamos 20 envases de más basura plástica.

¹³ Pipa: Vehículos especiales que transportan en su interior agua.

Conforme a Bustos Valentín, el costo de líquido no corresponde a su precio real y en su mayoría pagamos realmente los montos generados por la distribución, venta y gastos de publicidad del envase.

El recipiente es mucho más caro que el contenido. De hecho, se estima que, como mínimo, el 90% del coste real de una botella de agua en una tienda se debe a elementos distintos al agua: embotellado, transporte, distribución. (Bustos V, 2013).

El incremento de costos deriva directamente de la comercialización del producto, lo que significa pagar más por el residuo que por el líquido en si, los gastos generados por la comercialización, distribución y venta son absorbidos en gran parte por el consumidor

2.3 Acciones mundiales contra la acumulación de desechos PET.

En la cumbre del G8¹⁴ en 2004, el primer ministro de Japón, Koizumi Junichiro, presentó la iniciativa de las 3R¹⁵. Esta idea propone tres acciones para construir una sociedad que tenga como finalidad el desarrollo del reciclaje.¹⁶La iniciativa afirma que todo consumo genera inevitablemente un desecho, por lo que es indispensable tratar de disminuir el volumen del mismo. Las 3R básicamente son acciones que promueven un consumo responsable de productos, en el caso de la botella PET es importante concientizar sobre el uso del envase promoviendo acciones como: reducción, reciclaje y reutilización.

Reciclaje y Reutilización

Estas actividades son reconocidas en pro de la eliminación de los desechos; comúnmente confundimos los términos y atribuimos algunas características erróneas en conceptos como reciclaje y reutilización.

¹⁴Grupo de países más industrializados del mundo, conformado por Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, Reino Unido y Rusia.

¹⁵3R: Siglas que refieren a 3 acciones sobre: Reducir, Reutilizar y Reciclar.

¹⁶Reciclaje: Proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse.

Reciclaje.- Acción que modifica las propiedades de las que están hechas los objetos para posteriormente crear nuevos elementos. Ejemplo: Con los envases PET es posible extraer su resina para crear alfombras, platos, textiles etc.

Reutilización.- Actividad de brindar una segunda vida útil a un objeto sin modificar sus propiedades primarias. Ejemplo: Las botellas de PET pueden cortarse por la mitad y ser reutilizadas para macetas.

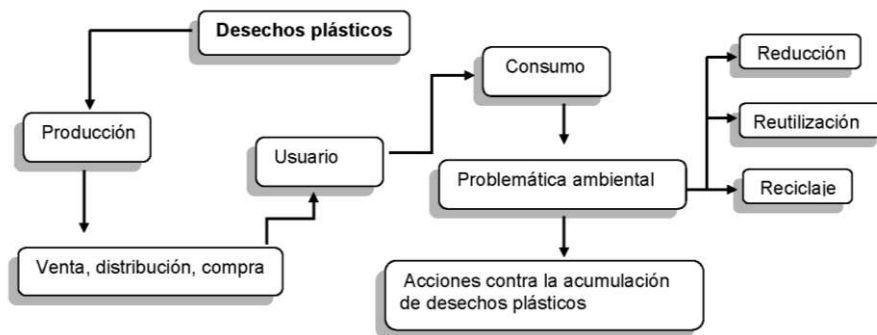
Las medidas mencionadas son aportaciones para disminuir volúmenes de basura, pero el empleo de las mismas requiere de cambiar hábitos de consumo por parte de la población, por tal motivo su correcta aplicación es muy complicada. A través del artículo *Diseño de Envases y Embalajes No Reutilizables*, Filippone, J.G., Candela, N., López, A., & Orihuela, R.. (2005) cita a Fiksel, (1996). Sostienen que la reutilización y reciclaje son medidas preventivas de un problema ambiental, por lo tanto no deben ser consideradas como soluciones totales.

El tratamiento y la gestión de los residuos son medidas paliativas que no representan la mejor estrategia para luchar contra la contaminación. Desde el punto ambiental son preferibles las medidas que conduzcan a la minimización y a la optimización del uso de los materiales: el reciclaje, la reutilización de componentes y, en general, la disminución del consumo de energía y de materias primas, debieran ser los objetivos de los nuevos diseñadores.

La producción de residuos plásticos tiene relación con la elaboración de artículos y la demanda de consumo. Para comprender la línea de creación de residuos fue necesario ilustrar el Cuadro conceptual 3. (Creación de residuos y acciones en pro de la disminución de plásticos). Donde podemos apreciar que el usuario es fundamental en el proceso de venta y compra de un artículo, la adquisición de productos adquiridos contienen empaques y estos a su vez derivan en la problemática ambiental, en contra parte hay posibles soluciones como es caso de la iniciativa de las 3R mismas que promueven las acciones para disminuir los desechos plásticos.

Cuadro conceptual 3

CREACIÓN DE RESIDUOS Y ACCIONES EN PRO DE LA DISMINUCIÓN DE PLÁSTICOS.



Elaboración personal. Joaquín Vázquez Enriquez

2.3.1 Soluciones empleadas para aminorar el impacto ambiental del PET.

La investigación sobre disminución de residuos PET aborda múltiples posibilidades de análisis. Los siguientes ejemplos sugieren no eliminar un residuo; estudian las características PET y como pueden ser aprovechadas para darle una segunda utilidad. Uno de estos estudios es el realizado por diversas universidades mexicanas denominado: *Envases de Polietilenterftalato molidos y su función como sustituto de fibra en la dieta de borregos*.¹⁷ Este proyecto emplea hojuelas PET como sustituto de fibra en el alimento de los borregos, el proyecto ofrece la diversidad sobre la incorporación del residuo plástico. Existen propuestas que procuran la obtención de las hojuelas de PET para posteriormente ser aplicadas en diversas opciones constructivas. La Seciti¹⁸ y el Instituto de Materiales de la UNAM, generaron tres prototipos de trajinera para investigar las posibilidades de crear una embarcación con material reciclado nanoparticulado.¹⁹ Este tema surge de la preocupación por la deforestación de árboles para la fabricación de trajineras en la zona de Xochimilco.

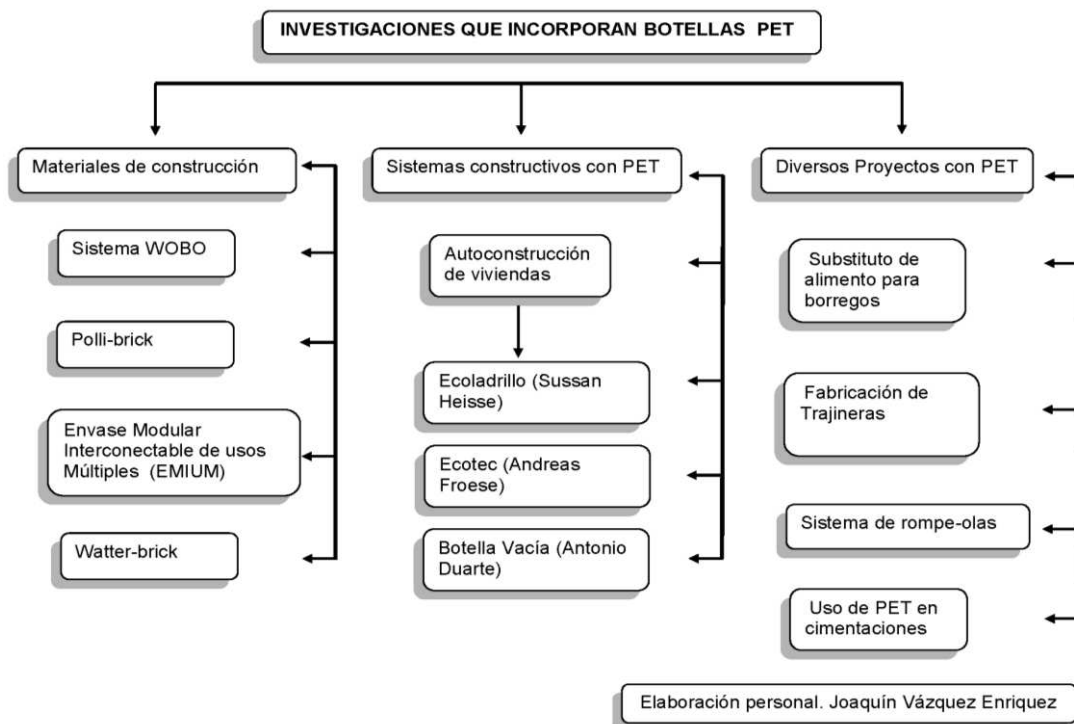
17 Cobos Peralta, Mario A., Mata Espinosa, Miguel A., Pérez Sato, Marcos., Hernández Sánchez, David., Ferrera Cerrato, Ronald. (2011). "Envases de PolietilenterftalatoMolidos y su función como sustituto de fibra en la dieta de borregos"., Artículos en Agrociencia No 45, 33-41

18 Secretaria de Ciencia Tecnología e Innovación

19 Notimex. (Martes 2 de Septiembre de 2014) La primera trajinera fabricada a partir de PET, a punto de estrenar recorrido en Xochimilco [en línea] La jornada Sección Ciencias. Recuperado el 17 de Septiembre de 2015 de <http://www.jornada.unam.mx/2014/09/02/ciencias/a03n1cie>

La Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto de Ingeniería, profundiza en la observación de la botella aplicada en la construcción, en el que propone incorporar el envase plástico como sustitución de tezontle en el relleno de áreas de cimentación.²⁰ Las investigaciones que incorporan desperdicios plásticos proponen diversas soluciones de empleo de residuos, para mostrar una visión amplia de este aspecto, realizamos una recopilación de proyectos que proponen nuevos materiales y sistemas constructivos, también presentamos diversos proyectos que valoran al plástico PET de manera distinta al área de edificación otorgando con esto otras visiones de uso. (Cuadro conceptual 4. Investigaciones que incorporan PET).

Cuadro conceptual 4.



20 Botero Jaramillo, Eduardo., Muñoz, Liliana., Ossa, Alexandra., Romo, Miguel P. (2014). "Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas". Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, No70, 207 -219

2.3.2 La eliminación de los residuos PET.

La aplicación de las denominadas “3R” tiene cierta aceptación en la sociedad. Aunque, para poder cumplirse correctamente es preciso modificar diversos hábitos de consumo que implican el cambio en la forma de consumir un producto desde su adquisición. La problemática sobre el correcto tratado de los desechos PET, no puede, ni debe ser considerada únicamente bajo la rama del reciclaje, ya que dicha alternativa no puede cubrir el procesamiento que genera la cantidad de residuos producidos. Nuestro país presenta alto grado de procesamiento de envases PET, aunque éste avance no es suficiente. “En México sólo se recicla el 15% de las seis millones de toneladas de plástico que se consumen al año, expresó Eduardo Martínez Hernández, presidente de la Asociación Nacional de las Industrias del Plástico (ANIPAC)” (El economista, 2011).

Existen posturas que sostienen que realmente existen pocas alternativas efectivas para disminución del producto. “Currently, there are three main methods for plastic waste handling: burying in landfill, incineration and recycling”. (Farong, H, 1997). Esta declaración es de suma importancia para entender lo complejo que es suprimir esta clase de plástico, las dos primeras opciones ofrecen un panorama donde el empleo de estas medidas desarrollaría otra serie de problemas ambientales y por lo tanto dejan de ser viables, ante esta situación la opción más aceptable para proteger al medio ambiente es el reciclaje.

Para McDonough y Braungart, el origen de los desechos radica en que los objetos no han sido diseñados para reintegrarse a un correcto ciclo de producción, distribución y eliminación de un producto.²¹ Los autores hacen referencia a los empaques y productos que en general no están concebidos para cumplir un correcto ciclo de vida. Sostienen que el reciclaje efectivamente puede transformar los elementos primarios de PET y convertirlos en nuevos objetos, proponen valorar al reciclaje por medio de un nuevo concepto denominado upcycling²².

²¹ McDonough W, Braungart M. (2002) *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. United States: North Point Press

²² Término para reutilizar los materiales que pueden ser modificados y hacerlos útiles otra vez o darles una nueva identidad y valor.

El término explica la finalidad del reciclaje-upcycling no es más que prolongar la vida útil del objeto, irremediablemente tarde o temprano se convertirá en un desecho. Esta falta de diseño es posible aplicarse en las botellas de PET, las cuales no han sido proyectadas para ser utilizadas después de cumplir su función principal por lo tanto no pueden ser totalmente eliminadas.

CAPÍTULO TRES- La viabilidad de construir con PET

3. Situación actual de vivienda en México.

El déficit de Vivienda en México, es uno de los problemas más grandes y complejos que actualmente enfrenta el país. *Conforme al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, expuesto en el Diario Oficial de la Federación.

Actualmente existen en México 2.8 millones de viviendas que necesitan ser reemplazadas y 11.8 millones que requieren algún tipo de mejoramiento o ampliación. Asimismo, para atender el crecimiento de la población se estima que en los próximos 20 años se demandarán 10.8 millones de soluciones de vivienda debido a la creación de nuevos hogares. (DOF,2013,p.15).

El requerimiento de dicho inmueble sobrepasa la oferta que brindan las diversas instituciones creadas al efecto por el gobierno, mediante programas de desarrollos de vivienda. Es posible adquirir diversos apoyos gubernamentales para mejorar, remodelar y construir casas, no obstante, estos proyectos, en su mayoría resultan ser insuficientes debido al bajo aporte monetario que destinan para apoyar las demandas constructivas. Acorde a la ley de vivienda publicada en el Diario Oficial de la Federación; con fecha 27 de junio de 2006. Artículo 4, segundo apartado, la definición Autoconstrucción es considerada como: “el proceso de construcción o edificación de la vivienda realizada directamente por sus propios usuarios, en forma individual, familiar o colectiva”. (Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, 2006). La autoconstrucción es una de las respuestas que la población ha encontrado para poder construir obras, esta forma de edificación presenta una alternativa de mercado importante debido a su creciente demanda.

Como podemos observar en la entrevista publicada en La Jornada en línea, para González, S, existe la necesidad de edificar vivienda, no obstante el sector inmobiliario no ha tenido el mismo crecimiento que la demanda de las casas.

El 63 por ciento del millón de viviendas que se calcula se construyen en México cada año son de autoconstrucción, una tendencia que difícilmente cambiará porque hace falta financiamiento, aseguró Eugene Towle, director de Softec²³ (González, S ,2015).

Conforme al Comité Técnico Especializado del INEGI, el déficit de vivienda no debe interpretarse únicamente en la falta de construcción de casas, el concepto puede ser aplicado al diseño de los espacios habitables y la carencia de servicios básicos como: drenaje, luz, agua e infraestructura. Este comité aprueba en 2012 la metodología para calcular el déficit habitacional²⁴, concentra el término déficit en tres grandes rublos.

Primer Grupo: Menciona las carencias de los materiales constructivos que conforman la vivienda como baja calidad en muros, pisos y los techos.

Segundo Grupo: Describe la escasez de espacio habitable en una vivienda reflejado en el hacinamiento.

Tercer Grupo: Refiere a la falta de conexiones de servicios básicos para la población como: drenaje, agua y electricidad.

En esta investigación examinaremos las características del primer grupo, debido a que menciona los materiales constructivos y la calidad de los elementos de vivienda. La calidad de los componentes de vivienda como: piso, muros y techos van directamente relacionados con la clase de materiales adquiridos y la aplicación de estos. Esta situación reclama el desarrollo de nuevos materiales de edificación que permitan mayor facilidad de obtención.

²³ Consultora especializada en el sector inmobiliario.

²⁴ Comisión Nacional de Vivienda. CONAVI. (2012). *Metodología para estimar el Déficit Habitacional, y soluciones asociadas*. De México: Comité Técnico Especializado de Vivienda. p.17-19.

3.1 Reutilización de los desechos para la autoconstrucción.

La autoconstrucción de vivienda ha experimentado la incorporación de residuos en la construcción, por medio de su reutilización. Es posible encontrar ejemplos donde los materiales desechados como: llantas, vidrio, latas de aluminio y botellas PET son incorporados en sistemas constructivos. Los recipientes plásticos pueden sustituir otros materiales para la nivelación de casas terrenos.

Los envases de PET representan una alternativa potencial para su uso como material de reemplazo, aligeramiento y nivelación en áreas extensas que vayan a ser utilizadas para construcciones livianas.

La resistencia química del PET ante la acción de agentes externos promedio, hacen que su durabilidad supere en gran medida la vida útil de la vivienda que se construya sobre ellos. (Botero y otros, 2014, p.218).

La reutilización de la botella plástica PET como material de construcción, presenta características interesantes como: bajo costo, fácil obtención, peso ligero, entre otras propiedades que merecen ser estudiadas. “Investigations on effective reusing or recycling of such used bottles in the construction sector, marks the beginning of the next industrial revolution.” (Ramaraj, Nagammal, 2014, p.3)La implementación de la reutilización y reciclaje en los objetos de consumo, han sido interpretados de diversas formas inclusive desde tiempos muy lejanos, en el estudio *The Ancient Commercial Amphora*, la reutilización y reciclaje datan de la época de los romanos, estas soluciones, eran aplicadas en las ánforas utilizadas para transportación de líquidos.

Archaeology clearly proves that recycling must have preoccupied the peoples of antiquity, and their numerous solutions to the problem were both inventive and practical. As if our own current “bottle problem” were not enough, the archaeologists are still looking for practical ways in which to cope with “post-consumer solid waste” of antiquity. (Will, E.L. ,1977)

En el caso específico de la botella PET esta no ha sido diseñada para brindar un segundo uso al usuario. La problemática de desechos radica en las funciones posteriores que podamos brindar a un objeto. El estudio de la reutilización de un objeto también ha generado diversas interpretaciones como la de Peña J.T, (2007) en donde expone que los romanos reutilizaban objetos.

En dicho estudio explora tres tipos de clasificación de reutilización, los cuales son determinados por la aplicación original del recipiente y si este deriva en una modificación física del objeto. (pp 61-118).

Clasificación de Peña JT sobre la reutilización

Tipo A: Uso similar a la aplicación principal del ánfora, no modifica físicamente el objeto.

Tipo B: Implica una función diferente a la original pero el objeto no es transformado físicamente.

Tipo C: La función es diferente al propósito original, el objeto cambia físicamente.

El tratamiento de residuos por medio de materiales constructivos ha sido explorado mayormente bajo los principios del reciclaje, sin embargo, de manera experimental la reutilización ha ido obteniendo importancia. Durante la 30ª Conferencia Internacional celebrada en la Universidad de Ahmedabad, se declaró que la reutilización del PET está relacionada con la innovación de las edificaciones.

Reusing PET bottles for packing continuously is not preferable; however the idea of reusing them in a different field requires innovation. PET bottle bricks as an alternative building material, a less energy intensified process, is successful in construction process. A rational and a pragmatic perception is the requirement in today's context to address multifaceted issues simultaneously. (Ramaraj y Nagammal, 2014, p.3)

La interpretación de Ramaraj y Nagammal,²⁵ sostiene que la clasificación de reutilización de Peña. J.T, puede aplicarse a los envases de PET. Las características físicas del recipiente contribuyen a su reutilización en la configuración de materiales de construcción.

²⁵ Ramaraj A, Nagammal. J. (2014). Exploring the Current Practices of Post Consumer PET Bottles and the Innovative Applications- A Way Ahead. In A. CEPT University (Ed.), (p. 8). Ahmedabad: 30th International PLEA Conference.

Conforme el apartado Tipo B de la clasificación de Peña JT; La reutilización implica una función diferente a la original pero el objeto no se transforma físicamente. Para interpretar dicha definición indagamos en sistemas constructivos con la definición Tipo B anteriormente expuesta.

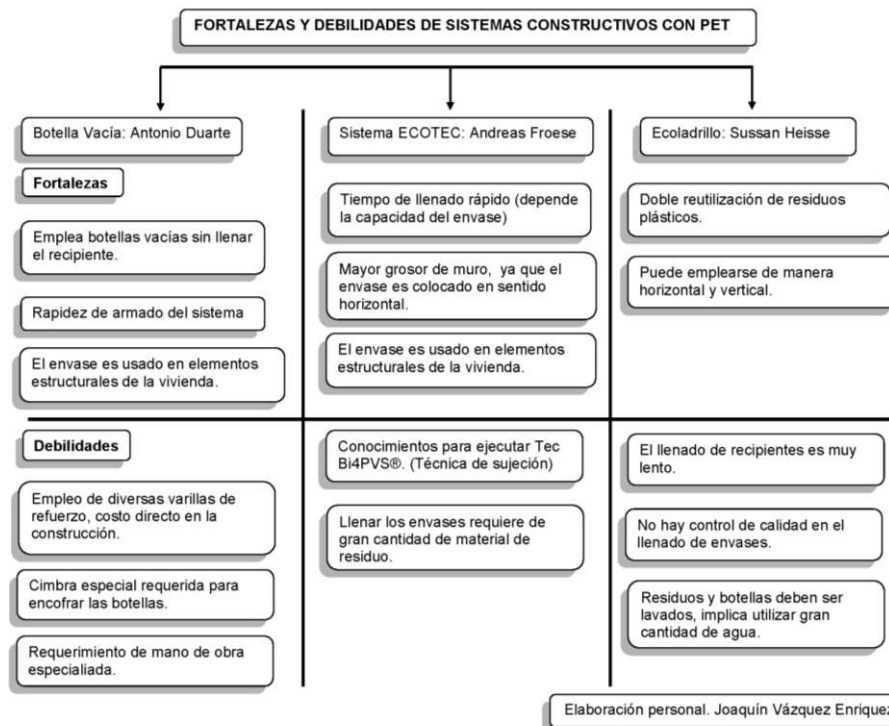
3.1.2 Sistemas constructivos que utilizan el envase PET.

Mediante el intercambio académico realizado en la Technische Universität Berlin, Alemania con el apoyo de los profesores Dr. Philipp Misselwitz y Dr. Renato D'Alençon Castrillón, fue posible localizar diversas edificaciones enfocadas a la autoconstrucción de vivienda, manejan la reutilización del envase de PET como material alternativo de obra. Existen varios sistemas de edificación que nos brindan un mejor panorama sobre los alcances de estos procedimientos. La reutilización de materiales para la autoconstrucción no es un tema nuevo. Algunos ejemplos datan de 1970, donde el arquitecto estadounidense Michael Reynolds bajo el nombre de la empresa Earthship Biotecture edificó en Taos Nuevo México, diversas viviendas. Estos hogares están diseñados para funcionar autónomamente edificados con diversos materiales desechados como: llantas de autos, latas de aluminio, botellas de vidrio y botellas PET.

Cada elemento reutilizado tiene una función específica en la construcción de la vivienda. Las llantas son rellenas de tierra para crear muros gruesos que permiten ganar masa termal que regula y aísla el interior de la vivienda. Las botellas de vidrio son usadas en los muros para permitir el paso de luz natural al interior de los espacios habitables, las latas de aluminio son usadas para crear diversos muros bajos. Este arquitecto demostró que los envases PET, deben ser usados de forma específica para lograr estabilidad estructural. Pero hasta el momento no se han aplicado estudios constructivos como: análisis estructurales, sísmicos, resistencia de materiales, costos etc. La reutilización del envase plástico de PET puede emplearse en diversas formas, pero es pertinente cuestionar, ¿Qué tan viables son realmente los sistemas constructivos que utilizan la botella plástica?.

Indagar sobre esta clase de materiales alternos brinda mayores conocimientos sobre el tema como: costos, tiempos de ejecución de obra, elección de envases etc. Mediante la investigación de uso de la botella PET como material de construcción fue posible localizar tres tipos de sistemas para edificación primordialmente generados en el área de autoconstrucción de viviendas, estos proyectos fundamentan la reutilización del elemento plástico, (información ver cuadro conceptual 5. Fortalezas y debilidades de sistemas constructivos con PET). Estas propuestas tienen características importantes a considerar las cuales afectan directamente en el proceso de edificación como: costo de mano de obra, tiempo de ejecución constructiva, dificultad para configurar los recipientes etc.

Cuadro conceptual 5.



Conforme la clasificación de reutilización Tipo B de Peña JT (referido en la página 30). Estudiamos a profundidad el sistema constructivo denominado Ecoladrillo ya que ocupa dos formas de residuos, situación que aumenta las posibilidades de reducir el volumen de desechos plásticos y reutiliza los elementos de manera conjunta.

No obstante es necesario valorar este producto contra materiales convenciones de obra, para conocer características básicas como: precio unitario, grosor, resistencia y precio de edificación; para este propósito cotejamos los costos de edificación con Tabique rojo recocido en la fabricación de muros y al Firme de concreto para elaborar pisos.

3.2 Diversas técnicas de edificación con recipientes plásticos.

A) Sistema Ecotec

Por medio de esta consultoría, el alemán Andreas Froese desarrolla diversos proyectos constructivos como: escuelas, acueductos y viviendas. Para Froese, el recipiente PET puede utilizarse como tabique alternativo, el objeto debe ser configurado de manera especial. “To turn the PET bottle in a brick, it has to be made heavy (filled for example with wáter, earth or sand)”. (Nokáková y Achten, 2014, p. 43). El recipiente no debe emplearse vacío, es fundamental llenar los recipientes plásticos con tierra del sitio o materiales de residuo arenoso. Los envases llenados deben colocarse de forma horizontal, para cuatrapear²⁶los ecoladrillos entre si, esta acción contribuye a una distribución equitativa de las cargas. Después las botellas son entrelazadas por un sistema de fijación denominado Tec Bi4PVS®²⁷, el cual brinda a los envases grados muy significativos de estabilidad.

El sistema de Andreas Froese ha sido sometido a diversos estudios constructivos, uno de ellos fue desarrollado por la asociación de Estructuras de la Pontificia Universidad Javeriana y el Grupo de Investigación en Materiales y Estructuras (GRIME). Estos grupos construyeron prototipos para someterlos a diversas pruebas como: resistencia a la compresión, ensayo volteo en muros y tanque en botellas. La rigidez de la botella queda supeditada a la granulometría que tenga el material depositado en el interior del envase.

²⁶Termino que en construcción se utiliza para referirse a la operación de alternar la posición de las juntas de manera vertical u horizontal obteniendo mejor amarre y con ello mayor resistencia en muro.

²⁷Técnica de construcción Ecotec, amarre biomimético de cuatro puntos, sujeción de cuatro botellas.

No es posible determinar exactamente el comportamiento del envase al someterlo a esfuerzos, bajo este concepto es necesario tener un control preciso del llenado de recipientes para obtener productos con capacidades de carga similares. Los envases son sujetados entre sí bajo el sistema denominado Bi4PVS® el cual busca obtener la fijación de los recipientes con el agarre de las botellas en cuatro puntos diferentes.

B) Sistema recipiente vacío.

La siguiente alternativa constructiva es desarrollada en Brasil por Antonio Duarte. El envase vacío presenta la resistencia necesaria para ser utilizada en la edificación de diversos elementos como: muros y techos. El sistema de edificación consiste en colocar las botellas en forma vertical uno sobre de otro sujetando la tapa-rosca de la botella (A) con la base de la botella (B). Después los envases son tratados a un proceso denominado encofrado²⁸, posteriormente en este producto es vertido el concreto con lo cual los envases quedan fundidos en la mezcla del mismo.

En este sistema constructivo no es preciso rellenar la botella con ningún elemento extra debido a que los recipientes PET no se amarraran entre si, el sistema de cimbra provee a los envases de sujeción en el proceso de colado²⁹, esto permite un ahorro de edificación importante ya que no debemos tener una preparación en específico del envase. Debemos recordar la necesidad de invertir en una cimbra³⁰ especial que permita ser utilizada en diversas ocasiones por lo que es recomendable que esta sea de carácter metálico.

El colado es realizado con concreto para lo cual es imprescindible contar con el capital suficiente para su adquisición, la colocación de las botellas puede ser de forma autoconstructiva, para el proceso de cimbrado se requiere de mano de obra calificada.

²⁸Encofrado. Sistema de moldes temporales o permanentes que se utilizan para dar forma al concreto antes de que este pueda fraguar.

²⁹En construcción se usa para denominar la acción de vaciar concreto en moldes preestablecidos.

³⁰Estructura provisional de diferentes materiales (madera-metal) que se utiliza como molde para vaciar el concreto.

Este factor afectará directamente el costo final de la edificación. Con la finalidad de ejemplificar este sistema constructivo, citaremos una serie de dos videos realizados en Brasil,³¹ ³² en donde es posible observar las diversas aplicaciones del envase plástico como: pisos, muros y techos.

C) Sistema Ecoladrillo.

Es un elemento alternativo de edificación desarrollado por la activista alemana Susanne Heisse, mediante su fundación Pura Vida³³, este sistema propone reutilizar dos veces un residuo. Para este propósito la autora que se comenta ocupa un segundo objeto que deriva de los desechos plásticos, y los introduce en la botella PET. Inversamente no todos los desechos plásticos pueden comprimirse de la misma forma, situación que complica el llenado y prolonga el tiempo destinado a la actividad. “Algunas desventajas en el uso de envases llenos con bolsas consisten en que el proceso de llenado de las botellas es un trabajo dispendioso que debe hacerse de forma individual y cuidadosa de tal manera que se logre una compactación adecuada de las bolsas.” (Botero y otros, 2013, p. 213) . Heisse propone reutilizar sin distinción todos los envases PET; las botellas de agua purificada, refrescos y agua mineral son valoradas de la misma forma. Interpretándose de esta manera que cualquier recipiente puede emplearse para edificar.

Mediante la reutilización de la botella plástica esta adopta funciones para las que no fue diseñada, situación que requiere emplear otros materiales constructivos que le permiten funcionar como material alternativo. El tiempo de llenado de envases necesita de la participación de varias personas para realizar esta actividad de manera óptima debido a que el proceso demanda gran cantidad de tiempo.

³¹ Marcos Sugahara. (2012 agosto 23) Casa de garrafa PET [Archivo de Video]. Obtenido <https://www.youtube.com/watch?v=Tmwq1RqTTRU>

³² Condominio Veredas do Lago Azul. (2013 abril 15) Uso de garrafas PET na construção civil [Archivo de Video]. Obtenido <https://www.youtube.com/watch?v=8oDjUq9Hli4>

³³ Organización dedicada al movimiento ecológico del manejo alternativo de desechos sólidos, sede San Marcos La Laguna, Lago Atitlán, Guatemala.

3.3 Estudio del Ecoladrillo.

Esta interpretación fue tomada con la medida de 1m² de obra ya que esta magnitud facilita la lectura en el área constructiva. El estudio comparativo de un material convencional con uno alternativo fue dividido en varias secciones para proporcionar al lector la información correspondiente al tema, para tal motivo mencionamos consideraciones que deben tenerse en la interpretación de resultados. Con la finalidad de exponer al lector el acomodo de los recipientes al interior de 1m² de muro configuramos varias representaciones gráficas por cada envase explorado, tanto en las distribuciones de Heisse como en las propuestas presentadas, en estas imágenes es posible apreciar tres vistas principales.

Vistas principales por distribución

Alzado: Muestra los recipientes observados frontalmente

Corte A-A': Visión de los envases a través del muro.

Planta: Recipientes vistos desde la parte superior del muro.

El análisis comparativo contempla diversas secciones

- 1.-Acondicionamiento del envase
- 2.- Prueba tiempo de llenado
- 3.- Distribuciones de Heisse y tiempos de llenado.
- 4.- Propuestas de distribución con distintos tipos de botellas
- 5.-Volumen de basura plástica por envase
- 6.- Resistencia a la compresión de materiales
- 7.- Grosor de muros de tabique rojo y recipientes PET
- 8.-Peso por 1m² de Ecoladrillo
- 9.- Costo de materiales, envases y tabiques por 1m² de obra
- 10.- Precio final de construcción de Ecoladrillo vs Tabique rojo recocido.

Para conocer el precio real de 1m² construido con botellas PET comparamos el envase plástico con un material de obra convencional, en este caso se eligió implementar el Tabique Rojo Recocido debido a que es un elemento constructivo que la población demanda de manera recurrente.

“El tabique o ladrillo es el material más utilizado en muros en el país; junto con el bloque, corresponde al 70% de las viviendas censadas en 1990.” (Arroyo, M, Cabrera ,Muñoz M, 2002, p.357). Por ser un material de uso frecuente tiene un valor establecido en la industria de la construcción en la adquisición de piezas y la mano de obra para emplearlo, por esta razón el estudio comparativo aportará elementos para definir si el Ecoladrillo tiene costos y características aceptables para poderse emplear como elementos alternos de obra.

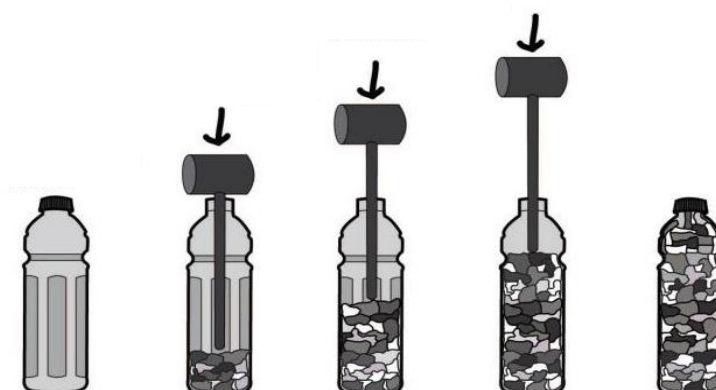
3.3.1 I) Acondicionamiento del envase.

El empleo las botellas plásticas requiere habilitar el envase, el frasco debe ser lavado al igual que la basura que ingrese en el, con esta acción se evita que los restos de comida, grasa y azúcar generen bacterias al interior de la botella y puedan debilitar la resistencia del plástico. Los residuos para relleno de envases deben ser elementos inorgánicos, estos deben seleccionarse de manera cuidadosa para asegurar que el recipiente tenga una resistencia correcta.

3.3.2 II) Prueba de tiempo de llenado.

No se encontró literatura que aportara datos sobre el período necesario para cumplir este evento; por consiguiente implementamos una prueba práctica que determinara la duración del proceso. Durante el experimento no limpiamos los residuos introducidos en los envases, tampoco lavamos los recipientes, debido a que nuestro objetivo principal fue obtener el rango de tiempo imprescindible para configurar Ecoladrillos, aun así, hacemos hincapié en la necesidad de indagar la cantidad de líquido forzoso para lavar estos residuos. Los recipientes fueron sometidos a la técnica de llenado de botellas de Heisse; (Informe imagen 5), estos pasos consisten en seleccionar residuos plásticos para después introducirlos en recipientes plásticos, posteriormente estos deben ser comprimidos con un palo de madera o metal con la finalidad de quitar el aire entre los residuos y con esto configurar un Ecoladrillo.

Imagen 5



Fuente:<https://www.dondereciclo.org.ar/blog/ecoladrillos-una-nueva-opcion-para-reutilizar-residuos-plasticos/>

La función de llenado requirió de la participación de 30 sujetos que de manera individual prepararon un envase de plástico de 600ml con residuos plásticos. (Imágenes 6, 7). En este proceso pudimos recabar información sobre el conocimiento que se tenía acerca de este tipo de material alterno así como la detección de ciertos factores que influyeron en el tiempo de llenado como: habilidad del entrevistado al realizar la actividad, empleo de diversos tipos de residuos y tipos de envases. Al principio de dicha prueba indagamos la percepción de los entrevistados sobre el tiempo que les llevaría realizar dicha actividad, en todos los casos la cantidad real supero las expectativas de los sujetos, esto habla que no existe un conocimiento real sobre el proceso de llenado de envases.

Imágenes 6,7. Prueba de llenado para Ecoladrillo, envase de 600ml



Fotos: Acervo personal

Posteriormente procesamos los resultados para obtener los rangos de tiempo reales y la desviación estándar para adquirir el promedio de tiempo de los individuos. Determinamos con una seguridad del 95% que el tiempo de llenado en forma individual de una botella PET de 600ml es de: 11m 48s a 14m 22s. (Para mayor informe ver Tabla 1. Resultados prueba tiempo llenado de envases, capacidad 600ml. El rango obtenido muestra que realizar esta actividad demanda gran cantidad de tiempo por lo que es conveniente tener este aspecto en consideración al momento de edificar con este método.

Tabla 1

Resultados prueba tiempo llenado de envases, capacidad 600ml.

Sujeto	C.P	E	xi	xi-X	(xi-X) ²
1	✓	10	6.43	-6.218	38.663524
2	X	5	7.5	-5.148	26.501904
3	X	3	8.52	-4.128	17.040384
4	X	2	9.3	-3.348	11.209104
5	✓	13	9.31	-3.338	11.142244
6	X	7	9.37	-3.278	10.745284
7	X	3	9.39	-3.258	10.614564
8	X	7.5	9.4	-3.248	10.549504
9	X	5	11.14	-1.508	2.274064
10	X	3.5	11.2	-1.448	2.096704
11	X	15	11.22	-1.428	2.039184
12	X	15	11.41	-1.238	1.532644
13	X	3.5	11.57	-1.078	1.162084
14	X	7	12.05	-0.598	0.357604
15	X	2	12.15	-0.498	0.248004
16	✓	10	12.24	-0.408	0.166464
17	X	4.5	12.57	-0.078	0.006084
18	X	4	13.14	0.492	0.242064
19	✓	14	13.26	0.612	0.374544
20	✓	20	14.02	1.372	1.882384
21	X	30	14.5	1.852	3.429904
22	X	30	15.2	2.552	6.512704
23	✓	40	15.56	2.912	8.479744
24	X	15	15.58	2.932	8.596624
25	X	5	16.17	3.522	12.404484
26	X	5	16.2	3.552	12.616704
27	X	15	16.47	3.822	14.607684
28	X	20	17.17	4.522	20.448484
29	X	7	18.16	5.512	30.382144
30	X	4	19.24	6.592	43.454464
n		30		z	1.96
Promedio		12.648		alfa	5%
Suma		309.78		Intervalos	3.26835021
Desviación		3.2684	restando 1	11.48	X+-Z*d/raiz(n)
Confianza 95%		95%	sumando 1	13.82	

Notas:

CP: Conocimiento previo
 E: Expectativa de tiempo de llenado
 xi:Tiempo real en minutos por sujeto

Tiempo estimado
 11m 48s - 14m 22s

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.3.3 III) Propuestas de Sussan Heisse y tiempos de llenado.

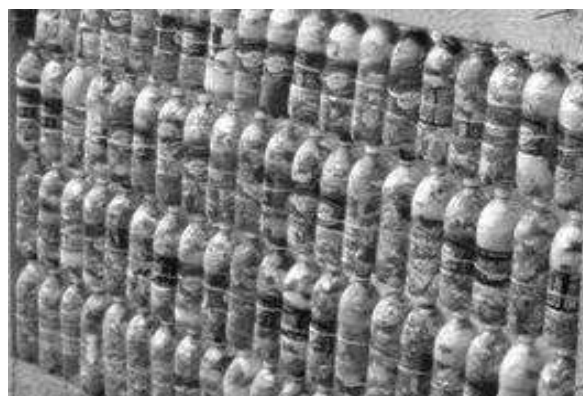
Analizamos el acomodo de recipientes en una edificación, mediante imágenes de Ecoladrillos en proyectos como: viviendas, baños y bancas; obteniéndose como conclusión que de manera reiterada emplea dos tipos de repartición de botellas, ambas en sentido horizontal para configurar una estructura. La primera opción intercala los cuellos de las botellas acción que entrelaza los recipientes entre ellos, la segunda forma apila los recipientes utilizando la base de los mismos como soporte general de la estructura, ambas propuestas están delimitadas por un elemento estructural primario. (Imágenes 8,9).

Imágenes 8,9. Diversas formas de distribución de Ecoladrillo.

1ra opción: intercalada



2da propuesta: apilación de envases



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente (2012 marzo. 27) Soy natural Ecoladrillo [Archivo de Video]. Obtenido <https://www.youtube.com/watch?v=o81Kgt83ADg>

Después desarrollamos modelos en 2D³⁴ por cada propuesta, esto determinó el número de envases empleados y lo multiplicamos por el rango de tiempo 11m 48s a 14m 22s para obtener el tiempo empleado por cada distribución de Heisse. Para fines de este trabajo desarrollamos una clasificación con distribuciones utilizando Ecoladrillo, esta lectura debe interpretarse primeramente con el nombre del envase y después la capacidad de líquido.

³⁴ Dibujo en dos dimensiones, contemplan medidas en ancho y largo de un objeto. Diseños realizados con el programa Autocad.

Nomenclatura

M1 H- 600: Primera botella, 600ml.

M2 H- 600: Segundo envase, 600ml.

M3 H- 1500: Tercer recipiente, 1500ml.

M4 H- 1500: Cuarto modelo, 1500ml

M1 H-600ml. Los envases son intercalados por los cuellos de los recipientes utilizándose de manera horizontal, requiere de 66 botellas por 1m², tiempo de llenado por m² es de 13h 03m a 16h 04m. (Mayor informe de distribución ver imagen 10 sección anexos).

M2 H-600ml. Los recipientes son apilados utilizando la base de los mismos, en esta propuesta obtuvimos 60 envases por m², es indispensable emplear de 11h 48m a 14h 22m. (Mayor detalle de distribución ver imagen 11 sección anexos). Los resultados exponen el tiempo necesario individualmente para obtener 1m² de Ecoladrillo, esto requiere de más de 11 horas continuas de trabajo. Ante la elevada demanda para configurar la botella implementamos una variable a la distribución de recipientes. Incrementamos el tamaño del envase de 600ml a 1500ml, para conocer de qué manera el tamaño del envase influye en el tiempo de manufactura del Ecoladrillo.

M3 H-1500: La distribución es similar al modelo M1 H-600, son empleados 33 recipientes; a pesar de la disminución de recipientes obtuvimos un incremento en el tiempo de llenado para botellas; resultando de 16h 18m- 19h 55m. (Para ampliar la información de distribuciones ver imagen 12 sección anexos).

M4 H-1500: La propuesta acomoda de manera vertical los envases apoyando la taparosca de un elemento con la base de otro, requiere 33 recipientes para configurar el m², el tiempo de obra oscila entre 16h 18m a 19h 55m. (ver imagen 13, sección anexos). Los datos indican que bajo esta configuración de recipientes el tiempo de llenado de los mismos es elevado, también fue evidente que el tamaño del envase puede influir en la configuración del muro. (Para observar el tiempo requerido por cada recipiente dirigirse a tabla 2, en la sección de anexos).

3.3.4 IV) Distribuciones con distintos tipos de envases PET.

Esta fase consistió en tomar las distribuciones de Heisse y reinterpretarlas con la configuración de nuevos tipos y tamaños de envases como: botellas de refresco y agua purificada, estas fueron medidas y dibujadas en 2D. Estos recipientes presentan diferencias de grosor, tamaño y geometría desde su empleo original, ya que fueron diseñados para transportar diversas clases de líquidos. (Mayor informe ver imagen 14. Medidas de botellas, sección anexos). En esta representación identificamos las características básicas a considerar en nuestro estudio como: altura y ancho, también se muestra los diversos ángulos de visión de los recipientes examinados. Para complementar información sobre el reparto de las botellas en 1m² de obra realizamos esquemas gráficos para los envases observados.

Nomenclatura de las pruebas:

BA-600: Botella de Agua Purificada de 600ml.

BR-600: Envase de Refresco de 600ml.

BA-1500: Recipiente de Agua Purificada de 1500ml.

BR-1500: Frasco de Refresco de 1500ml.

Modelo BA-600: La distribución mixta de los recipientes disminuye la cantidad de espacios vacíos entre botellas, los envases están acomodados verticalmente con la incorporación de una hilera en dirección horizontal. (imagen 15 en anexos). Requiere 58 envases por 1m², esto ahorra 8 recipientes en comparación con el M1 H-600 y 2 contra el M2 H-600, tiempo estimado de llenado de botellas es de 11h 10m a 14h 15m.

Recipiente BR-600: presentó diversas variantes en comparación del recipiente BA-600 como: menor altura, mayor ancho y grosor del plástico. La distribución fue de manera mixta creando siete hiladas en sentido horizontal y dos orientadas verticalmente (imagen 16 en anexos). Esto implementa 56 botellas por m² y 10 envases menos valorados con el M1 H-600 y cuatro recipientes con el M2 H-600. El lapso de tiempo estimado de configuración es de 11h 11m a 13h 30m.

Las propuestas BA-600 y BR-600 pueden configurarse por m² menor número de recipientes en comparación con los modelos M1 H-600 y M2 H-600. Al utilizarse menos envases existe una reducción del tiempo de llenado. Con la finalidad de complementar la información de edificar con distintos tipos de envases incorporamos dos nuevos tamaños de recipientes para contrastarse con las distribuciones M3 H-1500 y M4 H-1500.

Los modelos BA-1500 y BR1500, promediaron 14h 35m a 18h 27m de llenado, tres envases menos que las propuestas de Heisse. (Imágenes 17 y 18 en anexos). Ambos envases mostraron una depreciación de tiempo de llenado comparado con (M3 H-1500 Y M4 H-1500). (Mayor informe ver tabla 2).

Tabla 2

Tiempos requeridos de llenado con diversos tipos y tamaños de botellas.

No de recipientes por 1m² de obra.

CONFIGURACIÓN DE MUROS.

ENVASE 600 ML		No ENVASES	TP.M	TP.H
	MODELO			
Heisse	M1 H-600	66	758m 08s-938m 52s	13h 03m-16h 04m
	M2 H-600	60	688m 8s-853m 2s	11h 48m-14h 22m
PROPUESTAS	BA-600	58	666m 24s-825m.16s	11h 10m-14h 15m
	BR-600	56	643m 28s-796m 32s	11h 11m-13h 27m
ENVASE 1500 ML		No ENVASES	TP.M	TP.H
	MODELO			
Heisse	M3 H-1500	33	947m 1s-1173m 15s	16h 18m-19h 55m
	M4 H-1500	33	947m 1s-1173m 15s	16h 18m-19h 55m
PROPUESTAS	BA-1500	30	861m-1066m 5s	14h 35m-18h 17m
	BR-1500	30	861m-1066m 5s	14h 35m-18h 17m

TP.M:Tiempo promedio minutos

TP.H: Tiempo promedio horas

s: segundos

h: horas

m: minutos

Modelos de HEISSE

M1 H-600 Modelo 1- ENVASE 600ML

M2 H-600 Modelo 2- ENVASE 600ML

M3 H-1500 Modelo 3- ENVASE 1500ML

M4 H-1500 Modelo 4- ENVASE 1500ML

Propuestas de distribución

BA-600: Botella de agua 600ml

BR-600: Botella de refresco 600ml

BA-1500: Botella de agua 1500ml

BR-1500: Botella de refresco 1500ml

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Estos datos muestran la relación entre el número de recipientes utilizados y la cantidad de tiempo para confeccionarlos. Mayor envase disminuye el número de recipientes por 1m² de Ecoladrillo, esto requiere de mayor tiempo de llenado de las botellas y demanda utilizar más materiales de relleno para darle el acabado final al muro.

3.3.5 V) Volumen de basura plástica por envase.

De manera complementaria, a través de una actividad académica con estudiantes de la UAM-Xochimilco determinamos la cantidad de basura plástica que configura un Ecoladrillo. Para evaluar esta función contamos las bolsas plásticas que pueden contener un recipiente de PET de 600ml, obteniéndose como resultado 35 empaques, de manera proporcional definimos que los envases de 1500ml albergan 87.5 bolsas plásticas. Para definir la cantidad de residuos plásticos ocupados en elaborar un m² realizamos una tabla en la cual exponemos el total de residuos plásticos con cada uno de los envases explorados así como en distintas distribuciones de recipientes (mayor informe ver Tabla 3. Piezas plásticas por m²). Este dato permite observar la capacidad de almacenaje para residuos y con esto valorar esta alternativa como elemento de contención para basura plástica.

Tabla 3

PIEZAS PLÁSTICAS POR M2 DE ECOLADRILLO

Materiales	No M2	BPx E	BPxm2
BA-600	58	35	2030
BR-600	56	35	1960
BA-1500	30	87.5	2625
BR-1500	30	87.5	2625

Notas:

BA-600: Botella de agua 600ml

BR-600: Botella de refresco 600ml

BA-1500: Botella de agua 1500ml

BR-1500 Botella de refresco 1500ml

No M2= Número de piezas necesarias por m²

BPxE: Bolsas plásticas por envase

BPxm2: Bolsas plásticas por m²

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.3.6 VI) Resistencia a la compresión de materiales.

La compresión de un elemento radica en someterlo a dos fuerzas externas para aminorar su volumen, este factor determina el funcionamiento de un sistema constructivo.

Para delimitar la compresión del recipiente PET interpretamos los resultados obtenidos en la investigación Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas³⁵. Determinamos la capacidad de carga máxima (N³⁶) de la botella de agua purificada, misma que fue evaluada sin ningún residuo plástico en su interior, este dato nos es de utilidad para conocer las aptitudes de este tipo de envase. (Ver tabla 4, Resultados de la pruebas para la condición de envase vacío en anexos). Para el recipiente de refresco obtuvimos el promedio de los recipientes por medio de la tabla 5 (Resistencia envases rellenos vs envases vacíos).

Tabla 4

Resultados de la pruebas para la condición de envase vacío

<i>Referencia</i>	<i>Envase</i>	<i>Volumen cm³</i>	<i>Carga máxima N</i>	<i>Desplazamiento mm</i>	<i>Deformación %</i>	<i>Altura Inicial mm</i>
E1	Agua T1	1.500	144,5	1,65	0,4939	335
E2	Agua T2	1.500	80,25	2,66	0,7933	335
E3	Agua T3	1.500	106,14	6,05	1,8057	335
E4	Agua T4	1.500	62,59	2,2	0,6464	340

Tabla 5

Resistencia envases rellenos vs envases vacíos

<i>Referencia</i>	<i>Envase</i>	<i>Volumen cm³</i>	<i>Envases vacíos</i>		<i>Envases rellenos</i>		<i>Diferencia</i>		<i>Incremento</i>	
			<i>Carga máxima N</i>	<i>Peso N</i>	<i>Carga máxima N</i>	<i>Peso N</i>	<i>Carga máxima N</i>	<i>Peso N</i>	<i>Carga máxima %</i>	<i>Peso %</i>
E22	Refresco	2.500	235,4	0,549	330,8	3,630	95,4	3,080	40,5	568,3
E16	Agua mineral	2.000	219,3	0,549	527,8	3,345	308,5	2,806	140,7	515,5
E17	Agua mineral	1.750	438,6	0,549	511,0	3,277	72,4	2,727	16,5	501,1
E15	Agua mineral	2.000	218,4	0,500	409,4	3,365	191,0	2,865	87,5	572,9

Fuente: Botero Jaramillo, Eduardo., Muñoz, Liliana., Ossa, Alexandra., Romo, Miguel P. (2014). "Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas". Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, No70, 207 -219.

³⁵ Botero, Muñoz et al 2014: 210

³⁶ N: Unidad de fuerza capaz de producir a un cuerpo de un kg de masa una aceleración de un metro por segundo al cuadrado

Posteriormente convertimos las unidades N a Kgf/cm³³⁷ para definir la facultad de compresión de las botellas. Bajo estos parámetros se obtuvo los siguientes resultados, el primer rango debe interpretarse por pieza y el segundo por 1m²

Envase BA-600 soporta 4.01kgf/cm³ y origina 232.58kgf.

Modelo BR-600: obtuvo 8.09kgf/cm³, genera 453.09kgf.

Recipiente BA-1500: demostró 20.23kgf/cm³, obtiene 300.6 kgf

Botella BR-1500: tiene 20.23kgf/cm³, registra 606.9 kgf

En el caso del Tabique rojo recocido indagamos la resistencia mínima a la compresión; conforme a la norma mexicana: NMX-C-404-1997-ONNCCE³⁸ el dato obtenido es: 60kgf/cm², las dimensiones del tabique estudiado son: 5x12x24 cm, resultando 1440cm³. El dato obtenido se incorporó en proporción con el Kgf/cm³ de las botellas plásticas, el tabique mostró 9.62Kgf por unidad. A continuación multiplicamos este resultado con el número de piezas requerido por 1m²; la capacidad de compresión fue 577.2 kgf. Los envases analizados BA-600, BR-600, BA 1500 demuestran menor capacidad de compresión que el Tabique rojo recocido, mientras que el recipiente BR-1500 superó la medida del material convencional. (Ir a Tabla 6. Resistencia mínima de los materiales a compresión, en anexos). No obstante cuando el envase plástico es empleado en elementos no portantes la exigencia de compresión es mínima, esto indica que la botella PET aquí presentadas obtiene condiciones óptimas para la configuración de muros.

Debe tomarse en consideración esta fuerza para utilizar los diversos tipos de envases existentes ya que el grosor plástico obedece al líquido que transporta y por consiguiente el recipiente tiene desde el inicio diferencias de capacidad de carga y soporte. El recipiente BR-1500, obtuvo mayor capacidad de compresión debido al origen del líquido que transportaba, al ser una bebida carbonata necesita tener un grosor aceptable para soportar la acción que el gas ejerce al interior del recipiente.

³⁷ Kgf: kilogramo-fuerza. Es la fuerza ejercida sobre una masa de 1kg , 1kgf = 9.81N.

³⁸ Norma Mexicana Especificación enfocada a la calidad de productos, procesos, sistemas y servicios.

Tabla 6**RESISTENCIA MÍNIMA DE LOS MATERIALES A COMPRESIÓN**

Materiales	No M2	cm3xpz	Kgf/cm3	T Kgf
T.R.R	60	1440	9.62	577.2
BA-600	58	600	4.01	232.58
BR-600	56	600	8.09	453.04
BA-1500	30	1500	10.02	300.6
BR-1500	30	1500	20.23	606.9

Notas:

T.R.R: Tabique rojo recocido

BA-600: Botella de agua 600ml

BR-600: Envase de refresco 600ml

BA-1500: Recipiente de agua 1500ml

BR-1500 Botella de refresco 1500ml

No M2= Número de piezas necesarias por m2

cm2xpz: centímetros cuadrados por pieza

cm3 x pz:centímetros cubicos por pieza

T kgf: Total kilogramos fuerza

Interpretación personal: basado en la norma: NMX-C-404-1997-ONNCCE y el estudio Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas .

3.3.7 VII) Grosor y peso de muros de tabique rojo y botellas PET.

Los muros pueden delimitar áreas, configurar espacios, dar soporte a la estructura principal etc. El tabique rojo es utilizado en la construcción de elementos estructurales y edificaciones portantes, mientras que el Ecoladrillo sólo puede emplearse en elementos no estructurales. Para delimitar el grosor total del muro medimos las circunferencias de los envases y sumamos el área del repello. (Ver tabla 7 Grosor de muros con recipientes PET, sección anexos). Con esta información podemos apreciar que el Tabique rojo recocido presenta mayor grosor de muro lo que podría significar una diferencia considerable de uso, por otra parte la utilización de los plásticos brinda menos protección al ser más delgado.

Tabique rojo recocido: promedió un diámetro de 16cm

Modelo BA-600: El muro tiene un grosor 10.5cm lo que demuestra ser un elemento delgado con 5.5cm menos de grosor comparado al material convencional Tabique.

Recipiente BR-600: El ancho de muro es de 11cm, promedió 5cm menos de espesor valorado con el tabique rojo.

Botella BA-1500: Presentó una dimensión de 12.5cm, resultando 3.5cm más delgado que el material convencional.

Envase BR-1500: El recipiente de refresco presenta mayor espesor de plástico lo que genera un grosor de muro de 13cm, es el envase que denota mayor diámetro de las botellas examinadas, es 3 cm más delgado en contraste con el tabique rojo. Los modelos BA-600 Y BR-600 son alternativas a considerar para muros bajos y divisorios, mientras que los envases BR-600 Y BR-1500 configuran elementos más gruesos como: muros perimetrales y bardas. Los resultados demuestran que todas las botellas empleadas dan un grosor menor al compararlo con un tabique rojo recocido.

En este apartado desarrollamos dibujos en 2d para conocer el grosor total de muro utilizando los envases estudiados, es posible apreciar los diversos diámetros de muro utilizando envases plásticos, el tamaño y tipo de recipiente determinan el grosor total del elemento ya que el área de repello por ambas caras se mantiene constante (Mayores informes ver imagen 19). Todas las botellas exploradas presentaron diámetro menor comparado con el Tabique rojo recocido en la edificación de muros, por esta razón es conveniente definir con antelación el elemento constructivo a edificar con la finalidad de elegir el recipiente plástico idóneo. Para configurar un elemento constructivo que delimitara la vivienda conviene incrementar el tamaño del envase para tener mayor grosor de muro y con esto proteger al interior de inmueble contra factores como: climatológicos, térmicos, sonoros etc.

Tabla 7

GROSOR DE MUROS

Materiales	A.R	M.M	G.T.M
T.R.R	4	12	16
BA-600	4	6.5	10.5
BR-600	4	7	11
BA-1500	4	8.5	12.5
BR-1500	4	9	13

Notas:

T.R.R: Tabique rojo recocido A.R: Área de repello (2cm x cara)
 BA-600: Botella de agua 600ml M.M: Medida del material sin repello (centímetros)
 BR-600: Botella de refresco 600ml G.T.M: Grosor total de muro (centímetros)
 BA-1500: Botella de agua 1500ml
 BR-1500 Botella de refresco 1500ml

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.3.8 VIII) Peso por 1m2 de Ecoladrillo

Con la intención de comprobar el peso del material convencional valorado con el Ecoladrillo pesamos un tabique rojo recocido, una botella de agua y una de refresco, con este dato de carga pudimos determinar el peso total de la estructura sobre m2 (tabla 8 Peso por m2 de Ecoladrillo). Los resultados presentados únicamente valoran las piezas necesarias para configurar 1m2 sin tomar en consideración materiales constructivos como: cemento, arena y malla hexagonal. Los datos indican que el empleo del plástico es más ligero que el Tabique rojo recocido, esta característica podría valorarse en la conformación de elementos prefabricados con envases para edificar en zonas de difícil acceso o en situación de emergencia.

Tabla 8

PESO POR M2 DE ECOLADRILLO

Materiales	No M2	GrsxE	Kgsxm2
T.R.R	63	2200	138.6
BA-600	58	140	8.12
BR-600	56	160	8.96
BA-1500	30	350	10.5
BR-1500	30	400	12

Notas:

T.R.R: Tabique rojo recocido

BA-600: Botella de agua 600ml

BR-600: Botella de refresco 600ml

BA-1500: Botella de agua 1500ml

BR-1500 Botella de refresco 1500ml

No M2= Número de piezas necesarias por m2

GrsxE: Gramos por envase

Kgsxm2: Kilos por m2

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.3.9 IX) Costo de materiales, envases y tabiques por 1m2 de obra.

El uso de las botellas necesita de la intervención de otros elementos de edificación como: malla de gallinero, mayor cantidad de mortero y arena para confeccionar muros, estudiar estos materiales “extras” es de suma importancia para diagnosticar el costo total de 1m2 de botella PET.

En algunos casos los materiales son cotizados en unidades de rollo o bulto, en este caso obtuvimos la proporción de materiales a utilizar sobre el área a edificar. El Tabique rojo recocido puede obtenerse en centros establecidos y casas de materiales. Los recipientes PET presentan tres maneras de compra, la primera opción es la obtención del líquido por menudeo, la segunda alternativa es la adquisición por medio del mayoreo y la tercera opción es la compra del envase en centros de acopio. Para recopilar esta información fue necesario indagar los costos de las bebidas en diversos centros comerciales de la Ciudad de México, así como visitar algunos centros de acopio de plásticos. Mayor informe dirigirse a la (tabla 9.Costos por unidad para cuantificar m², en anexos). El costo expresado en los centros de acopio puede variar debido a que no existe un precio establecido para la venta de envases, por esta razón promediamos el precio para fijar una cantidad cuantificable y poder realizar el ejercicio de valoración por 1m² de obra.

Los siguientes datos deben interpretarse con la primera cantidad referida al costo unitario y la segunda muestra el costo por 1m².

Costo de Tabique y envases PET

Tabique rojo recocido: precio \$2.10, obtiene \$132.30

Recipiente BA-600: presenta \$.50, origina \$29

Envase BR-600: cuesta \$.50, representa \$28

Botella BA-1500: precio \$1, obtiene \$30.

Elemento BR-1500: costo \$1, precio \$30

Los análisis de costos de envases determinaron que el tamaño del recipiente es factor en el precio final de la obra. Conforme a las botellas analizadas, la compra del recipiente BR-600 es la más económica. Los envases PET explorados pueden obtenerse de manera económica sólo mediante los centros de acopio, ya que en este lugar estamos adquiriendo la botella y no el líquido. Por esta situación, tomamos los costos finales de recipientes por m² construido basados en los precios más bajos.

Tabla 9**COSTOS POR UNIDAD PARA CONFIGURAR 1M2**

Material	No M2	P.M	C	P.MA	C	C.A	C
T.R.R	63	\$2.10	\$132.30	X	X	X	X
BA-600	58	\$5.05	\$292.90	\$4.58	\$265.64	\$0.50	\$29.00
BR-600	56	\$9.99	\$559.44	\$9.50	\$532.00	\$0.50	\$28.00
BA-1500	30	\$9.32	\$279.60	\$9.16	\$274.80	\$1.00	\$30.00
BR-1500	30	\$19.26	\$577.80	\$19	\$570	\$1.00	\$30.00

Notas:

T.R.R: Tabique rojo recocido

BA-600: Botella de agua 600ml

BR-600: Botella de refresco 600ml

BA-1500: Botella de agua 1500ml

BR-1500 Botella de refresco 1500ml

No M2= Número de piezas necesarias por m2

P.M= Precio menudeo

C= Costo

P.MA= Precio mayoreo

C.A= Centro de acopio

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.4 X) Precio final de Ecoladrillo vs Tabique rojo recocido.

En el último punto de comparación entre materiales incorporamos precios de obra como: costo de mano de obra, área de repello, mortero, arena, malla de gallinero, agua, compra de envases y tabiques rojos etc. Valoramos un 1m2 de construcción con Tabique rojo recocido, esto permitió sentar las bases de precios unitarios de los materiales constructivos anteriormente mencionados.

El muro fue repellido por ambas caras con un grosor de 2cm por cara con una proporción de 1:8 (1 saco de mortero por 8 botes de área). Para cuantificar el costo del Ecoladrillo tomamos en consideración elementos que sólo se emplean en esta clase de sistema como: malla de gallinero, mayor cantidad de mortero y arena. Cubicamos el prisma rectangular creado por el m2, para identificar los espacios vacíos entre botellas, después restamos el volumen generado por los envases empleados y finalmente obtuvimos el rango vacío de la estructura. Todos los recipientes difieren en su geometría y tamaño, por esta razón la cantidad de materiales repercutió en el costo final de obra. Incorporamos el costo de los envases por medio de las tres formas mencionadas. Mayoreo, menudeo, centros de acopio. Finalmente, definimos el precio final de costos recipientes basado en los centros de acopio, debido a que en las otras dos opciones el costo del recipiente es muy elevado encareciendo el costo final del sistema.

Las cantidades que a continuación presentamos toman el valor de la botella plástica mediante los centros de acopio, este dato nos sirve de referencia para interpretar el monto de edificar con PET. (Ver tabla 10 de costo total de Ecoladrillo vs Tabique Rojo Recocido). Precio de 1m2 de Ecoladrillo en relación al que presenta el Tabique Rojo. BA-600: El costo total del elemento por m2 construido es de \$421 pesos, lo que demuestra un ahorro aproximado de \$67.30 pesos respecto al Tabique.

BR-600: El precio por m2 aproximadamente es de \$430.22, la botella de refresco nos indica un ahorro \$58.38 comparado con el tabique rojo.

BA-1500: Esta botella presenta un ahorro de \$43.16 pesos comparado con el costo del tabique. Costo por m2 es de \$445.44.

BR1500: El gasto por m2 de obra es de \$457.25 pesos, esto permite un ahorro de \$31.36 en contraste con el tabique rojo recocido, este recipiente presenta el menor ahorro de todas las botellas examinadas.

Tabla 10

COSTO TOTAL DE MURO CONTABIQUE ROJO RECOCIDO Y ECOLADRILLO

Costo materiales Repello

Material	T.R.R	BA600	BR600	BA1500	BR1500
Mortero	\$41.40	\$35.72	40.69	47.31	53.22
Arena	17.92	15.46	17.61	20.48	23.04
Agua	0.014	0.0128	0.014	0.017	0.019
Mano de obra	157.95	157.95	157.95	157.95	157.95

Costo materiales pega de piezas

Mortero	\$16.10	\$13.89	\$15.82	\$18.04	\$20.70
Arena	\$7.20	\$6.21	\$7.07	\$8.22	\$9.25

Costo por piezas para configurar M2

	\$132.30	X	X	X	X
Menudeo	X	\$292.90	\$559.40	\$279.60	\$577.80
Mayorep	X	\$265.64	\$554.40	\$274.80	\$570.00
Centro acopio	X	\$29.00	\$28.00	\$30.00	\$30.00

Costo total

	\$488.60	X	X	X	X
Menudeo	X	\$685.20	\$961.66	\$695.04	\$1,005.04
Mayoreo	X	\$657.94	\$956.62	\$690.24	\$997.24
Centro acopio	X	\$421.30	\$430.22	\$445.44	\$457.24

Notas: T.R.R: Tabique rojo recocido
 BA600: Botellas 600 ml.
 BR600: Envase 600ml
 BA1500: Recipiente agua 1500ml
 BC1500: Elemento 1500ml

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Con las cantidades obtenidas de esta primera valoración descubrimos que las condiciones económicas y de compresión del Ecoladrillo son viables para configurar cierta clase de muros. Las diversas propiedades del envase como: resistencia, peso ligero, empleo de otros residuos plásticos etc. podrían aplicarse para configurar otra clase de elementos constructivos.

Las conclusiones indican que la botella con menor resistencia a la compresión es el envase de agua purificada mientras que la botella con mayor facultad es el recipiente de refresco, las botellas deberán emplearse como elemento no portante en la estructura principal, en este caso sus principales aportes serían en: muros bajos, perimetrales, divisorios, firmes de concreto de bajo tránsito. Tomando en consideración estos aspectos puede ser un material alternativo al Tabique rojo recocido; el tamaño y el tipo de recipiente a utilizar deben seleccionarse de manera cuidadosa para tener mejores resultados de empleo. En el manual de autoconstrucción de Ecoladrillo se menciona que los envases configurados no deben usarse en elementos estructurales³⁹, bajo este concepto y con la interpretación de datos obtenidos encontramos que todos los envases explorados en este trabajo de investigación son potencialmente utilizables para configurar un sistema constructivo.

Cada elemento arquitectónico debe ser valorado de manera distinta ya que sus requerimientos y usos son diferentes. Con la finalidad de presentar mayores informes sobre el costo total de edificar con envases plásticos cotejamos un Firme de concreto convencional con un piso hecho a base de botellas PET, con esta acción valoramos el precio final de edificar con Ecoladrillo aplicado en otro elemento constructivo.

3.4.1 XI) Firme de concreto vs piso de Ecoladrillo.

Para este segmento de la investigación comparamos el costo de fabricación de 1m² de Firme de concreto contra uno hecho por Ecoladrillo.

³⁹Objetos principales que configuran un sistema constructivo

Para determinar el costo total de construir un firme de concreto hecho a base de botellas PET incorporamos datos de la investigación previa sobre el Tabique rojo recocido y Ecoladrillo, la información utilizada sobre estos elementos puede localizarse en diversas tablas o graficas en la sección de anexos con el siguiente orden. Medidas de envases explorados, (Ver imagen 14), tiempos de edificación (tabla11), costos de obtención de piezas, (tabla 14). Con el objetivo de brindar mayor información sobre el empleo de los envases en la configuración de piso presentamos una serie de dibujos en 2d con la distribución de materiales en forma convencional empleando envases plásticos, estos gráficos permiten aportar las vistas más importantes del elemento descritas de la siguiente manera:

Vistas principales por distribución

Alzado: Muestra los recipientes observados frontalmente

Corte A-A': Visión de los envases a través del piso.

Planta: Recipientes vistos desde la parte superior del firme.

El estudio comparativo de piso convencional y firme de PET consta de los siguientes apartados.

- 1.-Descripción e importancia del Firme de concreto.
- 2.-Distribución de Ecoladrillo para configurar un Firme de concreto.
- 3.-Comparación de costos con ambos sistemas constructivos.

Firme de concreto

Es un elemento constructivo que conforma un piso de cemento, es de gran valor para la configuración de las viviendas, el uso de este elemento puede brindar mayor confort térmico, protección de humedad y proteger al usuario del contacto directo con el piso de tierra. Requiere diversos materiales constructivos como: malla electrosoldada⁴⁰, grava, arena y concreto.

⁴⁰ Elemento constructivo, tiene barras y alambres en dirección longitudinal y transversal, estos puntos están unidos por soldadura.

Para fines de esta investigación utilizaremos una resistencia de 100kg/cm^2 ⁴¹ de proporción 1:6.5:7⁴², lo que configura un elemento de baja resistencia para desarrollar un piso de poco tránsito. (Mayor informe imagen 20 en anexos). En esta representación podemos observar los principales elementos de edificación que complementan el sistema constructivo como: malla electrosoldada y concreto, también puede apreciarse el espesor mínimo requerido para que el tránsito del elemento sea el idóneo.

En nuestra nación este elemento constructivo aún tiene gran demanda sobre todo en el ámbito rural donde existen viviendas que cuentan con piso de tierra “La existencia de pisos de tierra se presenta en todo el territorio nacional, sin embargo, hay cinco estados que concentran 52.5% del total de los 2.4 millones de viviendas con esta condición: Veracruz (14.7 %), Chiapas (10.9 %), Oaxaca (10.7 %), Guerrero (9.1 %) y Puebla (7.1 %).” (Cordero E, 2009, p.146)

La necesidad de contar con piso firme es de interés en el sector salud, ya que la falta de este elemento permite que el usuario tenga contacto directo con la tierra lo que puede aumentar la posibilidad de contraer enfermedades relacionadas con la piel, digestivas etc.

En abril de 2007, un grupo de investigadores de la Universidad de California en Berkeley, patrocinados por el Banco Mundial, realizaron una evaluación sobre el impacto de la colocación de pisos firmes en zonas marginadas. La evidencia demostró que los programas de piso firme disminuyen los problemas en la piel y contribuyen a reducir la incidencia de enfermedades como diarrea, parasitosis intestinal, hepatitis, salmonella y fiebre tifoidea, varias de las cuales provocan cuadros agudos de anemia, sobre todo en los niños. (Cordero E, 2009 p.145).

Por esta razón es importante atender a la población que requiere este servicio, la edificación económica del mismo contribuye a disminuir el déficit de vivienda.

⁴¹ Resistencia del concreto mínima para configurar un piso de bajo tránsito

⁴² Proporción para conseguir resistencia de concreto 100kg/cm^2 , Obtenida de Manual del Constructor CEMEX, archivo disponible en: <https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/Manual%20del%20Constructor%20-%20Construcci%C3%B3n%20General.pdf>

Tabla 11

Tiempos requeridos de llenado con diversos tipos y tamaños de botellas.

No de recipientes por 1m² de obra.

CONFIGURACIÓN DE FIRME.

MODELO	No ENVASES	TP.M	TP.H
BA600	55	631m 78s -782m 1s	11h 01m -13h 03m
BR600	56	642m 88s -796m 32s	11h 11m-13h 30m
BA1500	30	861m -1066m 5s	14h 35m-18h 17m
BR1500	30	861m-1066m 5s	14h 35m-18h 17m

Nomenclatura

TP.M	Tiempo promedio en minutos	s: segundos
TP.H	Tiempo promedio en horas	m: minutos
		h: horas

Propuestas de distribución

BA-600	Botella de agua 600ml
BR-600	Botella de refresco 600ml
BA-1500	Botella de agua 1500ml
BR-1500	Botella de refresco 1500ml

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.4.2 XII) Propuestas de distribución.

Para configurar el Firme de Ecoladrillo exploramos propuestas con diversos tipos y tamaños de envases. Las características de los envases examinados son las mismas que la anterior comparación de materiales constructivos, la nomenclatura siguiente puede consultarse en la página 43 de este documento. Para conocer la capacidad de compresión y el grosor de los modelos que a continuación se presentan dirigirse a las (tablas 12 y 13 en la sección de anexos).

Modelo BA-600: Distribución mixta en sentido vertical y horizontal lo que disminuye espacios vacíos entre botellas para evitar que al verter el concreto estas tiendan a moverse. (Mayor informe imagen 21, en anexos). Necesita de 55 envases por m² de obra. Tiempo de confección de recipientes: 11h 01m-13h 03m. Capacidad de compresión: 220.55kgf. Grosor de piso. 0.08 cm.

Envase BR-600: El acomodo de recipientes constó de cuatro hileras en sentido horizontal y dos en vertical. (Mayor informe imagen 22 en anexos). Esto representó utilizar 56 botellas, y emplear de 11h 11m a 13h 30m de llenado de envases. Capacidad de compresión 453.04 kgf, Grosor de piso. 0.08 cm.

Los siguientes envases presentaron un grosor mayor a los 8cm mínimos, si el proyecto arquitectónico lo permite pueden ser aplicados en el sistema constructivo ya que demuestran mayor índice de compresión.

El recipiente BA-1500: Los elementos se distribuyen de forma mixta, los primeros 4 envases son apilados de forma horizontal y sirve de base para las siguientes 4 botellas en sentido vertical, estas a su vez son el apoyo para los últimos 3 elementos horizontales; (mayor informe imagen 23 en anexos), esta secuencia se repite en tres ocasiones. Implica utilizar 30 envases. Tiempo empleado para llenado de elementos 14h 35m-18h 17m. Índice de compresión 300.6kgf. Grosor de piso 10cm.

La botella BR-1500: La asignación de recipientes consta de 10 hileras de recipientes en sentido vertical; la tapa rosca de la primera botella apoya la base del segundo elemento plástico y así sucesivamente. (Mayor informe imagen 24 en anexos). Es posible aplicar 30 envases, lo que indica ocupar 14h 35m-18h 17m. Compresión mínima 606.kgf. Obtiene 11 cm de grosor en firme.

Tabla 13

RESISTENCIA MÍNIMA DE LOS MATERIALES A COMPRESIÓN

Materiales	No M2	cm3xpz	Kgf/cm2	Kgf/cm3	T Kgf
F	X	X	100	X	100
BA-600	55	600		4.01	220.55
BR-600	56	600		8.09	453.04
BA-1500	30	1500		10.02	300.6
BR-1500	30	1500		20.23	606.9

Notas:

F: Firme de concreto

BA-600: Botella de agua 600ml

BR-600: Botella de refresco 600ml

BA-1500: Botella de agua 1500ml

BR-1500 Botella de refresco 1500ml

No M2= Número de piezas necesarias por m2

cm2xpz: centímetros cuadrados por pieza

cm3 x pz:centímetros cubicos por pieza

T kgf: Total kilogramos fuerza

Interpretación personal: basado en Manual de construcción Cemex Concretos

Tabla 12

GROSOR DE PISO

Materiales	G.T.F
F	8
BA-600	8
BR-600	8
BA-1500	10
BR-1500	11

Notas:

F: Firme de concreto

BA-600: Botella de agua 600ml

BR-600: Botella de refresco 600ml

BA-1500: Botella de agua 1500ml

BR-1500 Botella de refresco 1500ml

G.T.F: Grosor total del firme (centímetros)

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.4.3 XIII) Monto total de Firme de concreto vs piso de Ecoladrillo.

En primer lugar indagamos el precio del firme de concreto, acción que permitió obtener los precios unitarios de los materiales de construcción como: cemento, grava, arena, malla electrosoldada. Así mismo valoramos diversos aspectos como el precio de mano de obra y costo unitario de envases. Al tomar en consideración los elementos antes mencionados evaluamos el costo total de firme de concreto en \$271.12.

Precio de 1m² de Firme con Ecoladrillo

BA-600: El costo total del elemento por m² construido es de \$245.51 pesos, lo que demuestra un ahorro aproximado de \$25.61 pesos valorado con el Tabique.

BR-600: El precio por m² aproximadamente es de \$245.04, la botella de refresco nos indica un ahorro \$26.08 comparado con el tabique rojo.

BA-1500: Esta botella presenta un ahorro de \$42.43 pesos comparado con el costo del tabique. Costo por m² es de \$228.69.

BR1500: El gasto por m² de obra es de \$231.11 pesos, esto permite un ahorro de \$40.01 en contraste con el tabique rojo recocado, este recipiente presenta el menor ahorro de todas las botellas examinadas.

Los envases explorados difieren en tamaño y geometría, estos aspectos determinaron el costo final constructivo, el diámetro de la botella requiere mayor cantidad de materiales constructivos, la forma de adquisición de recipientes es fundamental para edificar con esta clase de material (Ver tabla 14 de costo total Firme de concreto vs firme de Ecoladrillos).

Tabla 14

PRECIO FINAL PARA EDIFICAR 1M2 DE FIRME CON ECOLADRILLO

Costo materiales					
Material	F	BA600	BR600	BA1500	BR1500
Cemento	\$112.00	\$ 65.80	\$ 64.96	\$ 49.00	\$ 51.10
Arena	\$ 7.93	\$ 4.66	\$ 4.60	\$ 3.47	\$ 3.62
Grava	\$ 8.81	\$ 5.17	\$ 5.11	\$ 3.85	\$ 4.02
Malla	\$ 15.25	\$ 15.25	\$ 15.25	\$ 15.25	\$ 15.25
Barrote	\$ 48.40	\$ 48.40	\$ 48.40	\$ 48.40	\$ 48.40
Clavos	\$ 1.81	\$ 1.81	\$ 1.81	\$ 1.81	\$ 1.81
Mano de obra	\$ 76.90	\$ 76.90	\$ 76.90	\$ 76.90	\$ 76.90
Costo materiales para pegar piezas					
Mortero	\$16.10	\$13.89	\$15.82	\$18.04	\$20.70
Arena	\$7.20	\$6.21	\$7.07	\$8.22	\$9.25
Costo por piezas para configurar 1M2					
Total piezas	X	55	56	30	30
Menudeo	X	\$277.50	\$559.44	\$279.60	\$577.80
Mayoreo	X	\$251.90	\$532.00	\$274.80	\$570.00
Centro acopio	X	\$27.50	\$28.00	\$30.00	\$30.00
Costo total					
	\$271.12	X	X	X	X
Menudeo	X	\$495.76	\$776.48	\$478.29	\$778.91
Mayoreo	X	\$469.91	\$749.04	\$473.49	\$771.11
Centro acopio	X	\$245.51	\$245.04	\$228.69	\$231.00

Notas: F: Firme de concreto
 BA600: Botellas 600 ml.
 BR600: Envase 600ml
 BA1500: Recipiente agua 1500ml
 BC1500: Elemento 1500ml

Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

3.5 Conclusiones finales.

En esta investigación se describieron las características constructivas de la botella PET utilizando el sistema Ecoladrillo. Con este estudio abordamos la reutilización de un elemento para aplicarse en la autoconstrucción. Para demostrar la viabilidad constructiva del PET, estudiamos las distribuciones de botellas hechas por Sussan Heisse en configuración de muros, reinterpretemos las distribuciones con diversos tipos y tamaños de envases PET, finalmente comparamos la botella PET con materiales de obra como el tabique rojo recocido y piso firme de concreto.

La problemática de los residuos PET implica conocer los embalajes más usados, todos los empaques presentan desventajas ecológicas debido a que demandan el empleo de energía fósil, agua y gas, para configurarse. Ante este escenario, la manufactura de los empaques y embalajes necesita desarrollar productos para reintegrarse a procesos de reutilización y reciclaje, esto podría disminuir el volumen de esta clase de residuo. La reutilización del PET con Ecoladrillo debe entenderse como una propuesta para complementar los procesos de reciclaje y reducción del envase PET, por consecuencia, concluimos que no es la solución total del problema ambiental, debido a que su uso no elimina el residuo. Las características constructivas del Ecoladrillo, son múltiples, por tal motivo mencionamos los aspectos más relevantes encontrados en esta investigación. La habilitación de este sistema puede dividirse en dos fases. La primera es la preparación del envase, éste debe ser lavado al igual que los residuos depositados en su interior. La segunda se desarrolla en la construcción de muros y pisos, donde es necesario emplear materiales externos para brindar al sistema de rigidez suficiente, estas características repercuten en el tiempo requerido para edificar. En consecuencia debemos entender que modificamos la función de la botella PET ya que esta no ha sido diseñada como material de obra, por este motivo las adecuaciones durante todo el proceso constructivo son lentas e imprecisas.

Mediante esta investigación observamos la necesidad de limpiar los desechos plásticos insertados en los recipientes, esta actividad emplea agua, esto debe considerarse debido a que 1m² de Ecoladrillo necesita grandes cantidades de botellas y elementos de relleno, por esta razón si el sistema es configurado en lugares donde no sea posible tener el líquido podría configurar un elemento deficiente. Un aspecto notable del Ecoladrillo es el tiempo para llenar botellas con desechos plásticos. Para determinar su rango, llenamos envases de 600ml individualmente con la intervención de 30 sujetos, el resultado nos permitió conocer el tiempo requerido por 1m² y determinar el tiempo empleado al utilizar otro tamaño de recipiente.

Es preciso examinar casos donde no sea posible contar con personal para la conformación de botellas, en este escenario, el precio de la mano de obra para llenar recipientes podría encarecer drásticamente el costo total, la participación sin cobro alguno de personas o grupos para hacer esta actividad garantizaría bajar los montos de producción del Ecoladrillo. Al ser una actividad individual y manual los procesos son lentos y carecen de control de compresión por lo que su capacidad puede variar. Por estos motivos concluimos que este proceso podría agilizarse con algún tipo de maquinaria que permita agilizar la actividad para lograr mejores resultados en la configuración de recipientes.

El tiempo requerido para edificar muros y pisos es variable, el tamaño y distribución de los recipientes afectan directamente este proceso. En la edificación de muro observamos que la construcción es lenta debido a las adaptaciones que deben hacerse a la botella para funcionar correctamente, es necesario apilar las botellas para que carguen y distribuyan su peso y finalmente es imprescindible el repellido por ambas caras de muro para proporcionar rigidez al elemento. La configuración de piso es más rápido, el empleo del recipiente es distinto, las botellas no son apiladas entre sí, por consiguiente los elementos no cargan otros recipientes, la longitud de envases es aprovechada totalmente, la malla electrosoldada da estructura al sistema por lo que la distribución de Ecoladrillo no debe ser rigurosa como en el caso de muro.

Posteriormente no es necesario repellar las caras del piso puesto que al verter el concreto éste le da solidez final de obra. Mediante las distribuciones con distintos tipos y tamaños de envases deducimos que los elementos a edificar deben determinar el tipo de recipiente a utilizar, los recipientes examinados presentaron variables como: geometría, longitud y grosor. Esto presenta diferencias significativas tanto en el área de compresión, peso y costo de obtención. La investigación determinó que el Ecoladrillo debe emplearse en elementos no portantes, esto permite edificar múltiples soluciones arquitectónicas.

La conformación del Ecoladrillo con materiales de desecho al interior del mismo produce que el recipiente tenga suficiente capacidad de compresión para configurar elementos como: muros bajos, divisorios, perimetrales y en pisos de bajo tránsito. La cantidad de contención de basura plástica del Ecoladrillo es importante, esto puede potenciar el almacenaje de otro tipo de residuos plásticos. Esta acción fabricaría espacios para albergar otra clase de desechos, con aplicación en tiraderos a cielo abierto para redistribuir los residuos. La forma económicamente viable de obtener los recipientes para crear Ecoladrillos es por medio de centros de acopio, los precios en formato de mayoreo y menudeo son elevados lo que encarece el sistema constructivo. Esta situación se presenta debido a que estamos comprando el líquido y no el recipiente., Por el contrario al no ser un producto establecido por la industria, el precio de los envases puede variar, por lo que los costos presentados son ilustrativo.

En el transcurso de esta ICR describimos tres formas constructivas de reutilizar la botella PET, cada opción presentó ventajas y debilidades de edificación, sin embargo, hacemos hincapié en la necesidad de comparar a mayor profundidad estos sistemas para establecer que opción brinda las mejores condiciones para emplearse como material alternativo de obra. Con la finalidad de complementar la investigación del Ecoladrillo es necesario construir el 1m² para determinar el tiempo total real del sistema, someterlo a pruebas de carga, resistencia, compresión, flexión etc. Es imprescindible valorar la botella PET en la configuración en conjunto por ejemplo en la edificación de una vivienda escala 1:1, con esto podría determinarse su comportamiento frente a diversos fenómenos naturales como: lluvia, fuego, sismo etc. En esta valoración citamos una referencia a este proceso hechas por el proyecto Ubuntublox⁴³ donde la estructura del sistema fue sometido frente a un movimiento sísmico de 7.8 y 8 grados respectivamente en la escala de Richter. Este tipo de pruebas permitiría valorar los componentes del PET para determinar si presentan condiciones óptimas de empleo.

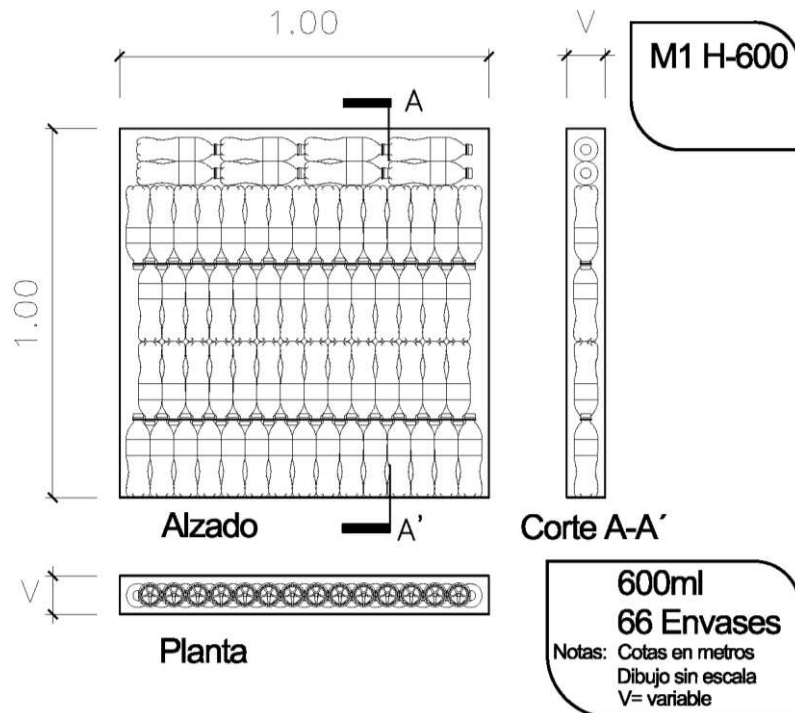
⁴³ Harvey Lacey. (2012 marzo. 4) Official Ubuntu-Blox House 7.0 to 8.0+ Magnitude earthquake Test at NTS lab. [Archivo de Video]. Obtenido https://www.youtube.com/watch?v=ex6bJ_0oShg

Recordemos que en la configuración original esta clase de envases no están sujetos entre si, por esta razón su comportamiento frente elementos naturales aún es desconocido. La construcción llevada a cabo con los envases plástico PET es más económica comparada con los costos del Tabique rojo recocido y firme de concreto; esta situación varía por el precio en la compra de envases y el menor empleo de materiales constructivos. Sin embargo, hacemos mención que los materiales constructivos y el costo de mano de obra pueden variar en la región donde se edifique, los montos aquí expresados deben tomarse sólo como ejemplo ilustrativo. El Ecoladrillo presentó múltiples características como: ligereza, capacidad de transportación, rango aceptable de compresión y adquisición económica por medio de los centros de acopio., que lo hace susceptible de satisfacer la demanda de autoconstrucción de vivienda. Mediante los datos obtenidos en esta investigación podemos determinar que todos los envases explorados presentan características idóneas para considerarse como material alternativo de obra.

No obstante, en la actualidad existen múltiples tamaños y formas de recipientes PET, adicionales a los considerados en este estudio, para lo cual es necesario identificar los empaques que tengan condiciones de construcción ya que todas las botellas presentan diferencias significativas de compresión y peso. Por ello, es imprescindible continuar investigando esta clase de botellas con la finalidad de fortalecer la reutilización del PET, esta opción entre otras puede disminuir el volumen de residuos plásticos al emplearse en soluciones arquitectónicas como firmes y muros. Es evidente que el país no cuenta con la infraestructura necesaria para procesar el excedente de los desechos PET, por esta razón, la reutilización múltiple de los objetos plásticos, debe involucrar en mayor medida la participación de los diseñadores industriales, en conjunto, con la industria de los empaques y embalajes. La carencia de un valor agregado de la botella PET, limita su grado de aprovechamiento, lo que provoca que a esta fecha se mantengan índices significativos de exportación hacia China, limitándose, en consecuencia, la creación de nuevas fuentes de empleo en el país.

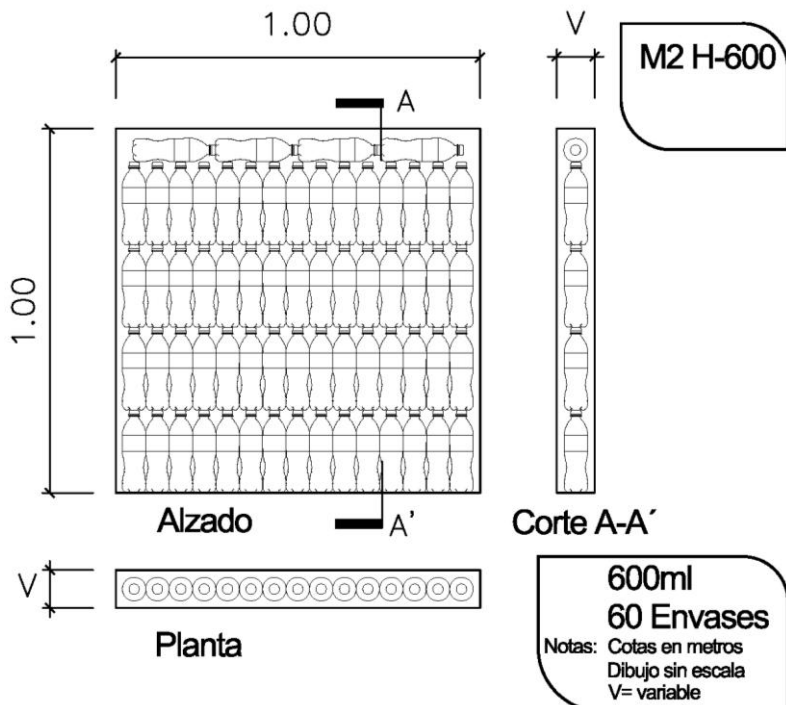
ANEXOS

Imagen 10 . referido pagina 38. Modelo MI H-600.



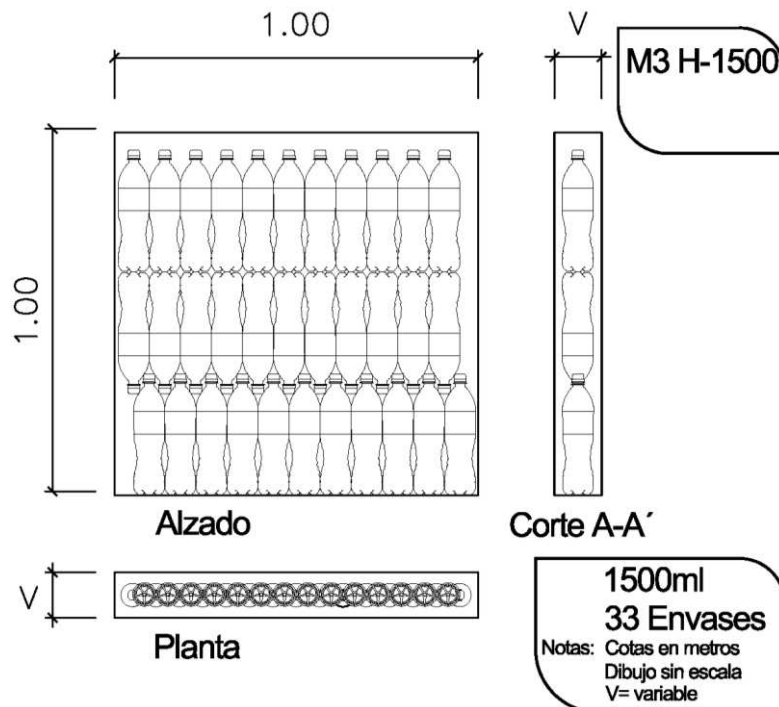
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 11. referido pagina 38. Modelo M2 H-600.



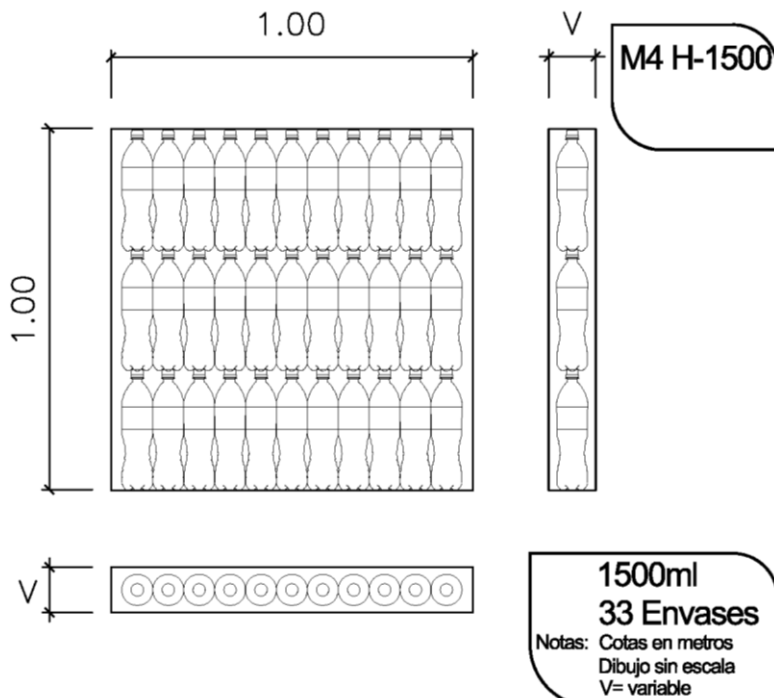
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 12 .referido pagina 38. Modelo M3 H-1500.



Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

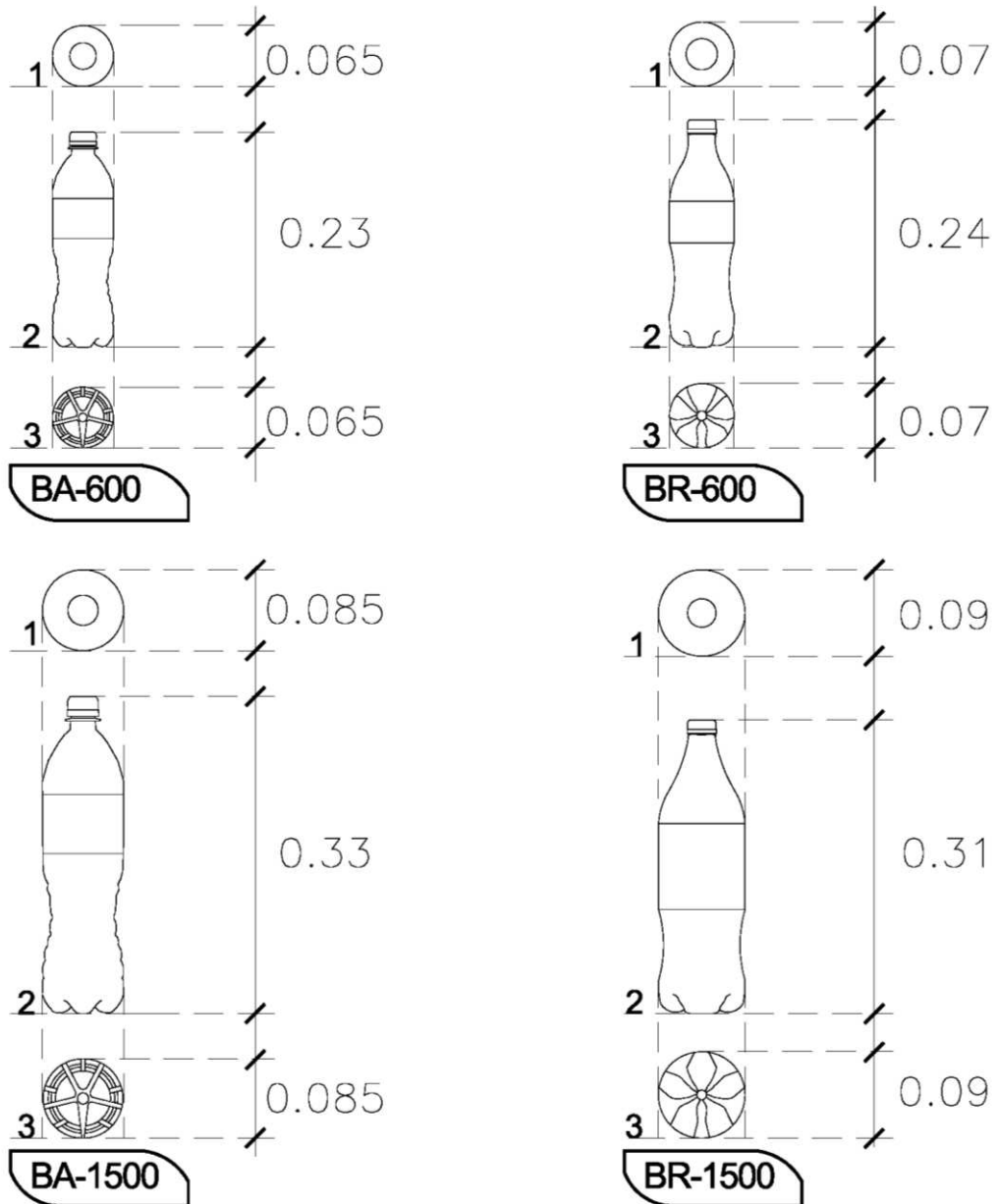
Imagen 13 .referido pagina 38. Modelo M4 H-1500.



Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 14 .referido pagina 39. Medidas de envases.

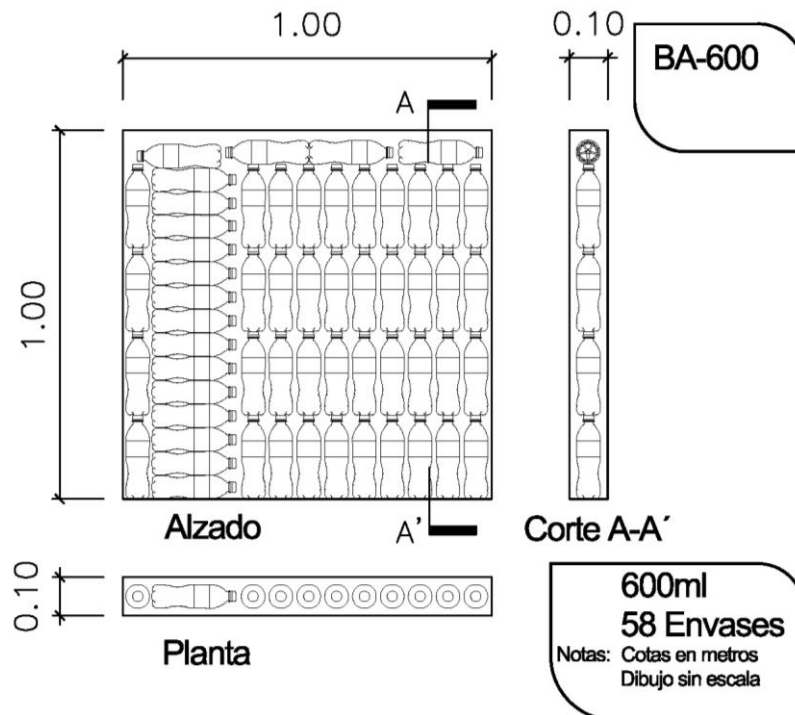
MEDIDAS DE BOTELLAS EXPLORADAS.



Cotas en centímetros
 Dibujo sin escala
 Notas: BA600: Botella Agua 600ml
 BR600: Botella Refresco 600ml
 BA1500: Botella Agua 1500ml
 BR1500: Botella Refresco 1500ml
 Vistas: 1: Superior de envase
 2: Frontal envase
 3: Base de recipiente

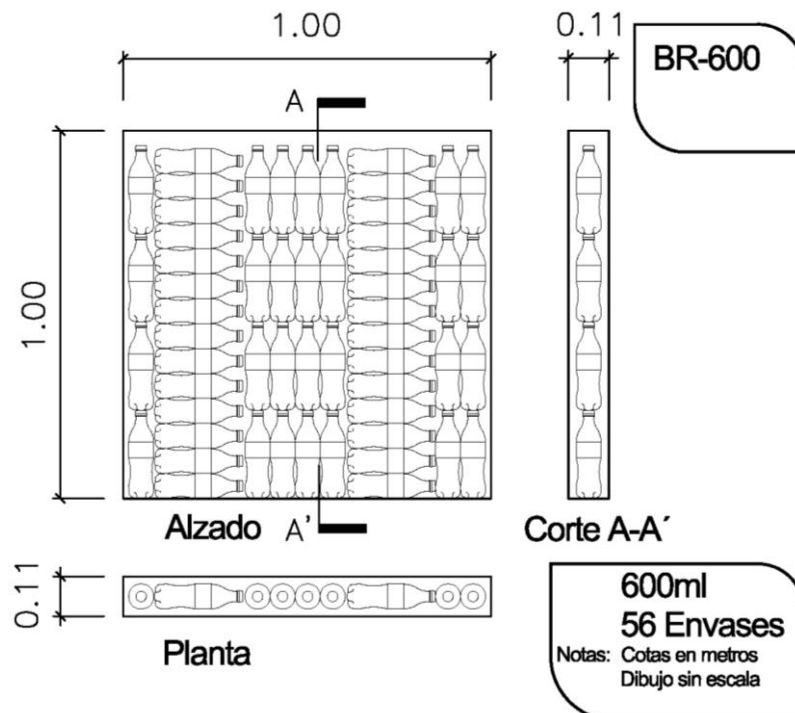
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 15 .referido pagina 39. Modelo BA-600.



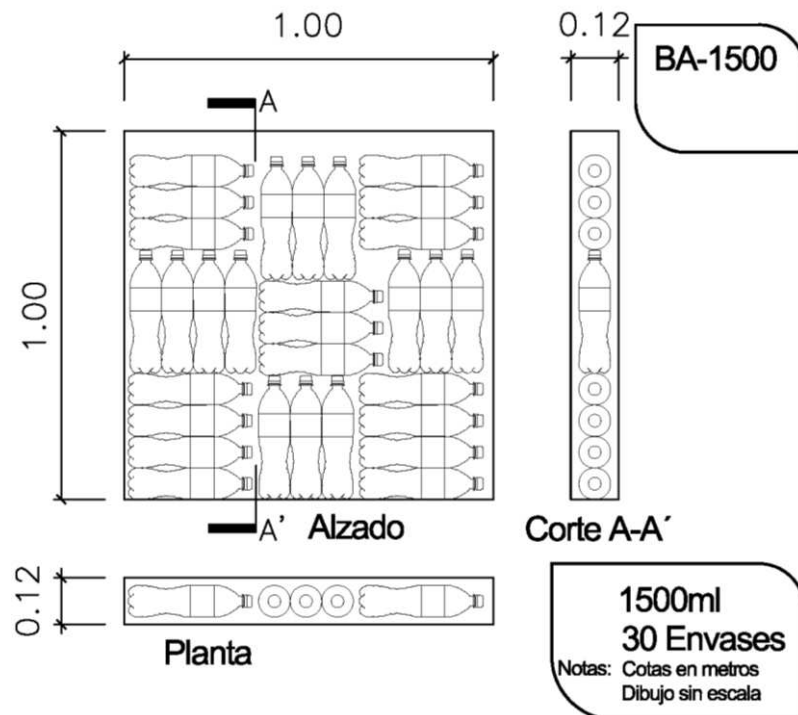
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 16 .referido pagina 39. Modelo BR-600.



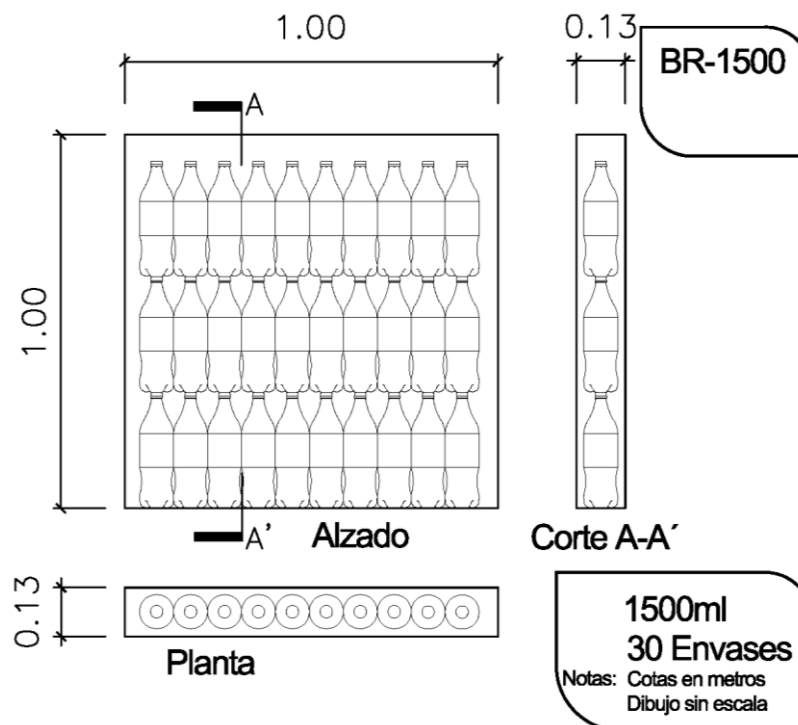
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 17 .referido pagina 40. Modelo BA-1500.



Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

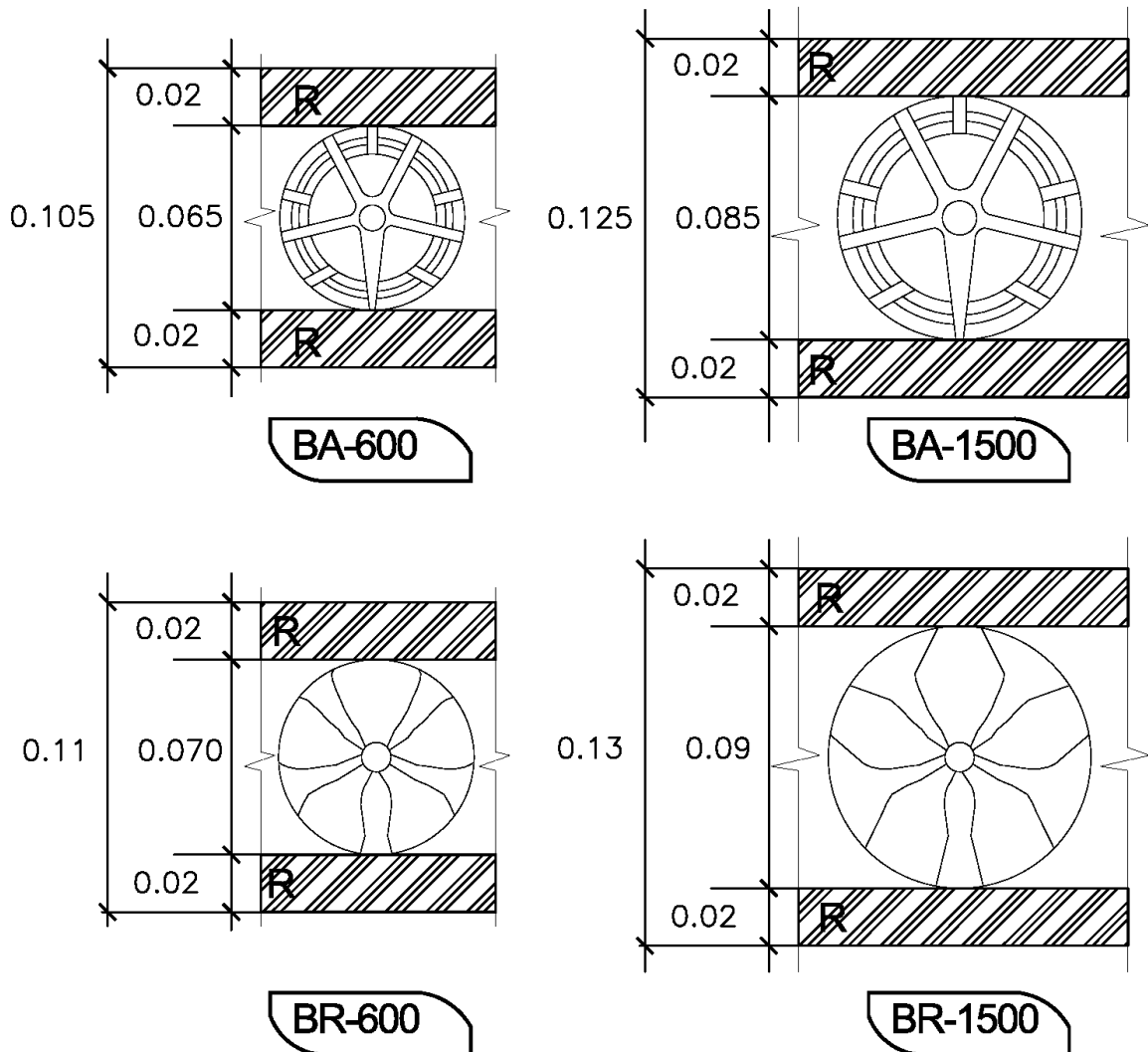
Imagen 18 .referido pagina 40. Modelo BR-1500.



Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 19 .referido pagina 45.

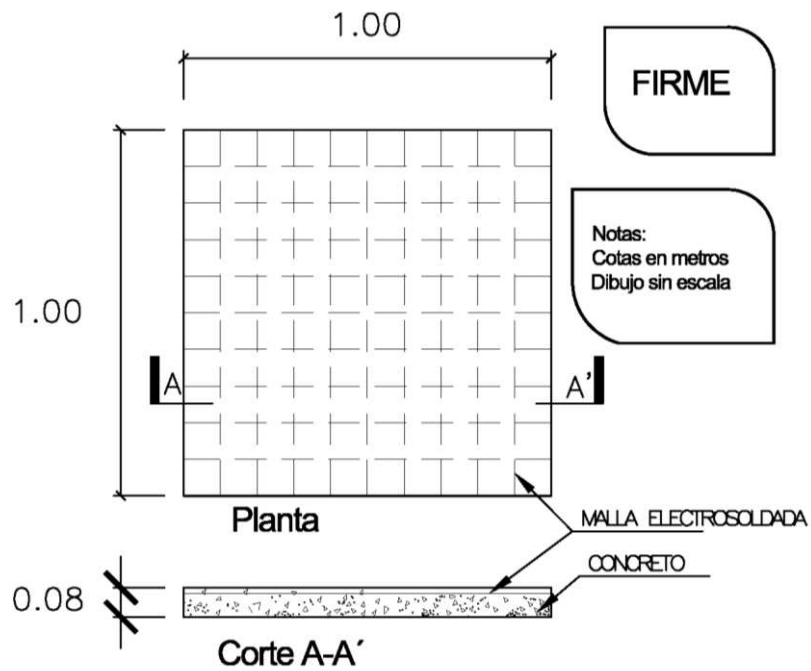
GROSOR DE MUROS CON RECIPIENTES PET



Cotas en centímetros
Dibujo sin escala
Notas:
BA600: Botella Agua 600ml
BR600: Envase Refresco 600ml
BA1500: Recipiente Agua 1500ml
BR1500: Frasco 1500ml
R: Área de repello (2cm x cara)

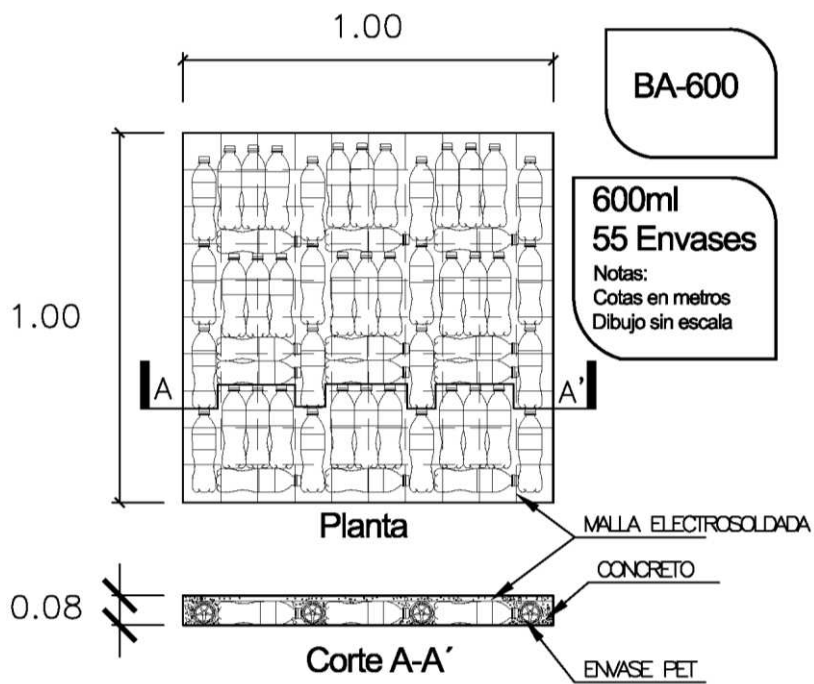
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 20 .referido pagina 52.



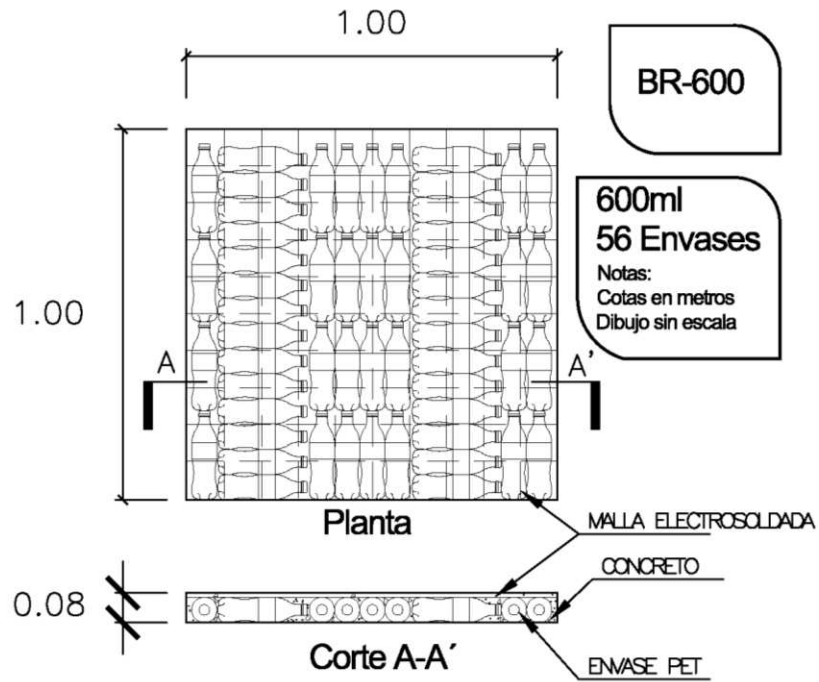
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 21 .referido pagina 53.



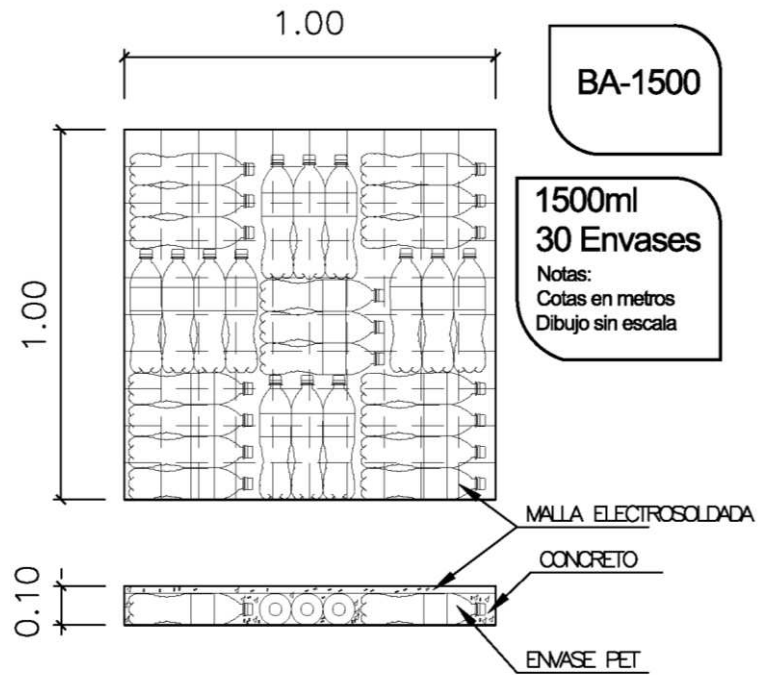
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 22 .referido pagina 53.



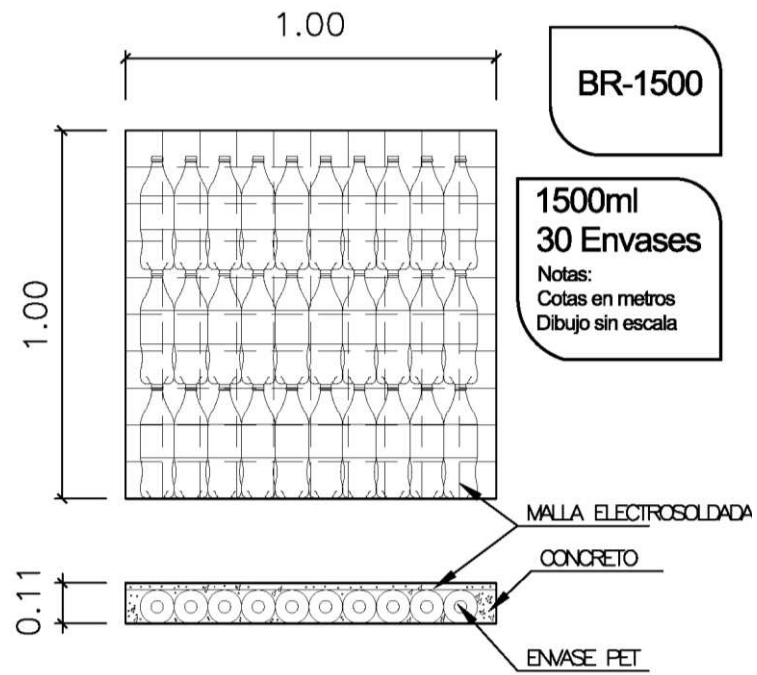
Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 23 .referido pagina 54.



Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Imagen 24 .referido pagina 54.



Elaboración personal: Joaquín Vázquez Enriquez

Bibliografía

Aguilar, D. (2012). Castillos y casas de plástico, 100% mexiquenses. Este sistema de construcción, cuyo nombre es Cero's, es único en el mundo. El universal, Sección Sociedad. Recuperado el 6 octubre de 2014, de: (<http://www.eluniversaledomex.mx/otros/nota27523.html>)

ALIPLAST. Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica. (2015), Medio Ambiente. Consultado el 4 de julio de 2015, de http://www.aliplast.org/tipos_plastico/pet.html

América Economía (2010) El fuerte crecimiento del consumo de bebidas y refrescos de América Latina. Obtenido el 3 de Enero de 2016 de: <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/america-latina-es-el-principal-consumidor-regional-de-bebidas-carbonatadas>

Andreas Froese. Environmental Consultant. (2013.). Consultado el 1 de Agosto 2015, de <http://www.eco-tecnologia.com/>

ANPRAC. (2005). *La industria de refrescos y aguas carbonatadas en 2005*. Asociación Nacional de Productores de Refrescos y Aguas Carbonatadas. A.C. ANPRAC. México DF.

Arias Madero, Javier; Blanco Martin, Javier. *La tierra en la construcción de cerramientos con materiales de reciclaje*. En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 389-396. Disponible en internet: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2014/389-396-arias.pdf>

Arroyo, M., Cabrera, O Y Muñoz, M. (2002). XIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural (pp. 357–373). Puebla, Pue., México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.

Botero Jaramillo, Eduardo., Muñoz, Liliana., Ossa, Alexandra., Romo, Miguel P. (2014). "Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas". Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, No70, 207 -219.

Bustos, V. (n.d.). ¿Cuánto vale, de verdad, una botella de agua?. Obtenido el 5 de Octubre de 2016, de:<http://www.capital.es/2013/09/13/cuanto-vale-de-verdad-una-botella-de-agua/>

Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. Ley de Vivienda (2006). México. DF. Disponible en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv_200415.pdf

Cobos Peralta, Mario A., Mata Espinosa, Miguel A., Pérez Sato, Marcos., Hernández Sánchez, David., Ferrera Cerrato, Ronald. (2011). “Envases de PolietilenterftalatoMolidos y su función como sustituto de fibra en la dieta de borregos”. Artículos en Agrociencia No 45, 33-41

Cordero, E. (2009). *Mejoramiento de la vivienda rural: impacto de la instalación de piso firme y estufas ecológicas en las condiciones de vida de los hogares.*

DOF. (2013).Diario Oficial de la Federación. *PLAN Nacional de Desarrollo 2013-2018.* México. DF. Consultado en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465fecha=20/05/2013print=true

DPASR Dirección de Proyectos de Agua, Suelo y Residuos. *El PET y su situación actual en el Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente.* México DF., México. 2001. pp. 23.

Ecoembes, 2005 Ecoembalajes España, Nota de prensa 30 junio 2004, [consulta: 20 marzo 2011],<http://www.ecoembes.es/comunicandonos/prensa.asp?id=7>,Madrid, España.

El Economista. Redacción. (2011). En México sólo se recicla el 15% del plástico: ANIPAC. *El Economista.* Visto en: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2011/02/14/mexico-solo-se-recicla-15-plastico-anipac>

Énfasis Packing, 2012. “PET, el ciclo de crecimiento en la industria”. Obtenido el 2 de Marzo de 2015, de: <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/65519-pet-el-ciclo-crecimiento-la-industria>

Farong, H. (1997). Sin título. *Polymer Materials Science Engineering*, 13(2), 132.

Fayanás E.E. (2011). El agua embotellada, el gran negocio. Nueva tribuna.es. Consultado 3 de Octubre de 2015 de: <http://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/el-agua-embotellada-el-gran-negocio/20110118045144040036.html>

Filippone, J.G., Candela, N., López, A., & Orihuela, R.. (2005). “Diseño Ecoeficiente de Envases y Embalajes No Reutilizables”. *Información tecnológica*, 16(3), 57-61.

Fiksel, J. (1996). *Ingeniería de Diseño Medioambiental. DFE.* (S. A. M.-H. / I. DE ESPAÑA, Ed.). Madrid, España.

González, S. (2015). De autoconstrucción; 63% de las viviendas que se construyen al año. *La Jornada En Línea.* De <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2015/06/20/el-63-del-millon-de-viviendas-que-se-construyen-al-ano-son-de-autoconstruccion-consultora-6843.html>

González, V. (2012). México: Construyen muestra de casa sustentable, fabricada con botellas PET. Consultado el 3 de Febrero de, 2014, de: <https://www.veoverde.com/2012/05/mexico-construyen-muestra-de-casa-sustentable-fabricada-con-botellas-pet/>

Hebel, Dirk E., Wisniewska, Marta H., Heisel, F. (2014). *Building from waste. Recovered Materials in Architecture and Construction.* (B. Birkhäuser Verlag GmbH, Ed.). Basel, Switzerland: ETH zürich. DARCH Faculty of Architecture.

Hgo, K. (2012, Marzo). ECOARK. Transformando la basura en un tesoro. *Stilo.* Consultado en <http://stilo.com.mx/ecoark>

Industria Alimenticia (2013). *Informe anual de bebidas.* Obtenido el 4 de Octubre de 2015 de: <http://www.industriaalimenticia.com/articulos/86724-informe-anual-de-bebidas-2013>

Ingeniería de Procesos y Producto, I-MAS. (2013). “Tendencias en el envasado de bebidas”. Consultado el 15 de Marzo de 2015, de <http://blog.i-mas.com/2855/tendencias-en-el-ensado-de-bebidas/>

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. (2011). *Análisis del ciclo de vida de ámbito europeo para envases para refrescos sin gas: los envases de cartón reciben las mejores puntuaciones en las categorías de emisión de CO2 y consumo de recursos fósiles.* (El último análisis comparativo del IFEU sobre envases PET, de vidrio y cartón, De Heidelberg (Alemania).p.2.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, INECC, GIZ. (2000). *Estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del manejo de envases de bebidas de polietileno tereftalato PET en la fase pos-consumo.* México DF. Disponible en http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2013_acv_pet.pdf

Kann Kelch Vieira, Luana., Zenker Gireli, Tiago. (2012). “Development of a Green Floating Breakwater with Re-use of PET Bottles”, *Journal of Sustainable Development, Canadian Center of Science and Education, Vol 5, No 12, 19-26*

Machorro, J.C (13 de julio 2013). *Se queda México sin PET para reciclar.* Obtenido el 2 de agosto de 2014, de <http://www.miambiente.com.mx/sustentabilidad1/se-queda-mexico-sin-pet-para-reciclar>

Met@lica, P. (n.d.). Sustentável e criativa: casa de garrafa pet. Consultado el 3 de Septiembre de 2014, de: <http://www.metallica.com.br/sustentavel-e-criativa-casa-de-garrafa-pet/>

MYOO Media,LLC. (2013). The Plastiki. Consultado Febrero 4, 2015, de <http://theplastiki.com/>

NAPCOR.(2015).National Association for PET Container. Características, beneficios y fuentes de información, Lo básico del PET. Obtenido el 1 de Julio de 2015, de http://www.napcor.com/pdf/NAPCOR_PETBasics_spanish.pdf

Nováková, K .Achten H. (2014). *150 000 PET Bottles*. SPA Spolek posluchačů architektury, Faculty of Architecture in Prague.

Ochoa, E y Domínguez, P. (2014). Xochimilco tendrá trajineras “ecológicas”. Obtenido el 6 de Enero de 2014, de: http://www.milenio.com/df/trajineras-Xochimilco-pet-trajineras_ecologicas_0_371962935.html

Ontiveros, S. (2011). Sustituyen Jumapam y CFE tapas de fierro por Polietileno. Obtenido de <http://www.oem.com.mx/elsoldemazatlan/notas/n2043908.htm>

Peña, J. T. (2007). *Roman Pottery in the Archaeological Record*. Cambridge University Press; First Edition edition (April 30, 2007).

QumiNET.com (2005). Todo lo que quería saber del PET. Obtenido el 2 de Febrero de 2016, de <http://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>

Ramaraj A, Nagammal. J. (2014). Exploring the Current Practices of Post Consumer PET Bottles and the Innovative Applications- A Way Ahead. In A. CEPT University (Ed.), (p. 8). Ahmedabad: 30th INTERNATIONAL PLEA CONFERENCE.

Ruiz Valencia, Daniel., López Pérez, Cecilia., Cortes, Eliana., Froese, Andreas. (2012). “Nueva alternativa de construcción: Botellas PET con relleno de tierra”. En: *Apuntes 25 (2): 292 - 303*.

SINGIR. 2012. Sistema de Información Nacional para la Gestión de los Residuos, Base de datos estadísticos, Consulta temática, SEMARNAT (2012).

Will, E.L. 1977. “The Ancient Commercial Amphora.” *Archaeology* 30:264-278.