

# Los eco bloques, ¿la futura solución sostenible para Panamá?

## Eco bricks, the upcoming sustainable solution for Panama?

*Laura Díaz<sup>1</sup>, José Gil<sup>1</sup>, Valeria Mirones<sup>1</sup>, Erick Vallester<sup>1,\*</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Víctor Levi Sasso, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá

**Fecha de recepción:** 16 de marzo de 2023. **Fecha de aceptación:** 22 de junio de 2023.

**\*Autor de correspondencia:** [erick.vallester@utp.ac.pa](mailto:erick.vallester@utp.ac.pa)

**Resumen.** La contaminación por el plástico en Panamá es abundante, y a pesar de que se hacen muchos proyectos para erradicarla este sigue convirtiéndose en algo inevitable por lo tanto hemos decidido hacer una investigación siguiendo patrones de investigaciones existentes para darle un uso provechoso: Unos bloques de concreto que contengan plástico PET triturado para darle un mejor uso. Los bloques prototipos fueron realizados con cemento, arena, gravilla y plástico triturado. Para la elaboración primero añadimos arena, después gravilla, luego cemento y, por último, plástico PET transparente triturado, lo mezclamos y fuimos añadiendo poco a poco agua hasta lograr una consistencia buena. Se hicieron varios prototipos hasta que saliera un bloque lo suficientemente bueno, es decir que la cantidad de material fueron variando hasta que encontramos los porcentajes de materiales ideales para hacer que este resista y pueda ser utilizado de manera adecuada. El prototipo final utilizó 15 % de arena, 30 % de gravilla, 27 % de plástico PET triturado, 16 % de cemento estructural y 12 % de agua obteniendo una buena consistencia y denso.

**Palabras clave.** Arena, bloque, concreto, contaminación, materiales orgánicos, plástico, resistencia.

**Abstract.** Pollution due to plastic in Panama is abundant, and even though there are many projects to get rid of it, this pollution keeps becoming something inevitable, that's why we've decided to make an investigation following already existing investigation patterns to make them useful: a concrete brick that contains PET plastic to give it a better use. Our prototypes were made with cement, sand, gravel and crushed plastic. For its elaboration we added sand first, then we added the gravel, then the cement and, finally, the crushed and transparent PET plastic, we mixed it and added water little by little until we reached a good consistency. We made many prototypes until we got a good enough brick, meaning that the proportion of materials varied until we got the ideal percentage of materials for the brick to resist and can be used in a good way. Our final prototype consisted of 15 % of sand, 30 % of gravel, 27 % of triturated PET plastic, 16 % of structural cement and 12 % of water obtaining a good consistency and dense. In this one, there weren't present any type of cracks which indicates that the mixture was calculated wrong.

**Keywords.** Sand, concrete, bricks, pollution, organic materials, plastic, resistance,

## 1. Introducción

En la sociedad de hoy en día, el uso del plástico es algo dentro de nuestra vida cotidiana. Lo que muchos de nosotros tal vez no sabemos es que solo en nuestros mares se depositan más de 200 kilos de plástico por segundo, y debido a la lenta degradación del plástico, este depósito produce serios daños en nuestros ecosistemas tanto marino, como terrestres.

Este gran consumo se ha tratado, reduciendo el uso de plásticos de un solo uso a nivel global, pero a pesar de las iniciativas implementadas por muchas de las naciones del mundo, el plástico sigue afectando de manera negativa a nuestro ambiente. Por lo que, reducir el uso de estos aún no es suficiente para así poder evitar que el mismo siga afectando nuestros ecosistemas, el plan de acción ahora es cómo darle un mejor uso al plástico.

De esa manera es que inició nuestro diálogo interno, nos preguntamos: ¿Qué podemos proponer para darle un mejor uso a los plásticos de un solo uso?

Ahí es cuando aterrizamos en los eco bloques, ya que la misma incluye lo que es un mejor uso para el plástico y también podemos utilizar los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera para proponer un plan en Panamá que genuinamente pueda aportar a la causa.

### 1.1 Antecedentes

No es ni un secreto que el uso del plástico se ha vuelto en algo cotidiano y tiene muchas utilidades beneficiosas para nosotros, sin embargo, cuando pierde su utilidad la deseamos sin pensar en cómo este puede afectar a nosotros y nuestro alrededor [1]. En Panamá, solo en la ciudad Capital se genera el 38 % de la basura del país, es decir 963.72 toneladas de basura y de ese porcentaje solo el 57.8 % es recolectada, el resto se desecha en lugares incorrectos como ríos, mares, bosques, etc [2]. La mayoría de estos desechos son plásticos y solo se recicla el 3 % según Maryorie Joudry, presidenta de la Fundación Botellas de Amor Panamá, lo cual es algo muy lamentable [3]. Y a pesar de que hay varias campañas que recolectan plástico para reciclar y hay varios proyectos de ley que buscan reducir el uso de este, la cantidad es tanta de su uso y de contaminación que prácticamente su reducción ha sido mínima. Es muy triste ver como los paisajes de nuestro país se han ido dañando debido a la contaminación y falta de consciencia de las personas que nosotros nos hemos propuesto buscar una manera de darle un mejor uso.

### 1.2 Nuestra Solución

Al tener conocimiento de tan gran impacto, de manera negativa, del plástico en los ecosistemas a nivel global y cómo el mismo afecta de manera directa a Panamá, se decidió que se

utilizarían los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería civil para generar un proyecto que ayude a contrarrestar esa contaminación.

Debido a las propiedades del plástico de resistencia y durabilidad, se decidió implementarlo en un proyecto de construcción. Durante el proceso investigativo, se buscaron fuentes internacionales y nacionales que hayan tenido experiencia con este tipo de proyectos es aquí cuando se aterrizó en diferentes empresas que se especializan en proyectos como este. Se investigó de una empresa en Kenia que comprime con calor diferentes tipos de plásticos y utilizan los mismos como adoquines [4]. También se encontró que un grupo de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá que crearon una empresa que se encarga de utilizar plástico con desechos orgánicos para fabricar sus eco bloques.

Después de este proceso investigativo y de haber encontrado muchas fuentes que ya estaban realizando se llegó a la idea de crear un bloque donde uno de sus componentes sea el plástico. Para este proceso se hizo un análisis de los potenciales materiales que se podían utilizar y en base a los conocimientos adquiridos en la materia de Materiales de Construcción, estipulamos cuáles serían los materiales que se iban a utilizar y en qué proporciones. Se realizaría un bloque con los materiales estándares: cemento, agregado fino, agregado grueso y agua; pero al mismo se le estaría agregando plástico PET triturado para así aprovechar sus propiedades para el bloque, al igual que al mismo tiempo darle un mejor uso a este plástico.

## 2. Materiales y Métodos/ Metodología

### 2.1 Normas

Citamos artículos Norma técnica panameña DGNTI -COPANIT 161 – 2001 [5].

#### 2.1.1 Condiciones Generales

Los materiales utilizados deberán cumplir con las especificaciones siguientes:

- Cemento Portland.
- Agregados regidos por la Norma DGNTI-COPANIT 15.

#### 2.1.2 Requisitos Generales para bloques de uso no estructural

##### 2.1.2.1. Resistencia mínima a compresión (tabla 1).

**Tabla 1.** Resistencia mínima a la compresión

	<b>Resistencia Mínima a la compresión (Carga/ Área neta)</b>
<b>Promedio de 3 unidades</b>	600 lbs/plg <sup>2</sup> – 42.2Kg/cm
<b>Unidad individual</b>	500 lbs/plg <sup>2</sup> – 35.2Kg/cm

Área neta = área total – área de espacio vacío o área hueca.

### 2.1.2.2. Densidad

Los requisitos establecidos en la tabla 2, son aquellos por los cuales se registrarán los bloques de uso no estructural.

**Tabla 2.** Requisitos establecidos para bloques huecos de uso no estructural

<b>Nominación</b>	<b>Peso en lbs/P<sup>3</sup></b>	<b>(Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Liviano	105	(1682)
Medio	105 a 125	(1682 a 2000)
Normal	125 mínimo	(2000)

### 2.1.2.3. Dimensiones

Las variaciones permisibles en las dimensiones.

La tolerancia de aproximadamente 3 mm está presente en todas las dimensiones de ancho, alto y largo (figura 1).

El espesor mínimo de paredes es de 16 mm en el caso de bloques de concreto no estructurales.

Los requisitos que se establecen en la tabla 3 son aquellos que deben cumplir los bloques huecos de concreto de uso no estructural.



**Figura 1.** Molde utilizado para hacer los eco bloques.

**Tabla 3.** Dimensiones Normales de Bloques para uso estructural

<b>Nombre Comercial</b>	<b>Medida real Ancho</b>	
	<b>cm</b>	<b>pulgada</b>
3"x18"	6.7	3 5/8"
4"x18"	9.2	3 5/8"
4"x16"	9.2	3 5/8"
6"x18"	14.3	5 5/8"
6"x16"	14.3	5 5/8"
	<b>Medida real Alto</b>	
	<b>cm</b>	<b>pulgada</b>
3"x18"	19.4	7 5/8"
4"x18"	19.4	7 5/8"
4"x16"	19.4	7 5/8"
6"x18"	19.4	7 5/8"
6"x16"	19.4	7 5/8"
	<b>Medida real largo</b>	
	<b>cm</b>	<b>pulgada</b>
3"x18"	44.8	17 5/8"
4"x18"	44.8	17 5/8"
4"x16"	39.7	15 5/8"
6"x18"	44.8	17 5/8"
6"x16"	39.7	15 5/8"

Nota: Todas las medidas pueden tener una tolerancia de (+/-) 1/8".

### 2.1.3 Muestreo y Ensayos

Para muestreo y ensayos se registrarán por la Norma DGNTI-COPANIT 163. Bloques Huecos de concreto. Método de muestreo y ensayo.

- Selección de especímenes: escoger especímenes y estos deben ser rotulados para identificarlos.
- Medición: Se realizan las mediciones en las tres unidades completas ajustándolas a la división más cercana de la escuadra o del calibrador.
- Resistencia a compresión: Para ensayo de resistencia a compresión se hace la respectiva adecuación del bloque al equipo que ejerce la carga en la tasa estipulada adecuada hasta llegar a la carga máxima esperada. Registramos la carga máxima de compresión como C<sub>máx</sub>.

### 2.1.4 Costos

Se obtuvo el precio unitario por eco bloque calculando el precio por kg y se multiplicó por el peso por material.

El cálculo del precio por kg se puede ver reflejado en la tabla 4.

**Tabla 4.** Cálculo de precio por kg por material

Material	Costo Total	Peso Total (Kg)	Costo por kg
Cemento	B/ 11.00	42.50	B/ 0.20
Arena	B/ 0.90	14.16	B/ 0.06
Gravilla	B/ 0.88	14.16	B/ 0.06
Plástico PET	B/ 8.00	10.00	B/ 0.80

Luego procedemos a calcular el costo unitario por eco bloque en base a los cálculos mostrados anteriormente (ver tabla 5).

**Tabla 5.** Cálculo de costo unitario por eco bloque

Material	Peso x Material (Kg)	Costo x Material
Cemento	3.29	B/ 0.67
Arena	3.53	B/ 0.21
Gravilla	4.90	B/ 0.29
Plástico PET	1.05	B/ 0.84
Costo Unitario	12.77	B/ 2.01

El precio por unidad de nuestros eco bloques es relativamente más alto que el precio promedio de un bloque normal que se encuentra en unos B/ 0.75.

Proyectando nuestro proyecto a largo plazo, proponemos hacer una colaboración con FAS Panamá, quienes nos han facilitado el plástico para nuestros prototipos, esta colaboración consistirá en un flujo mucho mayor de plástico por un precio menor, así logrando un precio competitivo ante la industria.

### 3. Hipótesis

H0: La resistencia mínima a la compresión para un promedio de 3 bloques después de 7 días de curado es mayor o igual a (299.60 lb/pulgada<sup>2</sup>) o (21.07 kg/cm<sup>2</sup>).

H1: La resistencia mínima a la compresión para un promedio de 3 bloques después de 20 días de curado no es mayor o igual a (299.60 lb/pulgada<sup>2</sup>) o (21.07 kg/cm<sup>2</sup>).

## 4. Metodología

### 4.1 Investigación Previa

Basados en artículos sobre proyectos que se realizan alrededor del mundo se ha encontrado la manera de mostrar una opción de reutilización del plástico de una manera eficiente.

Exitosamente hemos recopilado información sobre empresas como BloqueMac en la región de Coquimbo donde se elaboran bloques a base de concreto convencional y plástico; presentándose un promedio de 20 botellas trituradas por bloques en su fórmula. Estos bloques han sido implementados exitosamente mostrando alta resistencia.

De la misma manera Nelplastgh en Ghana han logrado diseñar y elaborar eco bloques utilizando un 30 % de todo tipo de residuos plásticos en su fórmula y arena, brindando un bloque con características remarcables como mejor aislante a altas temperatura, menos peso e incluso dando color a dichos bloques haciéndolos más atractivos [6].

Ahora en Panamá se han estado realizando ideas y llevándola a la realidad referente al uso de eco bloques, pero debemos de encontrar formas de innovar estas ideas y mejorarlas brindando confiabilidad. La cámara panameña de la construcción nos permite establecer nuestra fórmula para fabricar bloques en lo que es porciones de los materiales por lo que se busca demostrar una resistencia del 99 % de resistencia pasado el tiempo de curado.

### 4.2 Selección de Materia Reutilizable

Como se ha menciona, se va a trabajar con plástico triturado como reemplazo de parte del agregado fino en nuestra mezcla. Según las características conocidas de PET, HDPE, LDPE y PP nos hemos inclinado por el PET (Polietileno tereftalato) que se utiliza mayormente en la producción de botellas para bebidas, es totalmente reciclable, presenta alta resistencia al desgaste y químicamente tiene buena resistencia. A través de su reciclado hemos logrado de que su trituración en trozos pequeños tenga la capacidad de adaptarse a la mezcla buscada y necesaria para la elaboración del bloque (figura 2).



**Figura 2.** Plástico Triturado PET.

### 4.3 Diseño

Para el diseño hemos trabajado bajo la norma DGNTI-COPANIT 161-2001 bajo las condiciones y requisitos generales para bloques de tipo de uso no estructural donde se establecen todos los puntos importantes mencionados anteriormente en la etapa de diseño como lo son densidad, dimensiones, cementante adecuado y la DGNTI-COPANIT 15, la cual va inclinada al tema de agregados.

### 4.4 Elaboración de Prototipos

Teniendo ya el porcentaje necesario; arena 3.36 kg, plástico 1 kg, Grava 4.66 kg y cemento 3.133 kg para la elaboración de la mezcla para cada bloque, se procede a verter los materiales a la mezcladora para su debida combinación.

Se exigen 3 prototipos por prueba para obtener un promedio de datos fijos. Esto va tanto para las pruebas de compresión, como para las pruebas inmersión para evaluar su capacidad de absorción y para la prueba de dimensionamiento 3 prototipos también. En base a lo mencionado se han elaborado los 6 prototipos con el mismo porcentaje de mezcla, en estos mismos se han distribuido como 3 bloques para la prueba de compresión a 6 días, estos mismos se realizó la verificación de dimensionamiento, 3 bloques para la prueba de inmersión.

Teniendo la mezcla lista se procede a verter la mezcla en el molde para bloque (figura 3), cabe destacar que al realizarse de manera manual se debe de ir compactando la mezcla dentro del molde poco a poco; teniendo la mezcla compactada correctamente dentro del molde se procede a desmoldar; para los bloques la mezcla debe ser semiseca, esto permite su inmediato desmoldado.



Figura 3. Proceso de mezclado en mezcladora de concreto.

## 5. Resultados

A través de nuestra experiencia, realizamos seis (6) prototipos de eco bloques, con la misma mezcla y el mismo porcentaje de materiales y estos fueron los resultados obtenidos:

### 5.1 Prueba de Dimensionamiento

De la prueba obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 6. Dimensiones de Prototipos

# Bloque	Ancho (cm)	Altura (cm)	Pared (cm)	Largo (cm)
1	9.56	20.92	3.33	45.34
2	9.63	20.85	3.25	45.01
3	9.28	20.95	2.90	45.03
4	9.82	20.69	2.79	45.24
5	9.25	20.32	2.92	45.48
6	9.69	20.12	3.17	45.18

Podemos llegar a la conclusión de que nuestros bloques no necesariamente cumplen la norma ni el porcentaje de tolerancia que la misma da. Esto se debe al material y deterioro de nuestro molde, al compactar la mezcla y aplicar presión al mismo, logramos visualizar pequeñas deformaciones que a medida que íbamos haciendo más bloques fueron afectando las dimensiones de estos.

Para mejorar este problema, deberíamos conseguir un molde de un metal más grueso y resistente o un molde de madera en el cual no se produzcan deformaciones y así poder cumplir con la norma.

### 5.2 Prueba de Absorción

Primero tomamos los pesos de nuestros 6 prototipos:

Tabla 7. Pesos de los Prototipos

# Bloque	Peso (Kg)
1	12.54
2	13.36
3	10.35
4	12.31
5	12.02
6	10.90

Luego, colocamos los bloques #1, #2 y #3 en agua por x horas, para así obtener los datos que nos ayudarán a calcular el % de absorción.

Tabla 8. Resultados de pruebas de absorción

# Bloque	Peso SSS (Kg)	Peso inmerso (Kg)	Peso seco (Kg)
4	12.74	6.39	12.14
5	13.04	6.58	12.49
6	11.39	5.84	10.68



Figura 4. Bloques inmersos en agua.

Luego de tener estos datos, calculamos la densidad, el volumen, el área neta y con estos cálculos y los datos anteriores, calculamos el % de absorción.

Tabla 9. Cálculo de Porcentaje de Absorción

# Bloque	Densidad (kg/m3)	Volumen (m3)	Área Neta (cm2)	% Absorción
4	1 912.00	0.00635	307.64	4.90
5	1 933.00	0.00646	312.97	4.40
6	1 924.00	0.00555	268.88	6.60
Promedio	1 923.00	0.00600	296.50	5.30

### 5.3 Prueba a Compresión

Se utilizaron los 3 bloques restantes para las pruebas a compresión (ver figura 5), los siguientes fueron los resultados obtenidos como se muestra en la tabla 10:

Tabla 10. Resultados de Pruebas a Compresión

# Bloque	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm2)
1	14 333.00	48.30
2	19 454.00	65.60
3	6 754.00	22.80
Promedio		45.60



Figura 5. Bloque expuesto a prueba a compresión.

## 6. Conclusiones

Después de hacer los ensayos de compresión se pudo comprobar que los bloques cumplen con la resistencia mínima esperada y más. A pesar de que no cumplieron con la primera hipótesis planteada, al cambiar los porcentajes de material este supero las expectativas. Se tuvieron problemas con el dimensionamiento del molde, pero la mezcla realizada presentaba una buena textura, se obtuvieron buenos resultados en las pruebas de compresión y pruebas de absorción. Se espera que este proyecto logre realizarse a gran escala y conseguir colaboraciones con empresas dedicadas al reciclamiento de plástico y hacer una inversión en una trituradora de plástico, para no solo bajar los precios del bloque, sino que también para motivar el reciclaje.

### 6.1 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos se podría recomendar disminuir el porcentaje de cemento y agregarle más agregado fino (arena). Se podría agregar más plástico para aumentar la resistencia. En cuanto al molde, elaborar un nuevo molde con material más delgado para que cumpla con las normas. Se podría mejorar la textura del bloque y buscar obtener una mejor relación agua/cemento. Se podrían realizar más pruebas como la de flama, emanación de gases, flexión, etc.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecerle a nuestra universidad y sus administrativos quienes siempre estuvieron pendientes para poder apoyarnos, especialmente al profesor Jesús Villar, al ingeniero De la Cruz y al Sr. Meneses quienes estuvieron ahí en cada paso de este proceso. También queremos agradecerles a nuestros profesores previos que nos ayudaron a lograr los conocimientos que tenemos hoy en día para poder elaborar este trabajo. Queremos también agradecerle a la ONG, FAS Panamá, quienes fueron los que nos proporcionaron el plástico utilizado en este proyecto.

## **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## **REFERENCIAS**

- [1] P. MINISTERIOS DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOCIAL EXPONEN RIESGOS DE CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS. Julio 2019.
- [2] LA Network. Ciudad de Panamá quiere eliminar la llegada de plásticos al mar. Noviembre 2020.
- [3] Quirós, J. E. Panamá: “niveles de contaminación habrían incrementado durante la pandemia”, TVN. [Último acceso: enero 2022].
- [4] OUR PAVERS. Gjenge Makers. 2022.
- [5] Gaceta Oficial. NORMA TECNICA DE DGNTI- COPANIT 161-2001 BLOQUES HUECOS DE CONCRETO DE USO ESTRUCTURAL Y NO ESTRUCTURAL ESPECIFICACIONES. 2001.
- [6] What We Do – Nelplast Ghana Ltd. Nelplast Ghana, 2019.