

# Reutilización de plástico como refuerzo para la construcción de aceras

## Reuse of plastic as a reinforcement for the construction of sidewalks

*María Aguilar<sup>1\*</sup>, Ana Fernandez<sup>1\*</sup>, Héctor García<sup>1\*</sup>, BenMelamed<sup>1\*</sup>, Casilda Saavedra<sup>2\*</sup>*  
*1Licenciatura en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá*  
*2Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá*

**Resumen** Con el fin de reducir el impacto que tiene al depositar los desechos sólidos en el ambiente y conociendo la problemática que hay en Panamá en temas de basura, se plantea la utilización del plástico como elemento reforzador del concreto en la construcción de elementos de acera. Para tal efecto se construyeron especímenes y se sometieron a pruebas para determinar si es viable la implementación de este método. Para la mezcla se utilizó 9 Kg/m<sup>3</sup> de plástico, en la que este porcentaje fue escogido con referencia a los ensayos realizados en la investigación “Estudio de propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno reciclado”, trabajo realizado por el Ingeniero Carlos González.

**Palabras clave** Acera, contaminación, plástico, ensayo, plástico, reciclaje, refuerzo.

**Abstract** In order to reduce the impact of disposing solid waste in the environment and knowing the problems that exist in Panama on garbage issues, the use of plastic as a reinforcing element of concrete in the construction of sidewalks elements is proposed. For this purpose, specimens were built and subjected to tests to determine if the implementation of this method is viable compared to traditional methods. For the mixture, 9.0 Kg / m<sup>3</sup> of plastic was used, in which this percentage was chosen with reference to the tests carried out in the research “Study of mechanical properties of the concrete reinforced with recycled polypropylene fibers”, work done by Engineer Carlos González

**Keywords** Sidewalk, pollution, plastic, test, recycling, reinforcement.

\* Corresponding author: casilda.saavedra@utp.ac.pa

### 1. Introducción

En el mundo existe una preocupación por la contaminación del aire, agua y suelo; ocasionado en gran medida, por los volúmenes de residuos que se generan a diario sin recibir un tratamiento adecuado. Panamá no escapa de esta problemática, ya que no se cuenta con los espacios físicos adecuados para poder disponerlos, lo cual lleva a que sean depositados en botaderos comunes provocando la contaminación ambiental. En esta investigación además de reducir el impacto de los plásticos en el entorno, se buscará una alternativa sostenible y económica de construir aceras reforzadas con plástico mejorando sus propiedades mecánicas y permitiendo una mayor seguridad peatonal por la falta de espacios y estructuras en buen estado.

Los métodos tradicionales de construir aceras utilizan como fuente primaria el hormigón en grandes cantidades. Para este estudio se determinó el porcentaje óptimo y tipo de plástico, que permita igual o mejor resistencia en el concreto, utilizando

reforzamiento con fibras de plástico, teniendo presente una reducción del espesor de la estructura [1].

#### 1.1 El reciclaje en Panamá

El Gobierno Nacional de Panamá, en conjunto con organizaciones y grupos de ambientalistas está haciendo los mayores esfuerzos para hacer frente a la problemática de la basura que se genera a diario en la ciudad de Panamá.

Las cifras establecidas por un estudio realizado en el Rellano Sanitario de Patacón indican que por día ingresan aproximadamente 2,200 toneladas de residuos sólidos, procedentes de la ciudad capital y asombrosamente solo 220 toneladas son utilizadas para industria del reciclado.

De acuerdo con los datos de la Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD), el 95 % de los desechos que llegan al relleno sanitario son aptos para ser reutilizados. Es por este motivo que a lo largo del país se están desarrollando técnicas

para que la población pueda implementar el ámbito de reducir, reutilizar, reciclado desde sus hogares [2].

## 1.2 Industria de la fabricación y reciclado del Plástico en Panamá

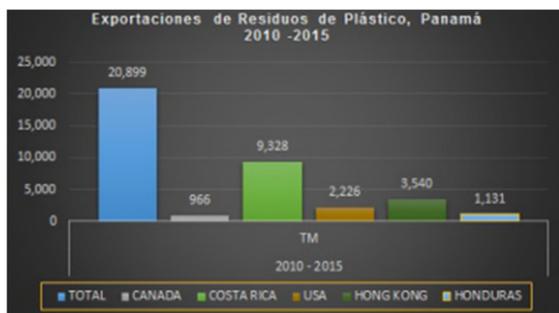
En los últimos cinco años se han instalado en Panamá empresas que se dedican a la fabricación de productos de plástico, en los que se mencionan a: Celloprint, S.A (Empaques flexibles y bolsas), Plastigas, S.A (Envase de plástico), Plastigo, S.A (Cubiertos y horquillas pasticas), Poluenvases, S.A (Envases plásticos en PVC, PET,PP) También han surgido empresas dedicadas al reciclado del plástico entre ellas están: Recimetal Panama, S.A, Hansel Distribution, Reciclaje D.J.

Los tipos de plásticos reciclados se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de plástico

Plástico	Descripción
Plástico #1	PET (Botellas de plástico de gaseosa).
Plástico #2	HDPE (Botellas de jugo, shampoo).
Plástico #3	V (Botellas de aceite de cocina, empaques para carne).
Plástico #4	LDPE (Bolsas de lavado en seco, bolsas plásticas de los supermercados).

Es importante destacar que Panamá, desde 1997 ha estado exportando plástico a países como Costa Rica, República Popular China y los Estados Unidos. La figura 1 muestra una estadística de la gran cantidad de plástico exportado [3].



**Figura 1:** Exportación de residuos de plástico. Elaboración propia, datos del INEC, Panamá, 2016.

Esta información es importante para enfocar la investigación en el uso del plástico como componente reforzador de la mezcla de concreto utilizada para hacer aceras.

## 2 Materiales y métodos

Para el desarrollo de esta investigación se tomó en cuenta ciertos procesos y materiales que se describen a continuación.

### 2.1 Materiales

Entre los componentes a utilizar para la fabricación de la mezcla a ensayarse están:

- Plástico
- Cemento
- Arena
- Piedra

### 2.2 Selección del tipo de plástico

Debido a que se busca mejorar la resistencia de los elementos de aceras, se escoge el plástico #5. Los recipientes hechos de polipropileno (PP) presentan características importantes como:

- Presenta gran capacidad para resistir las fuerzas aplicadas sin romperse.
- Tienen un punto de fusión elevado, por lo tanto, resiste altas temperaturas.
- Facilidad para moldear y cortar debido a su flexibilidad.
- Evita la filtración de sustancia químicas.
- De cristalinidad reducida. [5]

### 2.3 Recolectación del plástico

Para esta etapa se recolectó envases termoplásticos de polipropileno marcados como número cinco (#5) (Figura 2), utilizados para la venta y distribución de comida.



**Figura 2.** Modelo de envases recolectados. Fuente: Los autores.

### 2.4 Limpieza de los envases

En esta fase se eliminan los restos de grasas y otros residuos mediante el lavado con jabón y cloro, seguido del proceso de enjuague con abundante agua y secado al aire libre.

### 2.5 Proceso de corte del plástico

Para cortar los envases de plástico recolectados se utilizó una trituradora de papel con capacidad de corte de tarjetas de crédito.

Debido a que los envases no son totalmente planos se obtuvieron dos tipos de fibras, lisas y corrugadas, y de tamaños diferentes. Para escoger las fibras se tomó en cuenta el tamaño de aquellas fibras que resultaban relativamente de igual tamaño. Estas resultaron ser de un ancho de 4 milímetros y entre 45 a 655 milímetros.

En la segunda parte utilizamos fibras de ancho de tres milímetros y largo entre 35 a 40 milímetros.

### 3 Construcción de especímenes

Para el estudio de la efectividad del uso de plástico tipo #5 en el refuerzo del concreto a utilizar en la construcción de aceras, se tomó en cuenta la elaboración de viguetas, cilindros y adoquines tipo dos (que son utilizados como superficie en andenes peatonales y ciclo vías) de control con diseño de concreto de 35 MPa y relación agua – cemento de 0.47. Para la fabricación de especímenes con fibras se utilizó el diseño de concreto antes mencionado incluyendo una dosificación de 9 kg/m<sup>3</sup> de fibras de plástico. En la tabla 2 se muestran los tamaños y materiales de elaboración de los especímenes ensayados.

**Tabla 2.** Especificación de los tamaños y materiales utilizados para la construcción de especímenes

Especímen	Descripción	Medidas en pulgadas		
		Diámetro	Longitud	
1 Cilindro	Hormigón	6	12	
1 Cilindro	Hormigón + fibras de plástico			
Especímen	Descripción	Medidas en pulgadas		
		Base	Altura	Longitud
1 Vigueta	Hormigón	6	6	21
1 Vigueta	Hormigón + fibras de plástico			

Dichos especímenes se elaboraron utilizando los parámetros establecidos en la normativa ASTM C 31- 03 [6].

Para el mezclado se utilizó una mezcladora eléctrica, introduciendo cada uno de los componentes de la mezcla que fueron pesados previamente como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Proceso de mezclado de los materiales. Fuente: Los autores.

#### 3.1 Desencofrado y curado

El procedimiento de desencofrado se realizó después de 24 horas de confeccionados y se identificó cada uno de los especímenes.

Después de desencofrar los especímenes, se colocaron en una solución de agua saturada en hidróxido de calcio (cal) con una concentración de 2 gramos por litro.

#### 3.2 Ensayos de flexión y compresión

Para realizar las pruebas se retiraron los especímenes de la tina de curado 7 días después de la elaboración (momento en el que el cemento hidráulico alcanza el 90% de resistencia) y se procedió a ensayarlos según la norma ASTM C 39-14a, para los cilindros (figura 4) y ASTM C 78-10, para las viguetas (figura 5). Para los adoquines de hormigón reforzados con plástico, como referencia se utilizó las especificaciones Técnicas del Ministerio de Obras Públicas de Panamá y las normas nicaragüenses que hablan sobre este tipo de ensayo [7] [8].



**Figura 4.** Ensayo de cilindro con fibras de plástico. [Fuente: Los autores.



Figura 5. Ensayo de viga con fibras de plástico. Fuente: Los autores.

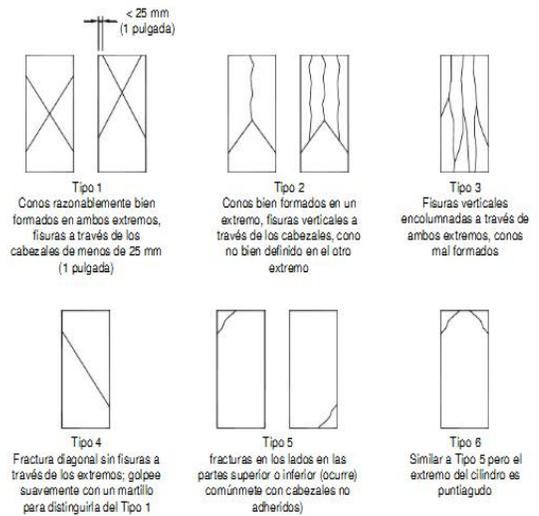


Figura 7. Tipos de falla (ASTM C39/C 39M-05).

## 4 Resultados

### 4.1 Resultados de ensayo a compresión

Luego de ensayar los cilindros en la máquina se obtuvieron los resultados mostrados en las figuras 6, 8 y 10 y las tablas 3-5. Para identificar los especímenes, se utilizó la nomenclatura CCF para concreto con fibra y CSF para concreto sin fibra. Las figura 7 muestra los tipos de falla de acuerdo con la norma ASTM C39.

Espécimen	Figura	Observación
C.S.F		Tipo de falla 3
C.C.F. (9kg/m <sup>3</sup> )		Tipo de falla 3

Figura 6. Tipos de falla en especímenes. Fuente: Los autores.

Tabla 3: Resultados de medidas y esfuerzo de fallas por compresión

Resultado del ensayo de compresión de cilindros de concreto				
Identificación	Diámetro promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
C.S.F.	154,50	18747,65	550,4	29,4
C.C.F. (9kg/m <sup>3</sup> )	154,75	18808,37	558,6	29,7

### 4.2 Resultados del ensayo a flexión

Imágenes por espécimen después del ensayo:

Espécimen	Figura
C.S.F	



Figura 8. Resultado del ensayo a flexión. Fuente: Los autores.

Tabla 4: Resultados de mediciones y esfuerzo de falla de cada espécimen

Tipo	Edad (días)	Clar- o	Ancho	Altura	Carga Máxima		Mód- ulo de Rupt- ura
					(lb)	N	
C.S.F.	7	457,2	154	154	5270	23441	2,95
C.C.F. ( $\frac{9kg}{m^3}$ )	7	457,2	154	153	5540	24641	3,15

Fuente: Ensayos realizados en el Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá en Tocumen.

### 4.3 Prueba de absorción en adoquines



Figura 9. Prueba de absorción en adoquines con plástico. Fuente: Los autores.

De acuerdo con el manual de especificaciones técnicas del Ministerio de Obras Públicas de Panamá, los adoquines no deben tener una absorción mayor de 7% como valor medio ni de 8% como valor individual. Para nuestros resultados, como valor medio nos resultó un 4.52% valor que se encuentra dentro del rango establecido por la normal especificadas anteriormente.

Tabla 5: Resultados de la prueba de absorción en adoquines tipo 2

Ensayo de absorción adoquines					
Espécimen	Peso inicial secado superficialmente (kg)	Peso final secado al horno (kg)	Dimensiones		
			ancho (m)	alto (m)	largo (m)
E1	2.820	2.694	0.102	0.055	0.200
E2	2.930	2.808	0.102	0.061	0.200
E3	2.790	2.334	0.101	0.060	0.199

Espécimen	Porcentaje de absorción (%)
E1	4.67
E2	4.34
E3	4.56

### 4.4 Resultados de compresión de adoquines



Figura 10. Ensayo de compresión de adoquines con fibras de plástico. Fuente: Los autores.

De acuerdo con las normas nicaragüenses, en cuanto a la resistencia mínima a la compresión de adoquines tipo 2 debe ser de 20.60 MPa para 7 días. En nuestro caso el promedio en resistencia a compresión nos resultó 43.88%, un valor alto en comparación con el mínimo especificado, y esto nos confirma que nuestro diseño se encuentra en un rango bastante aceptable de resistencia de acuerdo con la norma indicada anteriormente.

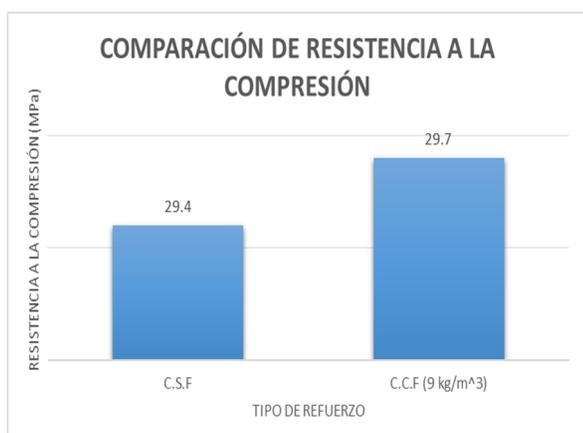
**Tabla 5:** Resultados de mediciones y esfuerzo de falla de adoquines tipo 2

Ensayo de compresión de Adoquines						
Espé- ci- men	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Masa (kg)	Car- ga (kN)	Esfuer- zo (Mpa)
E1 C.C.F	102.3	59.5	200.28	2.82	911. 8	44.63
E2 C.C.F	101	60.87	199.48	2.88	916	45.55
E3 C.C.F	100.72	60.69	199.74	2.85	832. 3	41.47

Fuente: Ensayos realizados en el Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá en Tocumen.

## 5 Análisis de los resultados

### 5.1 Comparación de resistencia a la compresión a los siete días

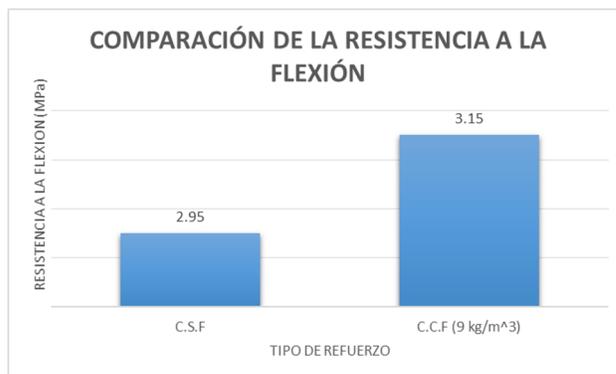


**Figura 9.** Comparación de resistencia de compresión de cilindros para la muestra con fibra y sin fibra.

Se puede observar en la figura 9 que el concreto con fibra reforzada posee una resistencia menor en comparación al concreto sin fibra, lo que nos indica que su aporte a la compresión no es de gran relevancia.

### 5.2 Comparación de resistencia a la flexión a los 7 días

Se pudo observar en la figura 10 que el concreto con fibra reforzada posee una resistencia mayor a la flexión en comparación al concreto sin fibra, lo que indica que el refuerzo de fibra de plástico aporta una cantidad importante de resistencia a la flexión.



**Figura 10.** Comparación de resistencia de flexión de viguetas para la muestra con fibra y sin fibra.

## 6 Conclusiones

Luego de realizar los ensayos se concluye que es factible reutilizar plástico #5 para aportar resistencia a la mezcla de concreto para acera, ya que este ofrece mayor resistencia tanto en flexión como compresión, permitiendo al diseñador disminuir el espesor de la losa de acera y por consiguiente el presupuesto económico para la misma. Aparte de aportar resistencia a la mezcla es una medida positiva para disminuir la cantidad de plástico, que comúnmente ocasiona un gran problema de contaminación.

Este proyecto contribuye a la construcción sostenible, ya que permite aplicaciones del reciclaje de plástico a la ingeniería civil con beneficios ambientales de reducción de residuos sólidos.

## RECONOCIMIENTOS

Le damos las gracias al Ingeniero Carlos González y la Ingeniera Gisselle Vargas, quienes fueron las personas que nos apoyaron con las pruebas de laboratorio en el Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica en Tocumen.

## REFERENCIAS

- [1] C. González, Estudio de Propiedades Mecánicas del Concreto reforzado con fibras de polipropileno reciclado, Panamá, 2017.
- [2] F. R. Rivas, «Panamá exporta sus residuos de plástico a Costa Rica,» En 2015 Panamá exportó desechos solidos reciclables por valor de \$ 62,3 millones , 15 Marzo 2016.
- [3] F. R. Ríos, «El Mercado de Reciclaje de Plastico en Panama,» Analisis sobre la realidad economica y socioambiental de Panama y Centroamerica, 7 10 2011.
- [4] Cámara Argentina de la Industria Plástica, «Cámara Argentina de la Industria Plástica,» [En línea]. Available: <http://caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- [5] A. Almengor, N. Gutiérrez, J. Moreno y K. Cabllero, «Reciclaje de materiales para la elaboración de bloques bioamigables,» Revista de Iniciación Científica, vol. 3, pp. 82-87, 2017.

- [6] ASTM International, «Standart Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field,» 2003.
- [7] ASTM International, «Estandard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens,» 2014.
- [8] ASTM International, «Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam eith Trird-Point Loading),» 2010.