

## Mejora de la Capacidad de Deformación de Bloques no estructurales

### Improvement of the Deformation Capacity of Non-structural Blocks

José Álvaro Astorga<sup>1,\*</sup>, Karen Caballero<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Chiriquí

<sup>1</sup>jose.astorga@utp.ac.pa, <sup>2</sup>karen.caballero@utp.ac.pa

**Resumen**— Debido a búsqueda por mejorar los métodos y materiales de construcción con el paso del tiempo es necesario estudiar el comportamiento y la relación entre los elementos que componen las estructuras. Los bloques de concretos prefabricados son unos de los elementos constructivos más utilizados en la actualidad, con ellos se edifican muros divisorios en estructuras erguidas con acero estructural, sin embargo, estos materiales reaccionan de modo distinto ante cargas laterales, las cuales producen desplazamiento lateral en las estructuras de acero que debido a la naturaleza elasto-plástica del material para recibir deformaciones no representan grandes problemas para el mismo, sin embargo el motivo de este estudio es mejorar la capacidad de deformación los bloques mediante el uso de materiales que considerados desechos sólidos vidrio, sin comprometer las resistencias requeridas por las normas adoptadas en nuestro país, con el objetivo de mejorar la calidad y seguridad de las construcción, mitigar el impacto ambiental que estos desechos producen y reducir los costos por daños y reparaciones en las obras civiles luego de accidentes naturales como lo son los sismos.

**Palabras claves**— bloques, deformación, esfuerzo, caucho, vidrio, reciclaje, materiales, mortero

**Abstract**— Due to the search to improve the methods and materials of construction with the passage of time it is necessary to study the behavior and the relationship between the elements that make up the structures. The blocks of prefabricated concrete are one of the most used building elements today, with them dividing walls are built in structures erected with structural steel, however, these materials react differently to lateral loads, which produce lateral displacement in the steel structures that due to the elasto-plastic nature of the material to admit deformations do not represent major problems to it, however the reason for this study is to improve the deformability of the blocks by using materials that are considered glass solid waste, without compromising the resistances required by the standards adopted in our country, with the aim of improving the quality and safety of construction, mitigate the environmental impact that these waste produce and reduce costs for damage and repairs in civil works after natural accidents as are the earthquakes.

**Keywords**— blocks, deformation, effort, rubber, glass, recycling, materials, mortar.

#### 1. Introducción

Al igual que la mayoría de los países con costas en el océano Pacífico, Panamá forma parte del Cinturón de Fuego (o Anillo de fuego), este denominado cinturón se caracteriza por poseer algunas de las zonas de subducción de mayor significancia del mundo, lo que causa una intensa actividad sísmica y volcánica en las zonas por las que se extiende. Desde hace mucho es sabido que la región oeste de nuestro país (Chiriquí, Bocas del Toro y Veraguas) presenta una alta sismicidad debido a su cercanía con la zona de fractura de Panamá ubicada entre la placa de cocos y la del caribe. Hace unos pocos años atrás antes del proyecto de ampliación del canal de

Panamá se consideraba que en las zonas cercanas a la capital el riesgo sísmico era mínimo, sin embargo, debido a estudios realizados durante esta mega obra de ingeniería se descubrió una falla situada muy cerca de nuestra ciudad capital, la cual hoy en día es una de las ciudades con mayor auge de construcción de edificaciones altas hechas con acero y concreto. Debido a esto surge la necesidad de mejorar los métodos y materiales constructivos con la finalidad de mejorar el comportamiento conjunto de los mismos. Por otra parte, y sumado a las problemáticas que se presentan en nuestro país, no existe un sistema funcional de manejo y disposición de desechos sólidos tipo caucho y vidrio por

lo cual surge la idea de incluir estos materiales dentro de la dosificación de concreto para bloques con el fin de contribuir en la mitigación del impacto ambiental que se generan en nuestro medio ambiente natural y urbano. Según estudios realizados en diversas universidades de Europa y Latinoamérica entre ellas universidad politécnica de Catalunya (España) y la Universidad Técnica de Ambato (Perú), se ha encontrado que al adicionar caucho en el concreto se mejora considerablemente la capacidad de deformación del mismo cuando el porcentaje de inclusión del mismo se encuentra entre el 5% y 10% de contenido dentro de la mezcla.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Antecedentes de adiciones en bloques de concreto

Se hace notar que durante la consulta bibliográfica se ha encontrado muy poca información con respecto a la inclusión del caucho en los bloques de concreto, sin embargo, existen un número superior de publicaciones y estudios relacionados con la integración del caucho como material de dosificación en el concreto dentro las cuales se pueden mencionar los siguiente junto con algunos de los comentarios realizados por sus autores.

Rafat Siddique et al., (2007) dice que si las partículas de caucho aumentan su rugosidad superficial se puede lograr una mejor amalgama entre el mortero y el caucho incorporado, para esto propuso el lavado de las partículas de caucho con ácido, en el pre tratamiento con ácido, las virutas de caucho son empapadas en solución alcalina (NaOH) por 5 minutos y luego enjuagadas con agua. Este tratamiento provoca un microscópico incremento en la rugosidad de la superficie del caucho [1]

Ganjian E et al., (2009) reporta que la resistencia a compresión se redujo un 5 % en los hormigones con sustitución del 5 % de caucho del peso total y que para sustituciones del 7.5% y 10% de caucho la resistencia se vio reducida en un 10 y 23 % respectivamente.

Dentro de las principales observaciones de los autores se encuentra que:

- La pasta de cemento que envuelve las partículas de caucho es mucho más dura, por esto es que las grietas aparecen rápidamente alrededor de cada partícula de caucho durante los momentos de carga y se expanden rápidamente a través de toda la matriz y finalmente causando una ruptura acelerada del hormigón.

- La poca adhesión que existe entre las partículas de caucho y el mortero provoca que no se presente una matriz de hormigón continua e integrada. Debido a esto, los esfuerzos aplicados no pueden ser distribuidos uniformemente en la pasta. Esto es el causante de las fisuras entre los agregados y la pasta.
- Debido a que el caucho tiene una rigidez menor, comparado con los agregados pétreos, la presencia de partículas de caucho reduce la rigidez del hormigón y reduce su capacidad de carga.

### 2.2. Antecedentes de sustituciones de vidrio en bloques de concreto

El vidrio es un material que por sí solo no posee las características mecánicas óptimas para su aprovechamiento en la construcción, sin embargo, autores como Poveda R.; Granja V.; Hidalgo D.; Ávila C. (2015) recomiendan el uso del vidrio de color mixto ya que este no se puede reciclar y normalmente se desecha en vertederos, causando problemas ambientales evidentes. Por lo tanto, la valorización de este vidrio después de moler a la misma finura que el cemento permite su uso como ASCM, sobre todo tiene un comportamiento puzolánico.

En su investigación acerca de la resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto Benites, Segura, Jara (2015). Presentan resultados para sustituciones por separado de vidrio triturado en concreto, en donde la elaboración del concreto patrón correspondió a un diseño de mezcla de resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, el cual fue curado y ensayado de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología del Concreto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Pedro (LMSTC-USP). Respecto al cemento sustituido, se emplearon sustituciones por separado conchas de mar, hojas secas de bambú y de vidrio, siendo este último de especial interés para esta investigación se comenta que se sustituyó el cemento en porcentajes de 5%, 10% y 15%, concluyendo que para la sustitución del 10% de vidrio en el cemento se obtuvieron resistencias de 306.43 kg/cm<sup>2</sup>. coincidiendo en el porcentaje de sustitución de vidrio del 10% de dosificación recomendado por Vijayakumar et al. (2013) el cual reporta valores muy similares en la resistencia a los 28 días del concreto de 305.7 kg/cm<sup>2</sup>. Siendo en ambos

casos que se obtiene una resistencia a la compresión mejorada con respecto del concreto patrón. [3]

### 3. Metodología investigativa

Este estudio se lleva a cabo siguiendo los pasos que se listan a continuación, los cuales están basados fundamentalmente en la aplicación del método científico:

1. Recopilación de información bibliográfica útil tales como antecedentes e investigación previas relacionadas con el tema estudiado.
2. Diseño de campaña experimental
3. Ensayos experimentales
4. Obtención de los resultados observados y medidos de la campaña experimental
5. Análisis de Resultados de experimentos
6. Generación de conclusiones.
7. Recomendaciones y futuras líneas de investigación.

### 4. Materiales

#### 4.1. Obtención y procesamiento del caucho

El caucho de neumático fuera de uso puede ser encontrado en la mayoría de los vertederos e incluso a las afueras de locales comerciales que se dedican a la comercialización de estos productos de consumo. A continuación, se muestra algunas fotos del procedimiento de obtención de caucho picado.



Figura 1. Selección de las partes útiles de la llanta.

Debido a que las llantas tienen una conformación compleja con presencia de acero de alta resistencia en las partes de rodamento, el caucho utilizado en este estudio se limita a la utilización de los flancos o caras laterales de los neumáticos fuera de uso recolectados (Figura 1).



Figura 2. Flancos de llantas cortados.

En la figura 2 se puede ver una pila de las partes de las llantas que pueden ser utilizadas para este estudio, debido a que no se cuentan con los recursos necesarios para adquirir tecnología de procesamiento completo de los neumáticos, lo cual permitiría aprovechar más del 90% de caucho y el acero de alta resistencia que estas contienen.



Figura 3. Sección transversal de neumático para vehículo.

En la figura 3 se puede observar expuesta la franja de acero que contiene este y la mayoría de los neumáticos para vehículos de hoy en día. Por lo que esta parte del neumático requiere de un procesamiento especializado, con el cual no se cuenta para este estudio por lo que el caucho aprovechado para este estudio por llanta oscila entre el 30% al 40% (cifras basadas en cálculos aproximados al restar del área de sección de transversal completa el área de la sección transversal con los flancos recortados).



**Figura 4.** Cortado de caucho en fajas para facilitar el picado a mano.

Para lograr el picado del caucho con un tamaño aproximado de entre 2.36 mm y 4.75 mm por medios manuales, ha sido necesario cortar los flancos de los neumáticos en tiras delgadas para facilitar el picado del caucho (Figura 4).



**Figura 5.** Picado del caucho a mano.

En la figura 5 se puede ver cómo ha sido el procedimiento de cortado a mano del caucho para lograr obtener la granulometría propuesta para la adición del mismo dentro de la mezcla para la producción de bloques.

#### 4.2. Obtención y procesamiento del caucho

El vidrio es uno de los desechos sólidos más fáciles de encontrar en nuestro entorno cotidiano, es posible encontrarlo en lugares como: aceras, cunetas, patios traseros, tinacos de basura, etc. En forma de botellas, cristales rotos, persianas rotas y muchas otras más, sin embargo, para este estudio el vidrio recolectado se basa principalmente en vidrio de ventanas rotas y botellas de varios colores, un ejemplo de esto se puede observar en la figura 6.



**Figura 6.** Vidrio recolectado de los espacios públicos de la Comunidad de la Esperanza, Distrito de Barú, Chiriquí.

El procedimiento que ha sido seguido para la molienda del vidrio está basado en las recomendaciones hechas por un equipo del grupo de investigación CITEC.



**Figura 7.** Procedimiento de trituración y molienda del vidrio de desecho. Almengor et al. (2017).

#### 5. Tipos de pruebas y ensayos

Con la finalidad de obtener información representativa a las pruebas que se realizarán a los bloques se realizará la caracterización de bloques de concreto de 4" según la dosificación utilizada por la fábrica seleccionada para realizar el estudio. Dentro de los ensayos y experiencias realizados a la fecha se pueden mencionar los siguientes:

- Ensayos de Granulometría
- Ensayos de Gravedad específica
- Adherencia Concreto-Caucho: ensayo de probetas de mortero con inclusión de caucho al 20%. Tratado con solución de 5% y 10% de NaOH
- Ensayo a compresión simple de bloques de concreto.
- Diseño de software para la captación y almacenamiento de datos de laboratorio.

Está a sido una experiencia que se ha realizado considerando las recomendaciones dadas por alguno de los autores citados en los antecedentes del estudio, sin embargo, a la fecha se continúa investigando el modo de mejorar la adherencia entre ambos materiales

- Prueba de compresión simple en bloques de concreto.
- Ensayo estándar para densidad, gravedad específica y absorción del agregado grueso dentro del pre mezclado para bloques.
- Ensayo estándar para densidad, gravedad específica y absorción del agregado finos dentro del pre mezclado para bloques.

Debido a que la campaña experimental debe ser adecuada para el estudio y se encuentra en proceso de desarrollo se deben realizar pruebas y ensayos cuyos métodos de aplicación serán tomados de las normas adoptadas por el país para los materiales convencionales, pero adecuadas y ajustadas a los materiales propuestos considerados dentro del estudio, con la finalidad de obtener información útil para lograr los objetivos de este estudio.

## 6. Resultados y Observaciones

A pesar de que el motivo de estudio de esta investigación es la mejora en la deformación de bloques de concreto de uso no estructural, se ha hecho necesario el estudio de la mejora en la adherencia entre los materiales, la cual es necesaria para garantizar que los bloques cumplan con los objetivos propuestos. Sin embargo, las experiencias realizadas basadas en las recomendaciones de otros autores no han arrojado resultados satisfactorios con respecto a la adherencia caucho-mortero, por lo cual estudio se llevará a cabo con la utilización de caucho picado sin tratamientos de ninguna clase.

## 7. Referencias.

- [1] Carmen Albano, Nelson Camacho, Marianella Hernández, Ana Bravo, Héctor Guevar. Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamaños de partículas. Rev. Fac. Ing. UCV [online]. 2008, vol.23, n.1, pp. 67-75. ISSN 0798-4065.
- [2] Catalán Arteaga, Carlos Javier. “Estudio de la Influencia del Vidrio Molido en Hormigones Grado H15, H20, H30”. Tesis (Ingeniería Civil en Obras Civiles). Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. 2013. 91 Págs.
- [3] Cesar Julián Benites, Luis Segura Terrones y William Jara Fumachi. “Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto”. Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería, Conocimiento para el Desarrollo, julio-diciembre, 2015, 6(2):1-8.
- [4] El-Gammal, A.; A. K. Abdel-Gawad; Y. El-Sherbini, and A. Shalaby. “Compressive Strength of Concrete Utilizing Waste Tire Rubber”. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS) I (1): 96-99. 2010
- [5] Estrada Rivera, Juan Carlos. “Estudio de Propiedades Físico Mecánicas y de Durabilidad del Hormigón con Caucho”. Tesis de Master (Ingeniería estructural y de la construcción). Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería De Caminos, Canales y Puertos.2016. 77 Págs.
- [6] Neyva Gissela Almeida Salazar. “Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón Ambato”. Tesis (Ingeniera civil). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato facultad de ingeniería civil y mecánica, 2011.
- [7] Reglamento Técnico COPANIT 48-2001. Bloques huecos de concreto de uso estructural y no estructural, especificaciones.
- [8] Sánchez, D. (1986). “Tecnología del Concreto y del Mortero”. Politécnica Universidad Javeriana. Colombia, Biblioteca de la Construcción
- [9] Valencia, Hervin Eraso. Ramos Rojas, Natalia. “Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo”. Tesis (Ingeniería Civil e Industrial). Santiago De Cali, Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial. 2015. 98 Págs.