

Estudio De Factibilidad Bloques De Hormigón Con Agregado De Residuo Plástico ABS

Emmanuel García De Los Santos

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
enmanuel19y32@gmail.com

Melissa Martínez Mateo

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
mely_757@hotmail.com

Arleen Nina Pérez

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
anp81@hotmail.com

Ariesp Mejía Suero

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
ariespmejia@msn.com

Alvin Olivo Núñez

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
alvin.olivo05@gmail.com

Benito Morantín Ventura

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
bmorantin@gmail.com

Fannelly Ortiz

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
Ortiz_fanyo@hotmail.com

Iyeisys Escorbore

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
iyeisys@hotmail.com

Irving Roberto Félix

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
irving_18@hotmail.com

Mentor de Facultad:

Tulio Rodríguez M.s.c, P.h.d

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana,
tuliorodriguez2@yahoo.com

ABSTRACT

The problem of unsustainable exploitation of the earth's crust to obtain mineral aggregates, together with the problems of disposal of solid waste as plastic, creates the need to research and propose new interdisciplinary type

alternatives that go beyond the conventional. Therefore, the following research presents the results of feasibility about a green alternative to masonry concrete units which are a vital building material in Dominican Republic. The alternative, consist in replacing a percentage (10%, 25% and 40%) in volume of coarse aggregate by crushed ABS plastic and collecting the plastic as waste for the manufacturing of 6 inches masonry concrete units. The feasibility study consist in proving that the new block for every substitution keeps the geometry and manufacturing process used for Dominican Republic conventional masonry units, at the time it satisfy the strength, absorption and weight parameters of ASTM standards.

The results itself, prove that the alternative can be applied because of the same manufacturing process, the improvement in strength of 25% and 40% substitution despite conventional masonry and the reduction of the masonry unit weight in about 10% for the 40% substitution of gravel by ABS plastic.

Keywords: Concrete masonry units, ABS plastic, plastic waste disposal, sustainable development

RESUMEN

La problemática de explotación insostenible de la corteza terrestre para obtener agregados minerales, sumada a los problemas de disposición de residuos plásticos crea la necesidad de proponer nuevas alternativas que difieran de lo convencional. Por tanto, la siguiente investigación presenta los resultados de factibilidad sobre una alternativa ecológica a los bloques de hormigón que son un material de construcción vital en la República Dominicana.

La alternativa estudiada, es la de sustituir un porcentaje (10%,25% y 40%) en volumen de agregado grueso por plástico ABS triturado y recolectado como desecho para la fabricación de bloques de hormigón de 6 pulgadas. El estudio de factibilidad consiste en que la alternativa, para diferentes sustituciones mantenga la geometría y proceso de fabricación de un bloque convencional de República Dominicana, cumpliendo con los parámetros de resistencia, absorción y peso de las normativas ASTM.

Los resultados demuestran que la alternativa es factible bajo los parámetros mencionados en el párrafo anterior; logrando esta una mejora significativa del peso por unidad (se redujo en un 10%) para la sustitución de 40% y resistencias superiores para la sustitución de 10% y 25% contra la de 0%.

Palabras claves: plástico ABS, disposición de residuos plásticos, desarrollo sostenible, mampostería estructural

1. INTRODUCCIÓN

El sector construcción Dominicano depende en gran parte del uso de la mampostería divisoria y estructural en las edificaciones, lo que hace del bloque de hormigón un producto representativo y esencial que de ser adaptado a las exigencias medioambientales mejoraría la sostenibilidad del sector, a la vez que representa una alternativa de disposición final de residuos por tener como materia prima el plástico ABS; que es escasamente reciclado en la República Dominicana.

El proyecto es una investigación de tipo aplicada y se limitará a estudiar bloques de 6 pulgadas, debido a la carencia de estado del arte correspondiente al uso de plástico ABS como material de construcción. Debido a que se cataloga este como el plástico más resistente por CES Edupack, se eligieron sustituciones de agregado en volúmenes de 10%, 25% y 40% que se compararán con la de 0% (bloque convencional), utilizando una fábrica de prestigio en República Dominicana para hacer y evaluar los bloques bajo circunstancias normales.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la factibilidad de los bloques de hormigón con agregados de residuos plásticos ABS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir la resistencia, peso y absorción de los bloques con agregados de residuos plásticos.
2. Medir las variables operativas de rendimiento, velocidad y tiempo de compactación de máquina en este tipo de bloques, en un proceso de producción industrializado.
3. Establecer la matriz comparativa de las variables medidas de los bloques ABS con las de los bloques convencionales.

3. ANTECEDENTES

A principios de la década pasada en República Dominicana se estimó una explotación de 12,000 m³/día al Río Nizao, 4,000m³/día al Río Haina, 1,000 m³/día al Río Yuna y el Camú (León R. O., 2006) de agregados minerales, dígase arena, grava y gravilla. Esta extracción desmesurada y sin ningún control provocó contaminación del acuífero (por combustibles y lubricantes) y rotura del perfil de equilibrio del Río Nizao, a la vez que redujo los caudales superficiales y subterráneos de la cuenca baja del Haina (León R. O., 2006). Tal impacto hacia dos de los principales ríos dominicanos provocó disgustos en el gobierno y poblaciones aledañas, estableciendo el gobierno prohibiciones para la extracción que luego fueron revocadas por la importancia para el país del sector construcción que tanta dependencia tiene de los agregados.

En el 2007, el gobierno dominicano por medio del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales regula la extracción de agregados de los ríos con la resolución 16-2007; regulación que no se cumple en su totalidad y, aunque hizo que algunas granceras se retiraran de los ríos a canteras, actualmente se sigue impactando la corteza terrestre por la extracción insostenible y descontrolada de agregados (León R. O., 2013).

Otra problemática que ha adquirido relevancia en los últimos años es la de disposición de residuos sólidos, de los cuales se generan diariamente en República Dominicana 7,161 toneladas, con un promedio de generación per cápita de 0.77 kilogramos/día. De residuo plástico se recogen datos de 1, 575,420 libras generadas diariamente que se disponen junto a los demás residuos en 348 botaderos a cielo abierto y solamente 3 vertederos controlados, provocando esto problemas de contaminación de los cuerpos de agua, suelos, aire y paisaje (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012); el plástico ABS es el que más aporta a lo anteriormente mencionado, ya que a diferencia de los demás plásticos (PET, HDPE y otros) este no es recolectado de los vertederos por las empresas recicladoras en República Dominicana, quedando este como un plástico de escaso reciclaje que se dispone a la intemperie.

Las problemáticas mencionadas no afectan únicamente a la República Dominicana, ya que en otros países se han estudiado diversas alternativas para materiales de construcción; en algunos casos para mejorar propiedades elásticas del hormigón donde se ha concluido que para una relación agua/cemento dada, el aumento del contenido de plástico en la mezcla reduce la resistencia a compresión, fragilidad y módulo de elasticidad (Ghaly & Gill, 2004). En otros casos como alternativa de disposición chequeando que se cumplan los parámetros; podemos citar que en Barcelona donde se utilizaron residuos de PVC en sustitución de agregado para bloques de mortero, arrojando resultados positivos en cuanto a conductividad térmica comparándolo con el mortero convencional pero, este bloque, presentó descensos en cuanto a resistencia a la compresión. Experimentalmente se determinó en esta investigación que a una dosificación de 25% (relación agregado ligero-mineral) el bloque cumple con la resistencia requerida y puede ser utilizado en viviendas. (Pozo, 2012).

Como estado del arte tenemos el uso de otros plásticos como el Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y el Polietilentereftalato (PET) en sustitución de agregado; cuyo estudio comparativo en su uso para bloques realizado por el departamento de Química de la Universidad de Guyana a cargo de Karen Alleyne, arrojó resultados de una mejora en densidad del bloque en el orden PET-HDPE-convencional siendo el PET el menos denso. Otros

resultados presentados son las resistencias a compresión a 7,14 y 28 días de los tres bloques donde el PET queda en último lugar con resistencias de 1000 psi, 1197psi y 1250psi respectivamente. La autora Alleyne propuso que se alteraran las mezclas en futuras investigaciones y se redujera el tamaño del agregado plástico con fines de aumentar la resistencia del bloque a compresión. Por último cabe destacar que en Argentina ya se han construido viviendas con ladrillos de mortero con plástico PET (botellas plásticas) para fines de ser prototipos experimentales, entre estas tenemos una oficina del Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba (CEVE) y algunos muros de la Planta de Recolección Diferenciada de Residuos de Unquillo (Gaggino, Arguello, & Berretta, 2007).

En cuanto al ABS, catalogado como el plástico más resistente por la base de datos CES EDUPACK 2012, ha sido utilizado en materiales alternativos, tal es el caso de Colombia donde se estudió el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con la incorporación de ABS de origen informático (carcasas de pantallas y material de diskettes en forma de agregados sólidos triturados), se investigó el efecto del tamaño de partícula del polímero, porcentaje del polímero y porcentaje del material asfáltico respecto a la mezcla total, elaborándose trece formulaciones de mezcla asfáltica modificada.; como resultado se obtuvieron beneficios mecánicos con la mezcla asfáltica, buen flujo y alta estabilidad. Sin embargo, las mezclas no cumplieron los requisitos de porcentaje de vacíos de la normativa colombiana para el diseño de mezcla asfáltica (Heredia & Orozco, 2009).

4. METODOLOGÍA

Se medirán las variables de resistencia a la compresión, peso y absorción de los bloques, basados en las normativas ASTM C90-09 de especificaciones para elementos de mampostería estructural, ASTM C140-09 de métodos para ensayos y muestreo de elementos de mampostería y en segundo plano la ASTM C1314 de métodos de ensayos para elementos de mampostería prismática. A la vez que se comparara la granulometría de los agregados minerales y plásticos siguiendo las especificaciones ASTM C33-99 y ASTM C331 respectivamente.

Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Porcentaje de plástico ABS	Porcentaje (%)	Sustitución volumétrica de gravilla por plástico ABS	Cubeta / Carretilla
Peso	Libras	Medición del peso	Balanza
Resistencia	Mega Pascales (MPa)	Medición de la resistencia	Prensa con capacidad mínima de 50 toneladas
Absorción	% de humedad	Relación aumento relativo del peso con peso seco	Tanque de inmersión y Balanza
Rendimiento	Unidades de bloques	Contabilizar plantillas	Plantillas con capacidad para 4 bloques de 6"
Tiempo de compactación	Segundos	Monitoreo máquina Besser	Maquinaria automatizada
Velocidad de compactación	Ciclos/min	Monitoreo máquina Besser	Maquinaria automatizada

Todas las variables a medir se detallan en la tabla 1.

Tabla 1: Variables, indicadores y técnicas

Variables a medir con sus unidades de medida, técnicas e instrumentos de medición.

Para la fabricación, se utilizaron las instalaciones de una fábrica de bloques de prestigio ubicada en San Cristóbal, provincia de República Dominicana; donde se realizó la dosificación de agregados y cemento con la maquinaria Betonmass totalmente automatizada, la mezcla y fabricación con maquinarias Besser y Besser modelo Dynapac de 10 ciclos por minuto (catalogada la más rápida del mundo), sistema de vibración AFC SmartPac con variación de frecuencia y amplitud de vibrado (más moderno en su género) y sistema de curado controlado electrónicamente y automatizado del tipo niebla fría ConCure. Para cada prueba, se varió únicamente la cantidad de gravilla y plástico. En la tabla 2 se detallan las cantidades de gravilla, cemento y plástico ABS usadas en cada mezcla.

Tabla 2: Cantidades de gravilla, cemento y plástico utilizado

Sustitución	Gravilla	Cemento	Plástico ABS
Normal (0%)	575 Kg	103 Kg	-
10%	473 Kg	103 Kg	0.0326 m ³
25%	394 Kg	103 Kg	0.0823 m ³
40%	315 Kg	103 Kg	0.13 m ³

Las unidades para la gravilla y el cemento son en peso (Kg), mientras que el plástico en volumen (m³) por ser el equivalente en gravilla a sustituirse.

Luego de la fabricación bajo el mismo volumen de mezcla de 380 bloques (96 normales o 0%, 96 de 10%, 94 de 25% y 96 de 40%), se procedió a llevarlos a la cámara de curado, para luego almacenarse bajo techo y ser muestreados aleatoriamente (5 de cada sustitución) para los ensayos de resistencia de 7,14 y 28 días y de absorción luego de 24 horas de inmersión. En la imagen 1 se muestra el proceso simplificado.



Imagen 1: Proceso simplificado desde adquisición de ABS triturado, fabricación y curado del bloque, hasta ensayo de resistencia a compresión donde se muestra un fragmento de bloque con ABS al 40%

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Luego de medir las variables nombradas anteriormente, se procedió al análisis de los resultados encontrados, sabiendo que el ABS cumplió con los estándares de granulometría de la ASTM C33.

5.1 VARIABLES OPERATIVAS

En el gráfico 1 se comparan los resultados de rendimiento en unidades de bloques para cada prueba realizada, se aprecia que el rendimiento, a pesar de verse reducido para 25% se mantiene igual en cada prueba.

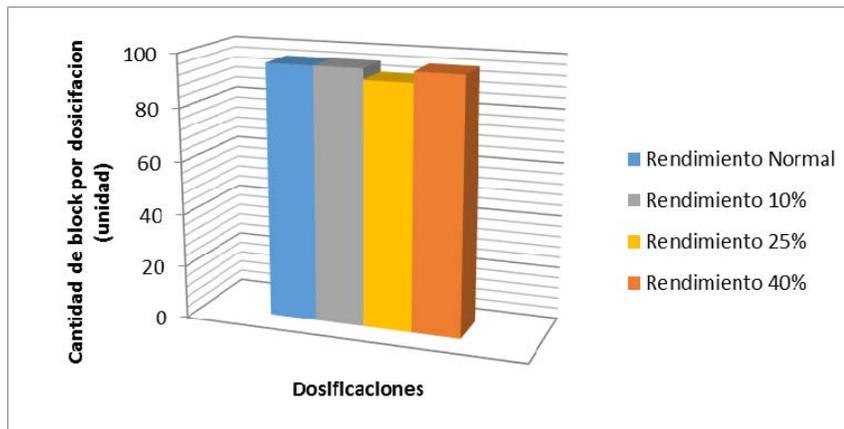


Gráfico 1: Diagrama de barras con rendimiento de maquinaria para cada prueba

Los gráficos 2 y 3 presentan los resultados de las variables operativas de velocidad de compactación y tiempo de compactación, donde se puede apreciar una reducción en la velocidad y el consecuente aumento en el tiempo debido a la granulometría e inferior peso del plástico triturado que permitió un acomodamiento de las partículas y aumento del consumo de material por parte de la máquina vibro compactadora; causa directa a su vez, de la reducción en el rendimiento con el aumento del plástico.

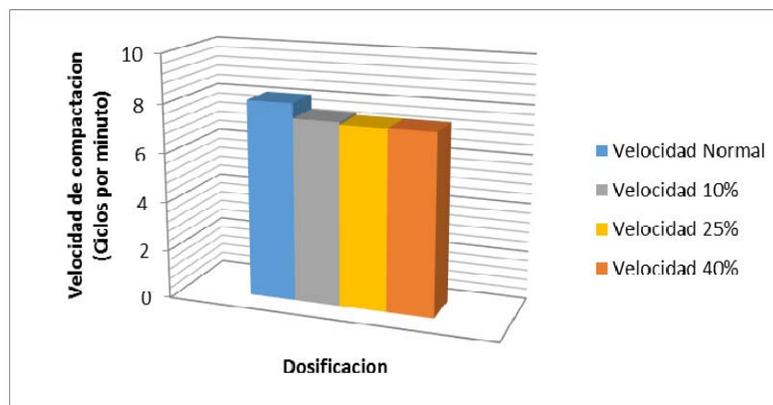


Gráfico 2: Diagrama de barras con la velocidad de compactación de maquinaria para cada prueba

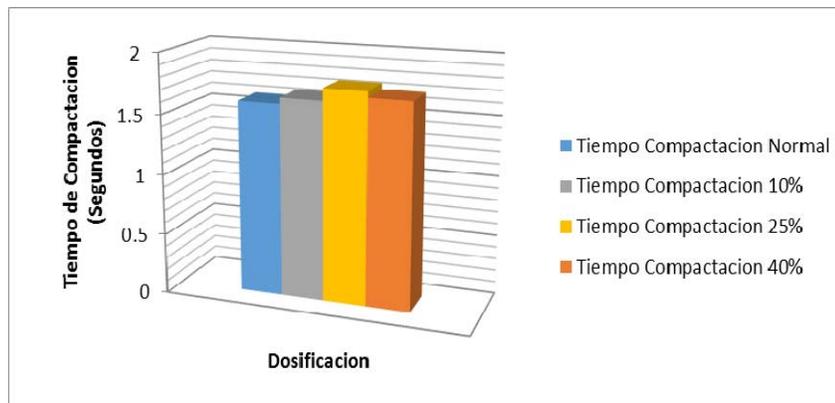


Gráfico 3: Diagrama de barras con la velocidad de compactación de maquinaria para cada prueba

5.2 PESO, ABSORCIÓN Y RESISTENCIA

El gráfico 4 muestra los resultados de los pesos promedio de las muestra por prueba, notándose una reducción en el peso del bloque de 2 lb en la prueba de 40% de sustitución debido al inferior peso específico del plástico ABS en comparación con la gravilla.

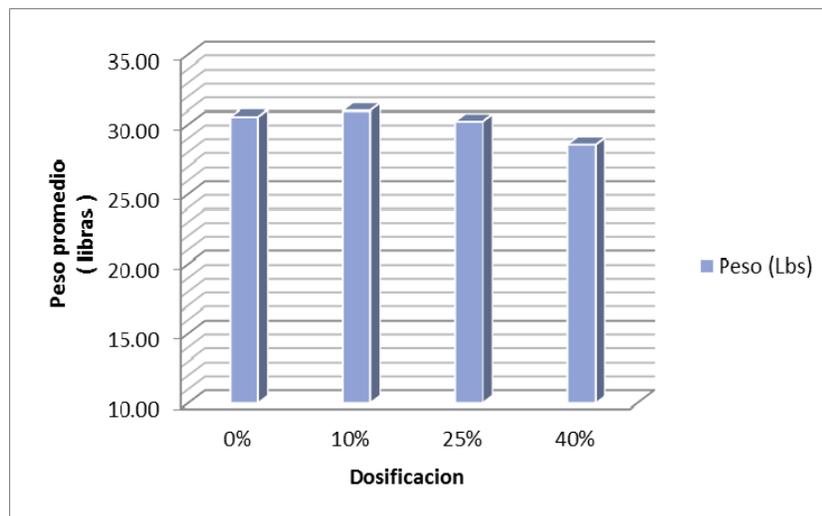


Gráfico 4: Diagrama de barras con el peso promedio para cada prueba

La absorción, medida en % bajo la metodología de cálculo de la normativa ASTM C140-09a se muestra en el gráfico 5, donde se presentan los resultados de cada prueba a la vez que se los compara con la absorción admisible en % equivalente al parámetro establecido en la ASTM C90-09. Como puede apreciarse, todas las sustituciones arrojan absorciones inferiores al parámetro.

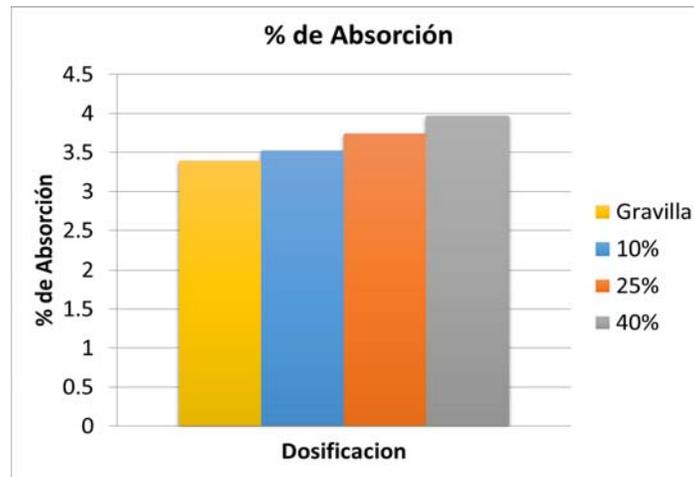


Gráfico 5: Diagrama de barras con el peso promedio para cada prueba

La normativa ASTM C 90-09 establece la resistencia neta a la compresión mínima en Mpa que deben tener los bloques de hormigón, para fines operativos en esta investigación se tomó ese parámetro para la resistencia a los 7 días ya que permite que el bloque se comercialice a esa edad, el gráfico 5 muestra la curva de resistencia para cada prueba con los valores de 7, 14 y 28 días marcados, comparados a su vez con el valor de la normativa de 13.1 Mpa.

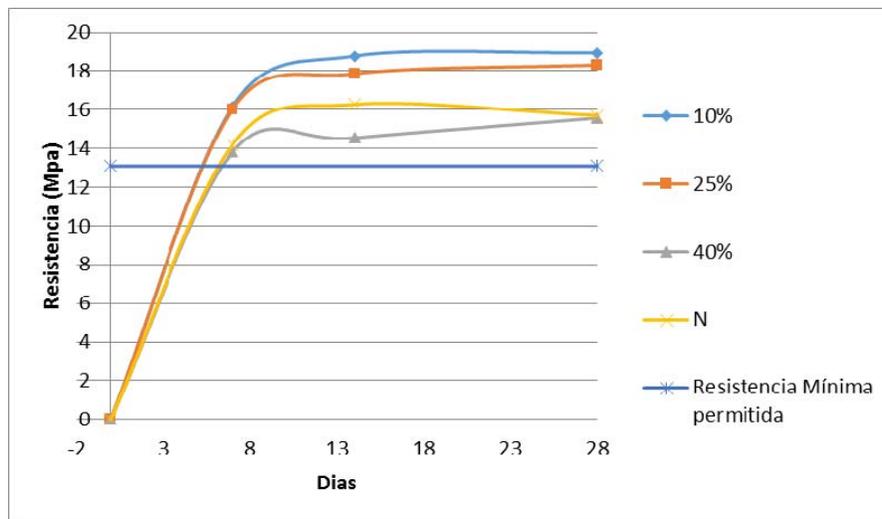


Gráfico 6: Curvas de resistencia para cada prueba, comparadas con parámetro de resistencia mínima

Como se aprecia, todas las pruebas cumplieron con la norma y la sustitución de 10% y 25% incluso superaron la resistencia neta de la mezcla normal o 0%. Esto debido a la reducción de espacios vacíos en el bloque por la mejor granulometría resultante con el plástico.

5.3 MATRIZ COMPARATIVA

En la tabla 3 se resumen los resultados de las principales variables comparadas, para con el comportamiento de cada una, determinar si la alternativa es factible en términos operacionales.

Tabla 3: Resumen resultados influyen en la factibilidad operativa

Variable	Bloques convencionales	Bloques con plástico ABS			Tendencia
		10%	25%	40%	
% de plástico ABS	0%	10%	25%	40%	-
% de absorción	3.39%	3.52%	3.74%	3.97%	Empeoró/cumple ASTM C90
Peso (Lbs)	30.55	30.99	30.22	28.54	Mejóro
Resistencia a la compresión a los 7 días (MPa)	14.21	16.17	16.04	13.82	Mejóro
Rendimiento (Ud.)	96	96	92	96	Similar

6. CONCLUSIONES

En respuesta al segundo objetivo basado en el análisis de los datos se concluye que el bloque de 6" con plástico ABS es factible operacionalmente, ya que el proceso de fabricación fue exactamente igual al de un bloque convencional. Los resultados arrojaron que el funcionamiento de la máquina no se ve afectado por la sustitución de gravilla por plástico ABS triturado, es decir, que las variables operativas de rendimiento, velocidad y tiempo de compactación de máquina en este tipo de bloques no son afectadas en comparación a lo convencional.

Al observar y analizar los resultados de peso, es notable que el ABS por su menor peso específico reduce el peso promedio del block de 6" en 2lb para una sustitución del 40% de gravilla. Contrario a lo que se podría creer, el uso de plástico ABS en bloques de 6" no sólo cumple con los parámetros de ASTM, sino que supera al bloque convencional en resistencia a los 7, 15 y 28 días en el caso de la sustitución de 10% y 25%, siendo ideales como mampostería estructural.

Adicional a esto, la forma de falla en los bloques de 6" con plástico ABS es exactamente igual a la de los convencionales, por lo que se concluye que el ABS no afecta al bloque en ese sentido. Las dimensiones también se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por lo que no se hizo hincapié en esto dentro de la investigación.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones realizar un análisis estructural integrado con uno de costos para cuantificar los posibles ahorros producidos en consumo de hormigón y acero estructural por la reducción de carga muerta dado el uso de este bloque con ABS. Así como también se recomienda indagar acerca de un plástico que pueda tener un peso específico mucho menor que el del ABS manteniendo características mecánicas similares con el fin de que se reduzca más el peso del bloque, haciendo que compita a su vez con los bloques aligerados del mercado.

En cuanto al parámetro de absorción que aumenta a medida que aumentamos la cantidad de plástico, se recomienda realizar investigaciones acerca del fenómeno tomando en cuenta ensayos de absorción del plástico y

la posible influencia del aumento del tiempo de compactación en la absorción, para determinar las causas directas del mismo.

Se recomienda proyectar a largo plazo el uso de la alternativa aquí planteada que al integrarse con programas de concientización de la población den con la solución del problema de disposición de residuos plásticos que afecta no sólo a República Dominicana, sino al mundo.

REFERENCIAS

- Alleyne, K.. *PLAS-CRETE: Manufacture of Construction Blocks with shredded PET and HDPE*. Georgetown: Department of Chemistry, University of Guyana.
- American Society for Testing and Materials. (2009). *C140*. ASTM international.
- American Society for Testing and Materials. (2009). *C90*. ASTM international.
- Gaggino, R., Arguello, R., & Berretta, H. (2007). *Aplicación de material plástico reciclado en elementos constructivos a base de cemento*. Brasil: Universidad Federal de Mato Grosso do Sul.
- Heredia, D., & Orozco, D. (2009). *DESARROLLO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA UTILIZANDO RESIDUOS PLÁSTICOS*. Colombia.
- León, R. O. (2006). Problemática ambiental de la extracción de agregados fluviales en la República Dominicana y propuesta de alternativas. *Boletín Geológico y Minero*, 746-762.
- León, R. O. (26 de Febrero de 2013). Situación actual de la problemática de explotación de la corteza terrestre por parte de las granceras en República Dominicana. (A. Olivo, Entrevistador)
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Sistematización multiplicación del proceso "Basura cero"*. Santo Domingo: Programa "Gestión y Protección de Recursos Naturales en Cuencas Hidrográficas".
- Pozo, A. C. (2012). *Estudio de hormigones y morteros aligerados con agregados de plástico reciclado como árido y carga en la mezcla*. Barcelona.
- Ghaly, A., & Gill, M. (2004). *Compression and Deformation Performance of Concrete Containing Postconsumer Plastics*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 289-296.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.