

Diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos

Design and experimental test to ecological bricks based on organic and inorganic materials

Herminio Pérez^{1*}, Kristi Pimentell, Olga De Meza¹ & Mario Hernández Korner²

¹Licenciatura en Logística y Transporte Multimodal – Centro Regional de Panamá Oeste – Universidad Tecnológica de Panamá

²Profesor Asesor - Facultad de Ingeniería Industrial – Centro Regional de Panamá Oeste – Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Este artículo describe el diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos. Para el desarrollo de este proyecto, se formularon dos diseños experimentales para la fabricación de bloques especificando las dimensiones de los bloques, proporciones, materiales, y peso de los mismos, para luego llevar esos diseños a la realidad y fabricar 8 bloques para cada diseño experimental. Posteriormente se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión de los bloques ecológicos basándonos en la Norma Técnica Panameña DGNTI-COPANIT 163-2001 de muestreo y ensayo para bloques de hueco de concreto, y así poder determinar si los bloques ecológicos cumplían con los requisitos de resistencia a la compresión para bloques no estructurales, ya que por sus dimensiones entran en esta categoría, así como lo establece la Norma Técnica Panameña DGNTI-COPANIT 161-2001. Finalmente, los resultados demostraron que las dimensiones de los bloques cumplen en gran parte con requisitos en cuanto a dimensiones que deben cumplir los bloques de 4” x 18” para uso no estructural, y según los resultados de resistencia a la compresión, los bloques sobrepasan los requisitos de resistencia a la compresión con tan solo 20 días de curado, teniendo una resistencia mucho más superior a lo esperado y propuesto.

Palabras claves Bloques, diseño, ecológicos, experimental, inorgánicos, materiales, orgánicos, proporciones, resistencia.

Abstract This article describes the experimental design and testing of ecological blocks based on organic and inorganic materials. For the development of this project we formulated two experimental designs for the manufacture of blocks specifying the dimensions of the blocks, proportions, materials, and also the weight of those materials, then we brought those designs to the reality manufacturing 8 blocks for each experimental design. Later the testing of compressive strength of the blocks was made following the requirements of the Panamanian Technical Standard DGNTI-COPANIT 163-2001 for sampling and testing of blocks to determine if the ecological blocks satisfy the requirements of compressive resistance for non-structural blocks because they fall in this category for their dimensions as well as it is established in the Panamanian Technical Standard DGNTI-COPANIT 161-2001. Finally the results showed that the dimensions of the blocks for both experimental designs comply with the dimensions that must comply blocks of trade name 4 “x 18” for non-structural use, and also the blocks exceed the requirements of compressive strength with only 20 days of curing, having a resistance higher than expected and propose.

Keywords Blocks, design, ecological, experimental, inorganic, materials, organic, proportions, resistance.

*Corresponding author: herminio.perez@utp.ac.pa

1. Introducción

El crecimiento de Panamá y del mundo entero ha desencadenado un gran esfuerzo del área de la construcción encaminado a su adaptación a dicho crecimiento y cambio. Los bloques de concreto han jugado un papel fundamental en las construcciones, desde casas particulares hasta grandes torres y mega puentes [1].

Por otra parte, la contaminación del medio ambiente por desechos inorgánicos, es un problema que crece cada día más, y es de vital importancia el aprovechamiento de esos desperdicios perjudiciales para el medio ambiente, en un proceso que puede generar productos más innovadores.

El desarrollo de este proyecto incluye el diseño y prueba experimental de bloques ecológicos. El diseño, incluirá las mismas características de un bloque de 4" x 18", el cual es un bloque para uso no estructural [2]. Formularemos las dosificaciones a utilizar como parte del diseño de los bloques ecológicos, ya que la fabricación de bloques, implica la dosificación de los materiales a utilizar para la fabricación, es decir que se establezcan las proporciones de los materiales.

Se utilizarán materiales como cemento y gravilla, junto con agregados orgánicos e inorgánicos como cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla de arroz, papel periódico, plástico, y tetra pack que reemplazarán parte de los materiales comúnmente utilizados.

En la tabla 1, se presentará la resistencia que deben cumplir los bloques de concreto para uso no estructural. Por cuestiones de tiempo, se medirá la resistencia de los bloques ecológicos después de 20 días a su posterior fabricación. Por esta razón, formularemos nuestra hipótesis en base a la resistencia a la compresión que deberían tener los bloques ecológicos después de 20 días de haber sido fabricados. Posteriormente se realizará el muestreo y ensayo de los bloques ecológicos basándonos en la Norma Técnica Panameña DGNTI-COPANIT 163-2001 para determinar

la resistencia a la compresión promedio de los bloques. Para este ensayo, nos adecuaremos al equipo con el que cuenta la universidad para realizar las pruebas. La idea es que se pueda ejercer carga sobre el bloque y así determinar la resistencia a la compresión promedio para ambos diseños.

El objetivo de este proyecto, es establecer o formular el diseño propio de bloques ecológicos, especificando las características generales de los diseños experimentales para su fabricación, y probar que, por su resistencia a la compresión, pueden ser utilizados en las construcciones del futuro, generando una alternativa más verde y económica.

2. Antecedentes

En Panamá, estudiantes de Ingeniería Agrónoma de la Universidad de Panamá y exconcursantes del premio Odebrecht para el desarrollo sostenible, plantearon un proyecto que consistía en darle utilidad a la cáscara de arroz, creando ceniza de este residuo y convirtiéndolo en un aditivo para el cemento y concreto con el fin de generar bloques híbridos. Este proyecto llevó a los estudiantes de la UP a ganar el segundo lugar en el premio Odebrecht generando esa idea de que se pueden utilizar residuos para crear productos innovadores [2]. Con este proyecto daremos respuesta a dos de los grandes problemas que enfrentan Panamá y el mundo, que son el alto costo de los materiales de construcción, y el incremento de la contaminación ambiental por manos humanas.

3. Marco teórico

En distintos países se han realizado investigaciones y estudios sobre la utilización de nuevos materiales para la fabricación de bloques, además, se han generado nuevos materiales para el área de la construcción, todo esto con el objetivo de reducir los costos de construcción, generar alternativas innovadoras que impacten las construcciones del futuro,

y así darle un nuevo uso a los materiales que muchas veces desperdiciamos y desechamos sin darnos cuenta que su reutilización puede generar grandes cambios que impacten de manera directa al mundo entero [3].

Un primer ejemplo de esto es el cemento alternativo generado en Cuba hecho de 40% de cemento Portland y 60% de residuos sólidos de la industria azucarera. Este cemento puede utilizarse para cualquier tipo de construcción y por su composición es mucho más económico que los cementos tradicionales.

Un segundo ejemplo son los bloques de adobe-cemento, integrados por tierra arenosa, no arcillosa, mezclada en proporción de una parte de cemento y 10 partes de tierra. Y un tercer ejemplo se encuentra en las Universidades de Leeds y de Nottingham en Inglaterra, en donde se ha desarrollado un bloque integrado por vidrio molido reciclado, escoria metalúrgica, y lodos de alcantarillado, que, mezclados con un cementante, adquiere mucha resistencia siendo procesado a alta temperatura [4].

Según la Cámara Panameña para la Construcción, y otras empresas fabricantes de bloques, para la manufactura de bloques, cada fabricante establece su fórmula y consigo los tipos y cantidades de materiales que utilizarán para fabricar un número determinado de bloques, por ende, como parte del diseño, no existe una norma estándar para establecer las proporciones de los materiales. El tiempo de curado de los bloques de concreto es de 28 días, a ese tiempo los bloques deben tener una resistencia del 99%.

3.1 Normas técnicas para el diseño y prueba de bloques

3.1.1 Norma Técnica Panameña DGNTI-COPANIT 161-2001 [2]

La Norma Técnica Panameña DGNTI-COPANIT 161-2001, establece Condiciones y Requisitos Generales que deben cumplir los bloques de concreto para uso no estructural. Esto se muestra a continuación:

- Condiciones Generales (Punto 4 de la Norma).

Para la fabricación de bloques de concreto se deberán utilizar los siguientes materiales:

Cemento Portland Tipo 1.

Agregados (Norma DGNTI-COPANIT 15)

Otros contribuyentes los cuales serán utilizados de acuerdo al producto final especificados por el consumidor.

- Requisitos Generales (Punto 5 de la norma).

Los Bloques de hueco de concreto para uso no estructural se regirán por los siguientes requisitos:

a. Resistencia mínima a la compresión

En la siguiente tabla se muestra la resistencia mínima a la compresión por unidad individual y por promedio de 3 unidades.

Tabla 1. Resistencia mínima a la compresión

	Carga/Área neta
Promedio de 3 unidades	600 lbs/plg ² – 42.2 kg/cm ²
Unidad Individual	500 lbs/plg ² – 35.2 kg/cm ²

Nota: Área neta = área total – área de espacio vacío o área hueco.

b. Dimensiones

Los bloques huecos de concreto de uso no estructural deberán cumplir con los requerimientos de la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones normales para bloques de uso no estructural

Nombre Comercial	Medida Real. Ancho cm (plg)	Medida Real. Alto cm (plg)	Medida Real. Largo cm (plg)
3" x 18"	6.7 (3 5/8")	19.4 (7 5/8")	44.8 (17 5/8")
4" x 18"	9.2 (3 5/8")	19.4 (7 5/8")	44.8 (17 5/8")
4" x 16"	9.2 (3 5/8")	19.4 (7 5/8")	39.7 (15 5/8)
6" x 18"	14.3 (5 5/8)	19.4 (7 5/8")	44.8 (17 5/8")
6" x 16"	14.3 (5 5/8)	19.4 (7 5/8")	39.7 (15 5/8)

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

3.1.2 Norma Técnica Panameña DGNTI-COPANIT 163-2001, Métodos de Muestreo y Ensayo para unidades de Mampostería de Concreto [5]

Aspectos importantes para el ensayo de resistencia.

- Equiparar la máquina con bloques y placas de acero para soporte.
- Tomar 3 especímenes para ensayo, dentro de los 3 días a su despacho al laboratorio.
- Realizar la prueba de resistencia a la compresión en base a los procedimientos que establece la norma.
- Registrar los resultados.

Para el ensayo de resistencia a la compresión de los bloques ecológicos nos adecuaremos al equipo con el que cuenta la universidad para realizar las pruebas. La idea es que se pueda ejercer carga sobre el bloque y así determinar la resistencia a la compresión promedio para ambos diseños.

4. Planteamiento de la Hipótesis

Para conocer la resistencia promedio que deben cumplir los bloques ecológicos después de 20 días de haber sido fabricados aplicaremos la regla de tres como sigue:

$$\begin{aligned} 600\text{lb/plg}^2 / 28 \text{ días} &= \text{Resistencia en lb/plg}^2 / 20 \text{ días} \\ 600\text{lb/plg}^2 (20 \text{ días}) &= \text{Resistencia en lb/plg}^2 (20 \text{ días}) \\ \text{Resistencia en lb/plg}^2 &= \frac{12000 \text{ lb/plg}^2 / \text{días}}{28 \text{ días}} \end{aligned}$$

Resistencia en lb/plg ² = 428 lbs/plg ²

Planteamiento de la hipótesis:

H₀: La resistencia mínima a la compresión para un promedio de 3 bloques después de 20 días de curado es mayor o igual a 428lb/plg² – 30.1kg/cm².

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 428lb/plg² – 30.1kg/cm².

5. Diseño de los bloques ecológicos y resultados

5.1 Dimensiones de los bloques ecológicos

Los bloques ecológicos para ambos diseños experimentales tendrán las mismas características en cuanto a dimensiones de un bloque para uso no estructural de nombre comercial 4” x 18”. En la siguiente tabla se presentan las dimensiones que tendrán los bloques ecológicos.

Tabla 3. Dimensiones de los bloques ecológicos

Nombre Comercial 4” x 18”	
Ancho cm (plg)	9.2 (3 5/8”)
Alto cm (plg)	19.4 (7 5/8”)
Largo cm (plg)	44.8 (17 5/8”)

Los bloques ecológicos tendrán tres huecos, y sus características y dimensiones se presentan en la siguiente figura.

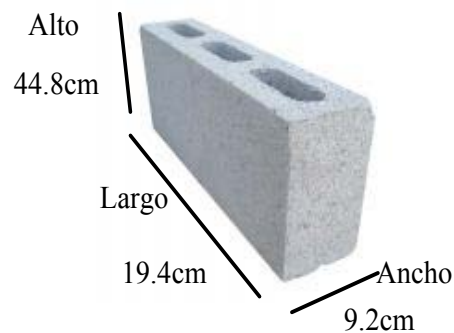


Figura 1. Características y dimensiones de los bloques ecológicos.

5.2 Proceso de fabricación de los bloques ecológicos

El proceso de fabricación de los bloques ecológicos se presenta en la siguiente figura de diagrama.



Figura 2. Diagrama del proceso de fabricación de bloques ecológicos.

5.3 Características de los diseños experimentales

5.3.1 Diseño experimental 1

En la siguiente tabla se presentan los materiales que constituyen los bloques ecológicos para este primer diseño.

Tabla 4. Dimensiones de los bloques ecológicos

Materiales Orgánicos	Materiales Inorgánicos
1. Cascarilla de Arroz	1. Cemento Portland tipo 1
	2. Plástico PET en cuadritos
	3. Papel periódico en cuadritos
	4. Envases de Tetra Pack en cuadritos
	5. Piedra Pulverizada

a. Dosificación para el Diseño experimental 1. Se establecieron las siguientes proporciones de los materiales:

1: 2.5: 4: + Agua en un 12%

En la cual por cada 0.85 kg de cemento, se utilizaron 2.13 kg (2.5 x 0.85 kg) de diferentes materiales agregados (0.88 kg de cascarilla de arroz, 0.43 kg de envases de tetra pack, 0.43 kg de papel periódico, 0.39 kg de plástico PET), y 3.4 kg de gravilla (4 x 0.85 kg), más 0.87 lt de agua (0.87 kg).

En el siguiente gráfico se muestran los porcentajes que representan cada uno de los

componentes del bloque ecológico en base a la suma total de los pesos de todos esos componentes que es de 7.25kg (peso del bloque en kg).



Figura 3. Gráfico de porcentajes que representan los materiales que constituyen el bloque ecológico.

Como se puede observar, el bloque ecológico para este primer diseño, está constituido por un 12% de cemento, 12% de cascarilla de arroz, 6% de envases de tetra pak, 6% de papel periódico, 5% de plástico PET, 47% de gravilla, y 12% de agua. En la siguiente figura, se pueden observar los bloques ecológicos físicos fabricados en base a este diseño experimental.



Figura 4. Bloques fabricados para este diseño.

Se fabricaron 8 bloques para este primer diseño experimental debido a que para prueba de resistencia de compresión se necesitan 3 bloques para poder conocer la resistencia a la compresión promedio.

5.3.2 Diseño experimental 2

Para el diseño experimental 2, se utilizaron los materiales que se observan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Componentes de los bloques ecológicos

Materiales Orgánicos	Materiales Inorgánicos
1. Ceniza de cascarilla de arroz	1. Cemento Portland tipo 1
	2. Plástico PET en cuadritos
	3. Papel periódico en cuadritos
	4. Envases de Tetra Pack en cuadritos
	5. Piedra pulverizada

b. Dosificación para el diseño experimental
 2. Se establecieron las siguientes proporciones de los materiales:

1: 2: 6.5: + Agua en un 10%

Para este diseño, por cada 0.82kg de cemento, se utilizaron 1.64kg (2 x 0.82kg) de diferentes agregados (0.48 kg de cenizas de cascarilla de arroz, 0.38kg de envases de tetra pack, 0.37kg de Papel Periódico, 0.40kg de Plástico PET), y 5.33kg de gravilla (6.5 x 0.82kg), más 0.89lt de agua (0.89kg).

En el siguiente gráfico se muestran los porcentajes que representan cada uno de los componentes del bloque ecológico en base a la suma total de los pesos de todos esos componentes que es de 8.68kg (peso del bloque en kg).

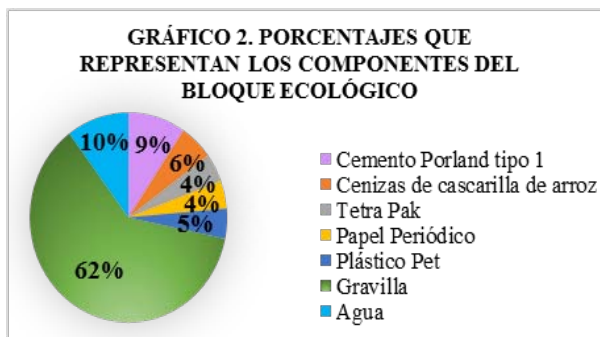


Figura 5. Gráfico de porcentajes que representan los materiales que constituyen el bloque ecológico.

Tabla 6. Dimensiones de los bloques ecológicos

especímenes	Dimensiones reales		
	ancho cm (plg)	largo cm (plg)	alto cm (plg)
1	9.5 (3.7)	45.3 (17.8)	19.5 (7.7)
2	9.3 (3.6)	45.0 (17.7)	19.3 (7.6)
3	9.3 (3.6)	45.5 (17.9)	19.3 (7.6)
promedio	9.4 (3.6)	45.3 (17.8)	19.4 (7.7)

En la siguiente imagen se puede observar los bloques ecológicos físicos fabricados en base a este segundo diseño experimental.



Figura 6. Bloques fabricados para este diseño.

Para este segundo diseño experimental, también se fabricaron 8 bloques por motivos de la prueba de resistencia a la compresión. El siguiente paso será realizar las pruebas de resistencia a la compresión.

6. Ensayo de medición de resistencia a la compresión de los bloques ecológicos

Para el ensayo de medición de resistencia a compresión de los bloques ecológicos, se necesitaron 3 especímenes por cada propuesta de diseño.

En el siguiente diagrama se muestran los procedimientos generales a seguir para realizar el ensayo de resistencia a la compresión de los bloques.



Figura 7. Diagrama de Procedimientos de ensayo de resistencia a la compresión de los bloques ecológicos.

7. Resultados

7.1 Resultados de resistencia a la compresión para los bloques del primer diseño experimental

En la siguiente tabla se presentan las dimensiones de los 3 especímenes identificados y el promedio de las mismas.

Tabla 7. Resistencia a la compresión promedio de los 3 especímenes

Especímenes	Resistencia a la compresión
1	5150 lb/plg ²
2	4740 lb/plg ²
3	3834 lb/plg ²
promedio	4575 lb/plg²

Se puede observar que la resistencia a la compresión promedio de la muestra de 3 especímenes es igual a 4575lb/plg², superior a la que se había propuesto alcanzar.

7.2 Resultados del ensayo de Resistencia a la Compresión para los bloques del segundo diseño experimental

Los resultados de resistencia a la compresión de los bloques ecológicos para este segundo diseño se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Dimensiones reales de los bloques del segundo diseño experimental

Especímenes	Dimensiones reales		
	Ancho cm (plg)	Largo cm (plg)	Alto cm (plg)
4	9.5 (3.7)	45.5 (17.9)	19.5 (7.7)
5	9.3 (3.7)	45.5 (17.9)	19.5 (7.7)
6	9.3 (3.7)	45.0 (17.7)	19.5 (7.7)
promedio	9.4 (3.7)	45.3 (17.8)	19.5 (7.7)

Se puede observar que la resistencia a la compresión promedio para la muestra de 3 especímenes es igual a 8705lb/plg², mucho más superior a los resultados arrojados con los bloques del primer diseño, y por ende superior a lo que se había propuesto.

Tabla 9. Resistencia a la compresión promedio de los 3 especímenes

Especímenes	Resistencia a la compresión
4	9575 lbs/plg ²
5	7890 lbs/plg ²
6	8651 lbs/plg ²
promedio	8705 lbs/plg²

Con estos resultados para ambos diseños experimentales, podemos decir que la hipótesis nula es válida, ya que la resistencia de los bloques es superior a 428lb/plg², rechazando entonces así la hipótesis alternativa.

En el siguiente gráfico se muestra la resistencia a la compresión promedio en lb/plg² de los bloques ecológicos vs la resistencia promedio que deben tener los bloques de concreto después de 20 días de curado.

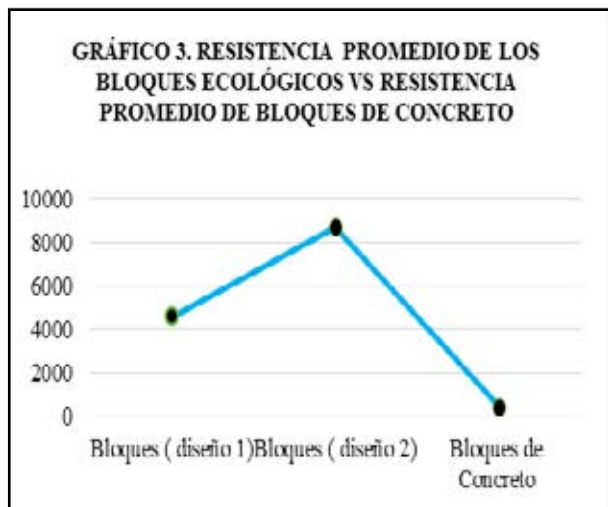


Figura 8. Resistencia promedio de los bloques ecológicos vs resistencia promedio de los bloques de concreto.

7.3 Costo unitario de los bloques ecológicos

El costo unitario de los bloques ecológicos para ambos diseños experimentales fue determinado a través de algunos cálculos que no incluyen el margen de contribución a ganar por la venta unitaria de los bloques, pues en ese sentido estaríamos hablando del precio de los bloques ecológicos. La siguiente tabla, muestra el costo de todos los materiales utilizados para ambos diseños experimentales por peso del saco o bolsa, y el costo por kg de cada uno de ellos.

Los materiales de la tabla 7, enlistan de forma general todos los materiales utilizados para la fabricación de los bloques.

A través del costo por kg, el cual resulta de dividir el costo total de cada material por los pesos indicados, entre el total de kilogramos por saco o bolsa de cada material, podremos determinar los costos unitarios de los bloques, tomando en cuenta las cantidades usadas de cada material.

Costo unitario de los bloques para el primer diseño experimental.

El costo por material, es obtenido de la multiplicación de la cantidad de cada material utilizado para fabricar un bloque por el costo por kg de cada uno de esos materiales. Una vez

Tabla 10. Costos de los materiales utilizados

Rubros o materiales	Peso (Kg)	Costo	Costo/Kg
Saco de cemento	42.4	B/ 9.50	B/ 0.22
Saco de gravilla	11.8	B/ 0.75	B/ 0.06
Saco de cascarilla de arroz	9.07	B/ 1.25	B/ 0.14
Saco de ceniza de cascarilla de arroz	8	B/ 1.25	B/ 0.16
Papel periódico	1	B/ 0.15	B/ 0.15
Plástico <i>Pet</i>	2	B/ 0.10	B/ 0.05
Envases de <i>Tetra Packs</i>	3	B/ 0.15	B/ 0.05

sumados todos los costos por material, obtenemos el costo unitario de los bloques para el primer diseño experimental el cual es de B/ 0.66.

La siguiente tabla, muestra el costo unitario de los bloques para el primer diseño experimental.

Tabla 11. Costo unitario de los bloques del primer diseño experimental

Materiales utilizados/bloque	Peso de los materiales/bloque (kg)	Costo/material
Cemento	0.82	B/ 0.18
Gravilla	5.33	B/ 0.34
Ceniza de cascarilla de arroz	0.48	B/ 0.07
Papel periódico	0.37	B/ 0.06
Plástico <i>Pet</i>	0.40	B/ 0.06
Envases de <i>Tetra Paks</i>	0.38	B/ 0.02
Costo Unitario del bloque		B/ 0.73

Costo unitario de los bloques para el segundo diseño experimental.

Al igual que para el primer diseño experimental, el costo unitario de los bloques

para este diseño es obtenido de la multiplicación de la cantidad de cada material utilizado para fabricar un bloque por el costo por kg de cada uno de esos materiales.

Una vez sumados todos los costos por material, obtenemos el costo unitario de los bloques para el segundo diseño experimental el cual es de B/ 0.73.

La siguiente tabla, muestra el costo unitario de los bloques para el primer diseño experimental.

Tabla 12. Costo unitario de los bloques del segundo diseño experimental

Materiales utilizados/bloque	Peso de los materiales/bloque (Kg)	Costo/material
Cemento	0.85	B/ 0.19
Gravilla	3.4	B/ 0.22
Cascarilla de arroz	0.88	B/ 0.12
Papel periódico	0.43	B/ 0.07
Plástico <i>Pet</i>	0.3	B/ 0.05
Envases de <i>Tetra Paks</i>	0.43	B/ 0.02
Costo Unitario del bloque		B/ 0.66

Diferencia entre los costos unitarios de los bloques ecológicos y bloques convencionales.

La tabla 13 nos muestra los costos unitarios de los bloques de ambos experimentos y bloques convencionales.

Tabla 13. Costo unitario de los bloques para ambos diseños y bloques convencionales

Bloques	Costo Unitario
Primer diseño	B/ 0.66
Segundo diseño	B/ 0.73
Bloque convencional	B/ 0.62

En el siguiente gráfico de pastel se presentan los porcentajes que representan los costos unitarios de bloques ecológicos vs el costo unitario de los bloques convencionales de concreto.



Figura 9. Gráfico de costos unitario de los bloques ecológicos y bloques convencionales.

En base a un 100%, el costo unitario de los bloques del primer diseño experimental representa un 33%, el costo de los bloques del segundo diseño representa un 36%, mientras que el costo de los bloques convencionales representa un 31%, siendo este último el más bajo.

8. Conclusiones

Podemos inferir que este proyecto ha sobrepasado nuestras expectativas, ya que a través de la prueba de resistencia se ha demostrado cumplir con la Hipótesis Nula después de 20 días de curado, lo cual hace interesante saber qué resistencia hubieran tenido los bloques ecológicos con los 28 días de curado, que es el tiempo estándar que se usa para los bloques de concreto, después de su fabricación. En cuanto a las dimensiones de los bloques ecológicos, hubo variantes, pero muy poco relevantes para ambos diseños experimentales. También es importante mencionar que dichas pruebas se realizaron en las instalaciones del Centro Regional de Panamá Oeste. Es importante reconocer que se ha logrado que los bloques cumplan verdaderamente como una

alternativa más sostenible y amigable con el medio ambiente.

Concluimos afirmando que los bloques del primer diseño tienen un costo unitario de B/ 0.66, superior al de los bloques convencionales por B/ 0.04 mientras que los bloques del segundo diseño experimental tienen un costo unitario de B/ 0.73 que también lo hacen superior al costo de los bloques convencionales por B/ 0.11. Los bloques convencionales con costo unitario de B/0.62, son bloques con las mismas dimensiones que los bloques ecológicos (4"x18") y que según la Norma Técnica Panameña DGNTI-COPANIT 161-2001, suelen ser utilizados para uso no estructural, pues su resistencia no es tan alta como la de los bloques estructurales, pero cabe destacar que los bloques ecológicos para ambos diseños experimentales, tienen una resistencia superior a la que deberían tener los bloques para uso no estructural, e incluso sobrepasan la resistencia promedio que deberían tener los bloques para uso estructural. Esta gran diferencia, nos permite hacer hincapié en el hecho de que logramos fabricar bloques ecológicos con una alta resistencia, y con un costo unitario por centavos mayor al costo unitario de los bloques convencionales de 4x18 para uso no estructural.

Es importante mencionar que hemos tenido la oportunidad de fabricar nuevos bloques ecológicos, optimizando los diseños experimentales, para así obtener mejores resultados. Actualmente los bloques están en el proceso de fraguado y se esperará a que tengan los 28 días para que puedan ser sometidos a las pruebas de medición de la resistencia a la compresión y otras que sean necesarias.

9. Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones que podemos mencionar están, que en el área de Panamá Oeste deberían existir instalaciones que se encarguen de recolectar y reciclar materiales inorgánicos y por qué no, materiales orgánicos para evitar la contaminación y que los mismos

sean utilizados para ideas innovadoras como nuestro proyecto; además, buscar la manera de incentivar a la población de reciclar para evitar tantas inundaciones que se dan en la época de invierno por no hacer consciencia del daño que le estamos haciendo al planeta, también sería bueno que la Universidad Tecnológica de Panamá, específicamente en el Centro Regional de Panamá Oeste, contara con los equipos apropiados para realizar las diversas pruebas necesarias para la ejecución de proyectos asignados. Es recomendable también, realizar las pruebas que sean necesarias para que los bloques ecológicos puedan ser considerados bloques para uso estructural por su alta resistencia a la compresión

10. Limitaciones

Las limitaciones que se presentaron o se dieron en este proyecto más que nada se basaron en la carencia de máquinas industriales que ejecutaran la acción de triturar tanto los materiales orgánicos como los materiales inorgánicos, ya que por lo menos en los materiales inorgánicos se tuvo que hacer de forma manual con cada uno de los materiales que expusimos para cada diseño experimental. En el caso de los materiales orgánicos, intentamos con diversos restos de frutas y cáscaras, pero se nos dificultó a la hora de lograr su trituración, por consiguiente, por la falta de tiempo, decidimos solo experimentar con la cascarilla de arroz entera y en ceniza. Adicional, que como el proyecto es experimental, requería de un poco más de tiempo, en el curado del bloque ecológico, también tuvimos problemas al momento de realizar la prueba de resistencia por algunas fallas en la máquina, lo cual nos atrasó un poco.

Agradecimientos

Este proyecto fue posible gracias a nuestro profesor asesor el Ing. Mario Hernández y al Ing. Neil Soto, quienes nos guiaron y nos brindaron las recomendaciones necesarias para

desarrollar un proyecto de calidad. Agradecer de igual forma, apoyo del señor Juan González quien nos abrió las puertas de su fábrica para poder llevar a la realidad nuestros diseños experimentales y fabricar los bloques ecológicos.

Por último, agradecer el apoyo del Lic. Azael Leones y los trabajadores del área del taller del Centro Regional de Panamá Oeste por su gran cooperación y disposición para realizar los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques.

REFERENCIAS

- [1] Puentes, D. (20 de Julio de 2012). Nosmudamos.net. Recuperado el 3 de Junio de 2016, de <http://www.nosmudamos.net/>
- [2] Industrias., M. d. (2001). NORMA TÉCNICA PANAMEÑA DGNTI-COPANIT 161-2001. Panamá.
- [3] Arroz, R. d. (10 de Junio de 2015). Ruta de Arroz. Recuperado el 3 de Junio de 2016, de <http://www.rutadearroz.com>
- [4] Sandoval, C. A. (2013). Tesis "Empleo de Bloques con basura en la Construcción como una alternaiva de reciclaje". Médico D.F.
- [5] Industrias, M. d. (2001). LA NORMA TÉCNICA PANAMEÑA DGNTI-COPNIT- 163-2001, Métodos de muestreo y ensayo para unidades de Mampostería mampostería de concreto.