

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA  
EL SISTEMA CONSTRUCTIVO “HANDY BRICK”.**

**(Mampuesto divisorio a base de pelo de mazorca, cascarilla de arroz y cemento tipo  
portland.)**

**Eliana Marcela Madroño Sánchez.**

**Jaime Andrés Moreno Yate.**



**Universidad La Gran Colombia**

**Facultad De Arquitectura**

**Programa De Tecnología En Construcciones Arquitectónicas – PTCA**

**Bogotá.**

**2016.**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA  
EL SISTEMA CONSTRUCTIVO “HANDY BRICK”.**

**(Mampuesto divisorio a base de pelo de mazorca, cascarilla de arroz y cemento tipo  
portland.)**

**Eliana Marcela Madroñero Sánchez.**

**Jaime Andrés Moreno Yate.**

**Proyecto de Grado**



**Docente**

**Cesar David Quintana Cabeza**

**Universidad La Gran Colombia**

**Facultad De Arquitectura**

**Programa De Tecnología En Construcciones Arquitectónicas – PTCA**

**Bogotá.**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

**Observaciones**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma Director Trabajo de Grado**

---

**Firma del presidente jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogotá, Noviembre de 2016**

## Tabla de contenido

Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción .....	9
Marco Referencial .....	11
Marco Conceptual .....	11
Cascarilla De Arroz .....	11
Cemento (Argos, Portland). .....	13
Polietileno .....	14
Mampuesto Modular .....	15
Mampuesto Handy Brick.....	15
Marco Legal .....	16
NSR - 10 Titulo B Cargas.....	16
Norma Técnica Colombiana 4076.....	17
Marco Teórico .....	19
Eco blocks (México). .....	19
Mampuesto Aligerado con Plástico Triturado Tipo lego .....	21
Ladrillos Y Placas Prefabricadas Con Plásticos Reciclados Aptos Para La Autoconstrucción .....	24
Metodología .....	27
Testeos iniciales y resultados basados en la monografía de grado del mampuesto <i>Handy Brick</i> .....	27
Primera Prueba, Sin tabique: .....	28
Segunda prueba, Ladrillo con tabique: .....	29
Tercera prueba, Ladrillo con tabique:.....	29
Elaboración mampuesto <i>Handy Brick</i> Propuesta de mejoramiento.....	30
Selección de los materiales.....	30
Ubicación fuentes de materiales .....	31
Elaboración del ladrillo " <i>handy brick</i> " con agregado de plástico reciclado de alta densidad (modelo optimizado). .....	33
Ensayos en el laboratorio .....	36

Primer ensayo a compresión .....	37
Segundo ensayo a compresión .....	39
Tercer ensayo a compresión.....	40
Discusión y Recomendaciones .....	42
Referencias bibliográficas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

### **Lista de Tablas**

Tabla 1 Composición Química de la Cascarilla de Arroz. ....	12
Tabla 2 peso específico de la cascarilla de arroz.....	12
Tabla 3 propiedades del polietileno procesado una vez .....	14
Tabla 4 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales - muros.....	17
Tabla 5 Resistencia mínima exigida en Colombia .....	18
Tabla 6 dosificación de materiales secos.....	24
Tabla 7 dosificación de materiales mampuesto.....	27
Tabla 8 comparativa según ensayos .....	29
Tabla 9 dosificación modelo inicial .....	34
Tabla 10 dosificación mampuestos finales.....	35
Tabla 11 Tabla de resultados .....	38
Tabla 12 Tabla de resultados.....	39
Tabla 13 Tabla de resultados.....	40

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Sistema Modular Handy Brick .....	16
Ilustración 2 Ladrillos ecoblocks.....	19
Ilustración 3Fabricación de los ladrillos Ecoblocks .....	21
Ilustración 4 Mampuesto ladriplast .....	22
Ilustración 5 Dimensiones del mampuesto ladriplst .....	23
Ilustración 6 Ladrillo prefabricado .....	25
Ilustración 7 Ladrillo prefabricado .....	27
Ilustración 8 Unidad fallada a compresión, donde se observa el comportamiento de los materiales propuestos .....	28
Ilustración 9 mampuestos en conjunto después de la prueba a compresión.....	30
Ilustración 10 maquina peletizadora.....	32
Ilustración 11 polietileno peletizado .....	33
Ilustración 12 moldes para la elaboración de los mampuestos.....	34
Ilustración 13 prototipo de mampuesto .....	35
Ilustración 14 prototipo de mampuesto .....	36
Ilustración 15 máquina para ensayos de compresión .....	37
Ilustración 16 ensayo a compresión mampuesto tipo 1 .....	38
Ilustración 17 ensayo a compresión mampuesto tipo 2.....	39
Ilustración 18 Resultados de ensayo.....	40
Ilustración 19 Ensayos a compresión murete .....	41

## Resumen

Tomando como base a la monografía de grado realizada por los estudiantes Juan Pablo Duarte Muñoz y Oscar Acevedo Mancera, titulada Mampuesto divisorio a base de yute de mazorca, cascarilla de arroz y cemento tipo portland “*HANDY BRICK*”, el objetivo principal de esta investigación es proponer una mejora de las características físicas y químicas para este tipo de mampuesto, en especial la resistencia de los esfuerzos a compresión. Ya que en los ensayos realizados inicialmente no se cumple a satisfacción con los parámetros de resistencia establecidos por la norma NTC 4076. Este proyecto se realizó mediante una investigación experimental, donde se cambiaron algunos materiales que se utilizaron en la propuesta inicial, y se fabricaron varios prototipos con dosificaciones aleatorias para obtener resultados óptimos. Posteriormente se realizaron en el laboratorio de ingeniería civil de la Universidad La Gran Colombia, los mismos ensayos respectivos que se plantearon en la monografía de grado, consecutivamente se realizaron las comparaciones de los dos prototipos obteniendo resultados favorables con la propuesta de mejoramiento que se presenta a continuación en esta investigación.

Palabras Claves: Muro Divisorio, Mampuesto *Handy Brick*, Cascarilla de Arroz, Cemento Portland, Polietileno.

### Abstract

Based on the thesis made by the students Juan Pablo Duarte Muñoz and Oscar Acevedo Mancera, titled Mampuesto divisorio based on jute, rice husk and Portland cement "HANDY BRICK", the main objective of this research is to propose a Improvement of the physical and chemical characteristics for this type of masonry, especially the strength of the compression forces. Since the initial tests did not satisfy the resistance parameters established by standard NTC 4076. This project was carried out through an experimental investigation, where some materials that were used in the initial proposal were changed, and several Prototypes with random dosages for optimum results. Subsequently, the same respective tests that were proposed in the thesis were carried out in the civil engineering laboratory of the Universidad La Gran Colombia, consecutively comparisons of the two prototypes were obtained obtaining favorable results with the improvement proposal that is presented below in this investigation.



## Introducción

Uno de los grandes propósitos que tenemos como Tecnólogos en construcciones arquitectónicas, es investigar y perfeccionar las técnicas constructivas empleadas hoy por hoy en el sector de la construcción. En este sentido se debe buscar la viabilidad de emplear nuevos materiales en los elementos de la construcción, que no solo alcancen este equilibrio sino que además minimicen el impacto ambiental. Para ello es importante indagar sobre otros tipos de materiales que puedan ser utilizados y que logren desempeñarse con las mismas propiedades físico - químicas al de los materiales alternos. En el siguiente trabajo de grado se presentara el proyecto de investigación, que pretende proponer una mejora de las propiedades físicas y químicas del mampuesto *Handy Brick*, basado en una monografía de grado de la universidad La Gran Colombia realizada por los estudiantes Juan Pablo Duarte Muñoz y Oscar Acevedo Mancera. Apostándole al cumplimiento de los lineamientos legales establecidos por la Norma Técnica Colombiana 4076 para mampostería no estructural y la NSR -10. Para ello se investigaran diferentes tipos de materiales que ayuden a mejorar la resistencia a la compresión de dicho mampuesto.

La agregación de residuos agroindustriales puede aumentar estas propiedades y disminuir los costos sin necesidad de los materiales granulares. Muchos de estos residuos tienen propiedades puzolánicas, esto quiere decir que comprenden compuestos silíceos y/o aluminosos que no son cementantes, mientras que si tienen un tamaño de partícula muy pequeño y al ser combinado con el compuesto prima del cemento comprenderán mayores propiedades cementantes (Sánchez, 2008). Un ejemplo de esto es la cascarilla de

arroz en la cual su compuesto base el  $\text{Si}_2\text{O}$  reacciona con el compuesto hidratado del cemento favoreciendo así sus propiedades mecánicas como se cita en (Mafla, 2009).

Por otro lado “los plásticos se caracterizan por una relación de resistencia densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico.” Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos5/estat/estat.shtml>.

El bloque mejorado presentado en este trabajo investigativo, conto con diseños preliminares y uno final, se realizó un cambio en los materiales empleados inicialmente en la monografía de grado que se tomó como base, y se establecieron las dosificaciones para la elaboración de los mampuestos, dichas dosificaciones fueron modificadas a medida que se realizaron los mampuestos preliminares, hasta llegar a un producto final que ofrece una mayor resistencia, un mejor acabado estético, y rendimiento en obra.

### Marco Referencial

El marco referencial de este trabajo investigativo contiene todos los conceptos, teorías y normas vigentes que están relacionadas con el desarrollo del tema y problema de investigación.

### Marco Conceptual

En este marco se encuentran todos los conceptos básicos y necesarios para aclarar dudas que encontrara en el desarrollo de este trabajo investigativo.

#### *Cascarilla De Arroz*

La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. La cascarilla de arroz es el sustrato más empleado para los cultivos hidropónicos en Colombia bien sea cruda o parcialmente carbonizada. (Saenz, 2002).

Se puede utilizar para la obtención de dióxido de silicio para el cemento y mejorar sus características mecánicas lo cual ha sido investigado por especialistas en distintas partes del mundo, los cuales han notado el enorme potencial de este material como fuente alternativa en el campo de la construcción, esto permite establecer que para el caso concreto de Colombia también se le considere como un material de gran potencial ya que

Ofrece una alternativa de alta viabilidad para las construcciones de bajo costo. (Mafla.B 2009).

*Tabla 1 Composición Química de la Cascarilla de Arroz.*

COMPUESTO	SiO <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	AlO <sub>3</sub> (%)
Superficie Externa	55.25	44.77	0.00
Superficie Interna	35.48	58.24	6.27

Tabla No. 1 Composición Química de la Cascarilla de Arroz. Fuente: Páez 2006

Se puede abordar con el uso de este material, el hecho de ser utilizarlo en la industria ladrillera, lo cual por medio de sinterización de los elementos constituyentes puede generar ladrillos más económicos y más livianos. De esta forma, se disminuyen los pesos de las estructuras, se aligeran las presiones sobre los suelos de fundación y finalmente se evitan los daños colaterales que se presentan durante los sismos. (Mafla.B 2009).

*Tabla 2 peso específico de la cascarilla de arroz*

DETERMINACION DE PESOS ESPECIFICOS DE LA CASCARA DE ARROZ

Medida N°	P <sub>1</sub> Peso de muestra con s.s.s. (g)	V Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	V <sub>1</sub> Volumen de agua absorbida	G <sub>1</sub> Peso muestra seca (48 h a 110 °C)	X <sub>1</sub> = $\frac{G_1}{(V - V_1)}$	X <sub>2</sub> = $\frac{P_1}{(V - V_1)}$	X <sub>3</sub> = $\frac{G_1}{(V - V_1) - (P_1 - G_1)}$	A = $\frac{P_1 - G_1}{G_1} \cdot 100$
1	50	500	446,6	27,3	0,5112	0,9363	0,8893	83,15 %
2	50	500	436,3	29,2	0,4584	0,7849	0,6807	71,23 %
3	50	500	425,6	28,1	0,3777	0,6720	0,5352	78,21 %
4	50	500	447,4	28,7	0,5456	0,9506	0,9169	74,22 %
5	50	500	440,0	28,6	0,4767	0,8333	0,7409	74,83 %
6	50	500	443,7	29,4	0,5222	0,8881	0,8235	70,07 %
7	50	500	431,7	29,3	0,4290	0,7321	0,6155	70,65 %
8	50	500	425,5	28,9	0,3879	0,6711	0,5412	76,36 %
9	50	500	426,6	29,4	0,4005	0,6812	0,5568	70,07 %
10	50	500	430,8	29,2	0,4220	0,7225	0,6033	71,23 %
				VALORES MEDIOS	0,4531	0,7872	0,6903	73,70 %

Fuente: Páez 2006. Determinación de pesos de la cascarilla de Arroz.

Cemento (Argos, Portland).

El cemento es un material que se utiliza ampliamente en la fabricación de hormigones y morteros en obras civiles (Taylor, 1978). Es un ligante hidráulico inorgánico, polifásico artificial, que se obtiene a partir de un producto intermedio denominado CLINKER, el cual se produce mediante la cocción a aproximadamente, 1480 °C, generalmente en hornos rotatorios, de una mezcla en proporciones preestablecidas de carbonato de calcio (CALIZA) y de un aluminosilicatos (ARCILLAS O MARGAS) u otros materiales de una composición global similar y con la reactividad suficiente, previamente molidos y homogeneizados. Durante el proceso de cocción se produce una fusión parcial y una recombinación de los componentes de las materias Primas dando lugar a nódulos de CLINKER de 5-50 mm. De diámetro, que esencialmente consisten en silicatos de calcio hidráulicos. Posteriormente el CLINKER mezclado con un 5 % de yeso (Sulfato de calcio dihidrato) se somete a un proceso de molienda del cual resulta el cemento portland. (Escuela de Ingeniería de minas)

La clasificación más usada se encuentra en la norma ICONTEC 30, basada en las normas ASTM; la cual es la siguiente: Cemento Portland tipo 2. Es resistente a la acción moderada de sulfatos y el desprendimiento de calor es menor que en los cementos normales.

Siendo el cemento uno de los materiales más mercantilizado en el mercado de la construcción en Colombia, y en la actualidad los bloques elaborados en este material son una fuerte competencia de los ladrillos de arcilla, por lo cual se busca que este material

combinado con otros materiales naturales obtenga la resistencia necesaria y así sea una gran competencia comercialmente para los bloques comunes de concreto.

### Polietileno

El polietileno es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Roto moldeo. Este material se utiliza, entre otras cosas, para la elaboración de envases plásticos desechables, Envases detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, baldes para Pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas. Recuperado de: <http://www.plasticosnef.com>.

*Tabla 3 propiedades del polietileno procesado una vez*

PROPIEDAD	PEAD VIRGEN	PEAD REPROCESADO UNA VEZ
Índice de fluidez(g/10min)	0,77	0,79
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,963	0,961
Modulo de flexión(Kg./cm <sup>2</sup> )	15,396	15,396
Resistencia al impacto izod (kg. cm./cm.)	13	9
Resistencia a la tensión a la ruptura(Kg./cm <sup>2</sup> )	155	175
Elongación (%)	555	613

Fuente: instituto mexicano de plástico. Enciclopedia de plástico 2000

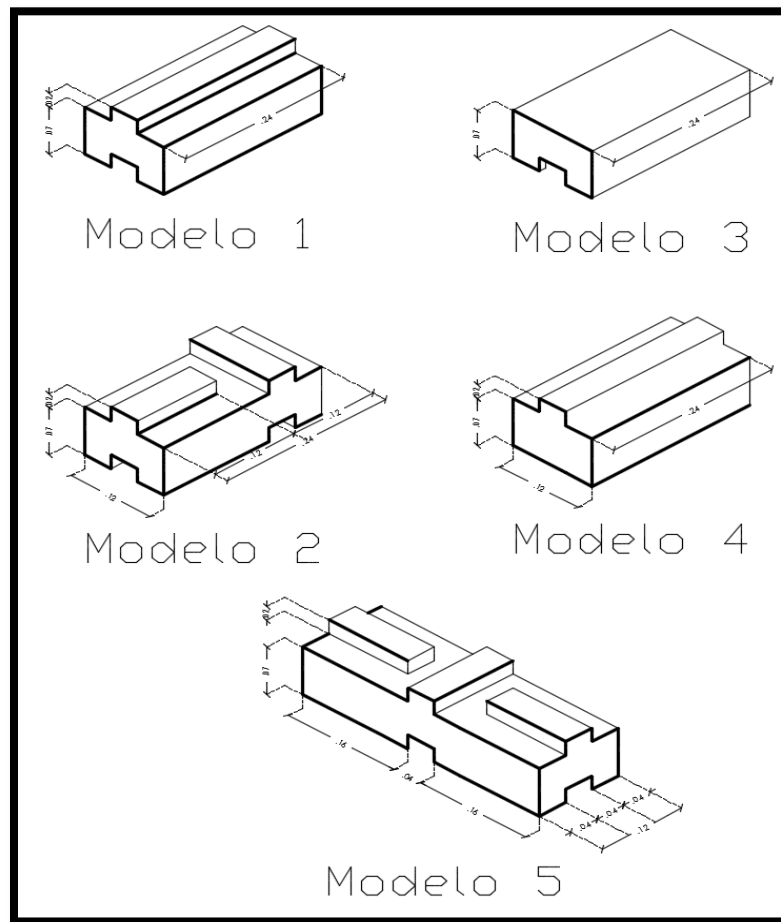
### Mampuesto Modular

Unidad es mampostería maciza, el cual es un elemento pre fabricado con forma de prisma recto macizo o con perforaciones generalmente verticales, no mayores al 25% del área de la unidad.

### Mampuesto Handy Brick.

El sistema “*Handy Brick*”, está formado por un conjunto de ladrillos prefabricados con concreto, cascarilla de arroz mejorada, yute de mazorca y arena de peña; cuenta con un diseño innovador conformado por una pestaña en la parte superior e inferior del producto para hacer poder tener transición en el momento de traba del muro.

Para el desarrollo de este mampuesto se realizó una búsqueda de antecedentes donde se encontró a nivel latinoamericano y nacional, la nueva orientación a utilizar de materia prima vegetal o residuos agroindustriales con el fin de que estos sean de mayor beneficio económico, ecológico y de diseño. Duarte, J.P y Acevedo, O. (2016) Ladrillo Divisorio Aligerado A Base De Yute de Mazorca, Cascarilla De Arroz Y Cemento Tipo Portland. “*HANDY BRICK*” (monografía de grado) Universidad La Gran Colombia. Facultad de Arquitectura Bogotá. En la ilustración 1 se observa las dimensiones del mampuesto *Handy Brick*.

*Ilustración 1 Sistema Modular Handy Brick*

Tomado de Duarte, J.P y Acevedo, O. (2016)

### Marco Legal

Este marco legal contiene la normativa requerida en Colombia en la cual está basada la realización de este trabajo.

#### NSR - 10 Título B Cargas.

El título B de la norma sismo resistente de Colombia habla acerca de los requisitos que deben cumplir las edificaciones, específicamente en el tema de las cargas que debe



resistir una edificación. La norma señala esto en el diseño que debe tener toda el edificio para que los materiales usados resistan todas las cargas y presenta los requisitos mínimos que deben cumplir los proyectos respecto a las fuerzas adicionales que eventualmente pueda imponer un sismo lo quiere decir que se debe tener en cuenta las dimensiones y peso, en este caso, de los muros.

En el apartado B.3.4.2 cita que los elementos no estructurales verticales deben tener unas dimensiones específicas en el diseño para el soporte de las cargas.

Como se observa a continuación en la tabla 4, señala las cargas mínimas que debe resistir un muro dependiendo su fabricación y espesor.

*Tabla 4 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales - muros*

Componente	Carga (kN/m <sup>2</sup> ) por m <sup>2</sup> de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> ) por m <sup>2</sup> de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)
<b>Muros</b>		
Exteriores de paneles (postes de acero o madera):		
Yeso de 15 mm, aislado, entablado de 10 mm	1.00	100
Exteriores con enchape en ladrillo	2.50	250
Mampostería de bloque de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300 1.80 2.50 3.10 3.80 4.40 Sin pañetar 1.30 2.00 2.60 3.30 3.90	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30 180 250 310 380 440 130 200 260 330 390
Mampostería de bloque de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300 1.40 1.45 1.90 2.25 2.60 Relleno cada 1.2 m 1.70 2.25 2.70 3.15 Relleno cada 1.0 m 1.80 2.30 2.80 3.30 Relleno cada 0.8 m 1.80 2.40 3.00 3.45 Relleno cada 0.6 m 2.00 2.60 3.20 3.75 Relleno cada 0.4 m 2.20 2.90 3.60 4.30 Todas las celdas llenas 3.00 4.00 5.00 6.10	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30 140 145 190 225 260 170 225 270 315 180 230 280 330 180 240 300 345 200 260 320 375 220 290 360 430 300 400 500 610
Mampostería maciza de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300 1.90 2.90 3.80 4.70 5.50	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30 190 290 380 470 550
Mampostería maciza de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300 2.00 3.10 4.20 5.30 6.40	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30 200 310 420 530 640

Tabla 4. Fuente: (NSR 10, 2010).

### [Norma Técnica Colombiana 4076.](#)

Esta norma titulada Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería no estructural interior y chapas de concreto, se encuentran aquí los requisitos para la

elaboración de los bloques y específica la resistencia mínima que debe tener cada elemento utilizados en muros divisorios.

*Tabla 5 Resistencia mínima exigida en Colombia*

## **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4076**

### **4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto deben cumplir los requisitos de resistencia a la compresión y absorción establecidos en la Tabla 2.

**Tabla 2. Requisito de resistencia a la compresión**

<b>Resistencia a la compresión a los 28 d (<math>R_{c28}</math>)<sup>A</sup>, evaluada sobre el área neta promedio</b>	
<b>Mínimo, MPa</b>	
<b>Promedio de 3 unidades</b>	<b>Individual</b>
6,0	5,0

Tabla 5. Fuente: NTC 4076

En la tabla 5 de este documento, se observan las resistencias que deben tener un ladrillo y un murete mínimo de 3 Ladrillos sometidos a esfuerzos de compresión.

Clasificación de ladrillos según su peso.

La norma técnica colombiana NTC 4076 clasifica el peso de los mampuestos según la densidad del mampuesto unidad de peso sobre metro cubico.

Peso liviano con una densidad de menos de 1.680 kg/m<sup>3</sup>,

Peso medio con una densidad de 1.680kg/m<sup>3</sup> hasta menos de 2.000 kg/m<sup>3</sup>

Peso normal con una densidad de 2.000 kg/m<sup>3</sup> o más.

## Marco Teórico

### Eco blocks (México).

Es un bloque elaborado con todo tipo de materia orgánica e inorgánica, es decir toda la basura, esto es, utilizando el PET, plástico, papel, pero principalmente cartón. Su creador es Cruz Romero Carmona, un ingeniero civil que se ha interesado por el beneficio de las personas que más lo necesitan en la ciudad Veracruz, México.

*Ilustración 2 Ladrillos ecoblocks*



Ilustración 2. Modelo de dos ladrillos de Cruz Romero. Fuente: Al calor político (2015).

Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=VsGHvYGP\\_UU](https://www.youtube.com/watch?v=VsGHvYGP_UU)

Es un proyecto que ha sido sometido a diferentes pruebas y experimentos para así poder demostrar la efectividad del bloque. Con esto ha logrado que el bloque resista hasta 4 veces más que un ladrillo común. También ha creado 4 tipos de maquinaria generando así 5 tipos de bloque cada uno con diferente uso y aplicación, como lo es en muros, pisos o hasta losas de una vivienda. (Mendez, 2015)

Las familias de escasos recursos, se tendrían que preocupar por juntar su basura, para poder construir su casa, esto a su vez, se traduciría en un beneficio ambiental, ya que

habría menos basura esparcida en la ciudad y con ello, tal vez se pueda desaparecer los basureros, que tanto afectan al medio ambiente. (Mendez, 2015)

El ingeniero civil Cruz Romero quiso ayudar a estas familias ya que existen muchas colonias marginadas, principalmente en zonas rurales, que no cuentan con una vivienda digna pues sus casas son construidas con cartón lo cual no es resistente por tal motivo, sólo es cuestión de voluntad para llevarlo a cabo, ya que Cruz Romero está en la mejor disposición de colaborar y compartir este beneficio con las familias más necesitadas.

Según los cálculos de Cruz Romero 1 ladrillo de estos usa 1 kilogramos de basura. Además, el costo de cada vivienda oscilaría en el 30 % de lo que vale una vivienda con materiales convencionales, lo que indica que su costo es realmente bajo. (Mendez, 2015)

El proceso para construir un eco-block es muy sencillo, está hecho con desechos que son humedecidos en agua, después de esto, los desechos son triturados y colocados sobre moldes especiales, en donde son compactados; al término de una semana bajo el sol, el eco-block está listo, algunos de sus ladrillos son mezclados con cemento para obtener un secado más rápido.

Es un sistema que tiene un proceso de construcción es rápido y fácil ya que entre ladrillos no se necesita mezcla pues no van pegados porque se realiza sin pega. En las esquinas de la casa se le instalan 3 varillas en cada orificio mezclado con cemento y arena lo cual funciona como refuerzo, aunque según Cruz Romero, si no se realiza este paso la casa no se caerá y su vida útil es igual a la de una casa tradicional. (Mendez, 2015)

De modo que, “Eco-Casas de Eco-Blocks”, es una alternativa viable para proveer de vivienda a todas aquellas familias que carecen de un techo digno dónde vivir.

*Ilustración 3 Fabricación de los ladrillos Ecoblocks*



Ilustración 3. Fuente: al calor político (2015) recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=VsGHvYGP\\_UU](https://www.youtube.com/watch?v=VsGHvYGP_UU)

### Mampuesto Aligerado con Plástico Triturado Tipo lego

El mampuesto aligerado con plástico triturado ha sido denominado LADRIPLAST. Es un elemento utilizado en el sector de la construcción para elaborar muros divisorios y de cerramiento, tiene un sistema de instalación tipo lego lo que facilita su construcción. El mampuesto es fabricado con polietileno de baja densidad reciclado y triturado, cemento y arena. Ladriplast, por sus componentes se caracteriza por poseer de peso ligero a diferencia de otros sistemas para muros divisorios, ya que el plástico

triturado funciona como aligerante, que libera a la edificación de cargas innecesarias así mismo adquiere una resistencia que nos da un ventaja comparativa frente a sistemas de bajo peso. Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016) *mampuesto aligerado con plástico triturado* (monografía de grado) Universidad La Gran Colombia. Facultad de Arquitectura Bogotá.

*Ilustración 4 Mampuesto ladriplast*



Ilustración 4. Ladrillos ladriplast tipo lego. Fuente: Elaboración Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016)

Las medidas de este mampuesto son 24\*12\*6 cm. y cuenta con 3 cm en la parte superior los cueles permiten que encajen los ladrillos por su diseño lego como se puede observar en la imagen con los otros mampuestos.

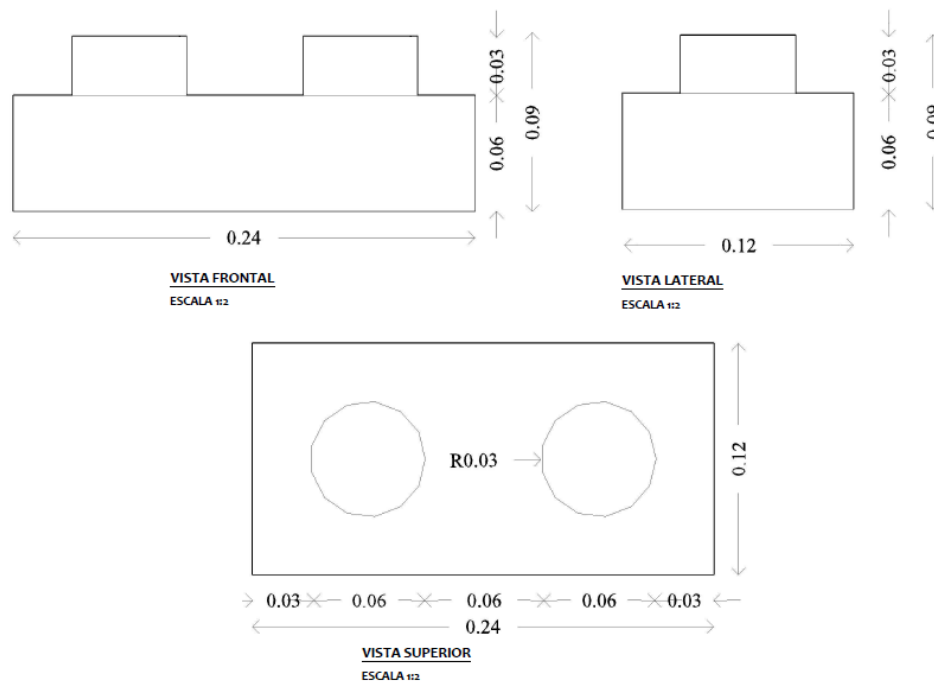
*Ilustración 5 Dimensiones del mampuesto ladriplast*

Ilustración 5. Diferentes vistas del prototipo con las dimensiones específicas. Fuente: Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016)

El mampuesto está fabricado como se había mencionado anteriormente con polietileno de baja densidad reciclado y triturado, este polietileno son específicamente las bolsas de plástico. Se utiliza arena de peña, cemento tipo I también conocido como cemento gris y agua. El polietileno de baja densidad es un polímero lineal de estructura ramificada, lo que hace que su densidad sea más baja, está compuesto por partículas de hidrogeno y carbono. La ausencia de oxígeno en el polietileno hace que no se presente oxidación en el futuro.

Este plástico presenta características importantes como lo son su ligereza de peso, la resistencia a la rotura, posee capacidad de aislamiento (eléctrico, térmico y acústico), es manejable y seguro, es versátil, reciclable, útil, impermeable y no es conductor de

electricidad. Además cuando se mezcla con el cemento y la arena funciona como aligerante. Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016) *mampuesto aligerado con plástico triturado* (monografía de grado) Universidad La Gran Colombia. Facultad de Arquitectura Bogotá.

La dosificación utilizada para este mampuesto fueron las siguientes:

*Tabla 6 dosificación de materiales secos*

MATERIALES SECOS		
MATERIAL	CANTIDAD EN GRAMOS (g)	PORCENTAJE
PLASTICO TRITURADO	500	27%
CEMENTO	780	43%
ARENA	550	30%
TOTAL	1830	100%

Tabla 6. Se especifican las cantidades necesarias para la elaboración del ladrillo. Fuente: Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016)

### Ladrillos Y Placas Prefabricadas Con Plásticos Reciclados Aptos Para La Autoconstrucción

Los ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados fue una investigación realizada en el CEVE<sup>1</sup> por Rosana Gaggino en el año 2008 en la ciudad de Argentina.

La investigación ha logrado los siguientes objetivos: Tecnológico: desarrollar componentes de construcción livianos, de buena aislación térmica, y resistencia mecánica suficiente para cumplir la función de cerramiento lateral de viviendas. Ecológico: colaborar en la descontaminación del medio ambiente. Económico: abaratar costos en la

<sup>1</sup> Centro Experimental de la Vivienda Económica



producción de elementos constructivos para la vivienda de interés social. Social: poner en manos de auto-constructores la elaboración de los componentes constructivos. De género: desarrollar una tecnología constructiva apta para mujeres, por la liviandad de los componentes. (2008, pág. 137)

*Ilustración 6 Ladrillo prefabricado*

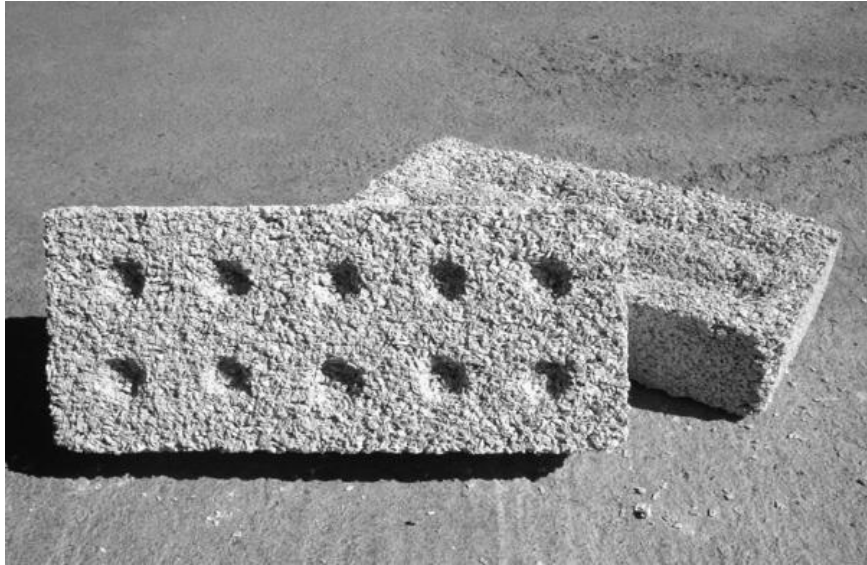


Ilustración 6. Tipo de ladrillo Fuente: (Gaggino, 2008). Recuperado de:

<http://www.arpet.org/docs/Ladrillos-y-placas-prefabricadas-con-plasticos-reciclad0s-Gaggino.pdf>

Los ladrillos de plástico usado y cascara de cacahuete, dichos ladrillos surgieron en el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Argentina. Los envoltorios, botellas de plástico, o las cáscaras de cacahuete se mezclan con cemento siguiendo un proceso de elaboración que no requiere maquinarias caras, no necesita terreno de donde extraer la materia prima ni grandes instalaciones para procesarla. Son ladrillos menos pesados, buenos aislantes y más baratos, lo que facilita la autoconstrucción por familias más humildes y sin recursos. El arquitecto Horacio Berretta, quien dirigió el proyecto, sostiene que "Un aspecto muy importante es que esta nueva tecnología permite la

autoconstrucción, con lo que mejora la calidad de vida de personas para las que el acceso a la vivienda convencional es prácticamente imposible" (Berretta, 2006).

El componente principal para la fabricación del mampuesto es el plástico de diferentes tipos reciclado, estos no requieren ningún tratamiento especial para su limpieza a menos de que sea un plástico sacado de la basura.

Los tipos de plásticos usados son polietileno tereftalato (PET) esto son los envases de bebidas, embalajes de alimentos y perfumería, polietileno de baja densidad (LDPE), cloruro de polivinilo (PVC) y poli estireno expandido sacado de los residuos de fábricas de placas de aislación térmica para construcción, es importante no usar plásticos que se hallan usado con elementos químicos o los plásticos que hayan tenido contacto con sustancias toxicas.

Estos plásticos son seleccionados, triturados en un molino especial luego de esto son incorporados al cemento. El hormigón usado es el común solo se le adiciona el plástico a cambio de los agregados pétreos. Cuando el mampuesto se usa para cerramientos es necesario realizar un pañete de forma tradicional, es por esto que el aspecto de la construcción con este ladrillo no difiere en una con materiales tradicionales. . Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016) *mampuesto aligerado con plástico triturado* (monografía de grado) Universidad La Gran Colombia. Facultad de Arquitectura Bogotá.

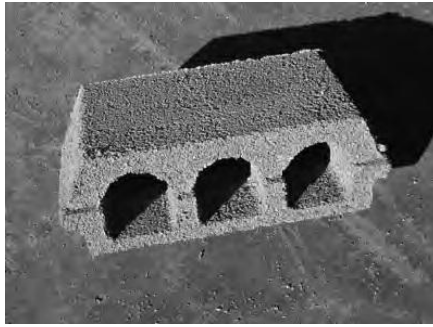
Ilustración 7 Ladrillo prefabricado

Ilustración 7. Tipo de ladrillo Fuente: (Gaggino, 2008). Recuperado de:

<http://www.arpet.org/docs/Ladrillos-y-placas-prefabricadas-con-plasticos-reciclados-Gaggino.pdf>

Las propiedades físicas y mecánicas de los nuevos ladrillos fueron determinadas en ensayos realizados en laboratorios de la Universidad Nacional de Córdoba y del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

### Metodología

#### Testeos iniciales y resultados basados en la monografía de grado del mampuesto *Handy Brick*

Teniendo en cuenta la monografía de grado que se toma como base para esta investigación, los autores realizaron los mampuestos con la siguiente dosificación de materiales:

Tabla 7 dosificación de materiales mampuesto

RELACION	RESISTENCIA A (KGF/CM <sup>2</sup> )	MATERIALES				
		CEMENTO (KG)	YUTE DE MAZORCA (KG)	CASCARILLA DE ARROZ (KG)	ARENA DE PEÑA (KG)	AGUA(LTR)
3:1:1:1	36	6,00	3,00	1,00	5,00	350,00

Tomado de Duarte, J.P y Acevedo, O. (2016)

Adicionalmente los autores realizaron tres pruebas las cuales consisten en,

Ladrillo sin tabique (el cual comprende la pieza de mampostería sin la pestaña superior)

Ladrillo doble (comprende sección del muro, teniendo similitud a un murete para observar el comportamiento como sistema)

Ladrillo con tabique (mampuesto con pestaña superior).

*Primera Prueba, Sin tabique:*

La unidad expuesta es el modelo tipo 3, con dimensiones (mm) 24 largo, 12 ancho, 70 alto, área bruta (mm<sup>2</sup>) 28200.

*Ilustración 8 Unidad fallada a compresión, donde se observa el comportamiento de los materiales propuestos*



Ilustración 8. Fuente: monografía de grado Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016)

De este tipo de mampuestos se realizaron dos ensayos en el laboratorio para promediar la resistencia conseguida, y así poder obtener hipotéticamente un promedio de resistencia. Obtuvo en el primer ensayo como resultado una resistencia de 4.12 mpa y en el segundo ensayo una resistencia de 3,47 mpa. Presentando unos resultados negativos de resistencia a la compresión, según lo establecido en la NTC 4076.

Segunda prueba, Ladrillo con tabique:

La unidad expuesta es el modelo tipo 1, con dimensiones (mm) 24 largo, 12 ancho, 70 alto, área bruta (mm<sup>2</sup>) 28200. Se realizaron dos ensayos con este tipo de mampuesto obteniendo resultados de resistencia a la compresión desfavorables, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8 comparativa según ensayos

Orden de Trabajo	Unidad No.	Descripcion	Localizacion	Fecha de Recepción	Fecha de Ensayo	Dimensiones (mm)			Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Área Neta (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Resistencia a Compresion	
						Largo	Ancho	Alto				(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Mpa)
30703	1	ladrillo Con Tabique		19-may-16	20-may-16	235	120	70	28200	28200	62,9	23	2,23
30704	1	ladrillo Con Tabique		19-may-16	20-may-16	235	120	70	28200	28200	62,9	17	1,68

Tabla 8. Fuente: monografía de grado Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016)

Tercera prueba, Ladrillo con tabique:

Se realizó un solo ensayo que buscaba analizar, el comportamiento general de una proyección del muro, estableciendo la transición del mismo. Por ende se utilizaron dos mampuestos en conjunto con las siguientes dimensiones (mm) 24 largo, 12 ancho, 70 alto, área bruta (mm<sup>2</sup>) 28200, obteniendo como carga máxima (MPa) 3.57. Un resultado desfavorable, ya que según la norma NTC 4076 para este tipo de ensayos se deben utilizar como mínimo tres mampuestos y debe tener una resistencia a la compresión de mínimo 6 (mpa).

*Ilustración 9 mampuestos en conjunto después de la prueba a compresión*



Ilustración 9. Fuente: monografía de grado Angulo, D.F. y Jiménez, C.A (2016)

### **Elaboración mampuesto *Handy Brick* Propuesta de mejoramiento.**

#### *Selección de los materiales*

Después de realizar múltiples consultas, se llega a la conclusión para la realización del producto final, realizar el cambio del yute de mazorca por el Pet reciclado de alta densidad, ya que el plástico es un material idóneo para ser reutilizado en materiales para la construcción debido a su versatilidad, su durabilidad, su resistencia a diferentes agentes externos y químicos, su efectividad como aislante térmico, su bajo costo frente a otros materiales constructivos, de fácil limpieza y mantenimiento, de sencilla manipulación, es un material muy ligero y de gran vida útil.

Por otro lado no se encontró ningún marco teórico o referencial acerca de la utilización de esta fibra para materiales de la construcción. Se continúa con la idea de utilizar la cascarilla de arroz como opción de aligeramiento del mampuesto, además que a la hora de fundirlo mantiene la humedad y evita retracciones tempranas del cemento. Por último se utilizara el cemento portland como aglutinante, siendo un producto que se debe utilizar para este tipo de mampuestos prefabricados, según lo establece la NTC 4076.

#### *Ubicación fuentes de materiales*

La planta recicladora de plástico, quien suministro el polietileno, materia prima fundamental para este proyecto, está ubicada en la ciudad de Bogotá, en el barrio Dindalito. Tiene aproximadamente un área de 120 m<sup>2</sup>, la planta tiene una variedad de productos reciclados y/o materias primas plásticas las cuales comercializa a partir de productos como: galones para aceite, bolsas plásticas, tapas de gaseosa, envases plásticos, canastas de cerveza etc. Dicha materia prima se clasifica por varias categorías (baja, media y alta densidad). Es vertida en una maquina llamada peletizadora como se puede observar en la ilustración 11, y se obtiene como resultado final un producto triturado que es reutilizado por diferentes empresas para la fabricación de nuevos productos. Después de que trituran este polietileno, es sometido a altas temperaturas para posteriormente, pasar a un proceso mediante la utilización de unos rodillos que convierte en forma de láminas de diferentes calibres, para obtener un producto final y darle posterior tratamiento según requerimiento del cliente.

*Ilustración 10 maquina peletizadora*



Ilustración 10 máquina peletizadora fuente: Los Autores

En esta empresa también, se utiliza como materia prima el polietileno peletizado que tiene forma de capsulas y es procesado para conseguir como producto final, forma de láminas que son vendidas a otras empresas quienes las utilizan para diferentes usos por ejemplo cascos de bicicletas. Este tipo de polietileno como se observa en la ilustración 11 fue el que se escogió para la elaboración de este proyecto, ya que debido a su forma granulométrica se asimilaba a un agregado grueso que se usa para la mezcla con el concreto, para aumentar la resistencia.



En la imagen se observa el polietileno peletizado, que se utilizara como agregado para la elaboración de los nuevos mampuestos.

[Ilustración 11 polietileno peletizado](#)



*Ilustración 11 polietileno peletizado Fuente: Los Autores*

### Elaboración del ladrillo “*handy brick*” con agregado de plástico reciclado de alta densidad (modelo optimizado).

En primera instancia se comenzó con la elaboración en lámina metálica manteniendo las mismas medidas que utilizaron en la propuesta de la monografía de grado del mampuesto “*Handy Brick*”, La elaboración de los moldes que se van a utilizar para fundir los ladrillos mejorados.

*Ilustración 112 moldes para la elaboración de los mampuestos**Ilustración 12 moldes para la elaboración de los mampuestos Fuente: Los Autores*

Para la elaboración de los primeros prototipos, se utilizaron cantidades aleatorias para obtener resultados óptimos ante la resistencia a compresión, para la elaboración de los mampuestos tipo 1 se utilizó la dosificación que se observa en la tabla 9.

*Tabla 9 dosificación modelo inicial*

RELACION	MATERIALES				
	CEMENTO (gr)	POLIETILENO (gr)	CASCARILLA DE ARROZ (gr)	ARENA DE PEÑA (gr)	AGUA(LTR)
1,1,1	600,00	450,00	150,00	500,00	350,00

Tabla 9 Fuente: Los Autores

Después del fraguado y desencofrado de los mampuestos tipo 1, se observaron resultados desfavorables debido al exceso de uso de cascarilla de arroz en este tipo de mampuesto como se observa en la ilustración 14, además presentaron fácil desmoronamiento al ser muy frágiles y livianos.

*Ilustración 13 prototipo de mampuesto*



*Ilustración 13 Fuente: Los Autores*

En base a esto se replantea nuevamente la dosificación para la elaboración de los mampuestos tipo 2, utilizando la dosificación que se observa en la tabla 9.

*Tabla 10 dosificación mampuestos finales*

RELACION	MATERIALES				
	CEMENTO (gr)	POLIETILENO (gr)	CASCARILLA DE ARROZ (gr)	ARENA DE PEÑA (gr)	AGUA(LTR)
1,1,1,1	600,00	575,00	95,00	1000,00	350,00

Tabla 10 Fuente: Los Autores

Con esta dosificación se observaron cambios notables, en cuanto a peso, rigidez y acabados estéticos como se observa en la ilustración 15, Ya que se redujo la cantidad de cascarilla de arroz y se aumentó la cantidad de polietileno peletizado.

*Ilustración 14 prototipo de mampuesto*



*Ilustración 14 Fuente: Los Autores*

### Ensayos en el laboratorio

La realización de los ensayos se llevó acabo en el laboratorio de la Universidad La Gran Colombia en la facultad de ingeniería civil. En este laboratorio se realizaron ensayos a compresión, ejercidos en 6 mampuestos y un murete luego de 28 días de secado a temperatura ambiente.

Los ensayos se realizaron en una maquina a compresión como se muestra en la ilustración 15, bajo la norma NTC 3495 titulada Método de ensayo para establecer la resistencia a la compresión de muretes de mampostería.

*Ilustración 15 máquina para ensayos de compresión*



*Ilustración 15 Fuente: Los Autores*

### Primer ensayo a compresión

Se realizaron los ensayos a compresión, a 3 unidades de mampuestos fabricados con la primera dosificación.

*Ilustración 16 ensayo a compresión mampuesto tipo 1**Ilustración 16 Fuente: Los Autores*

Las pruebas que se realizaron con los mampuestos tipo 1, presentaron resultados desfavorables como se observa en la tabla 11, ya que la norma NTC 4076 nos dice que la resistencia a compresión de un mampuesto para muros divisorios debe ser como mínimo de 5 mpa.

*Tabla 11 Tabla de resultados*

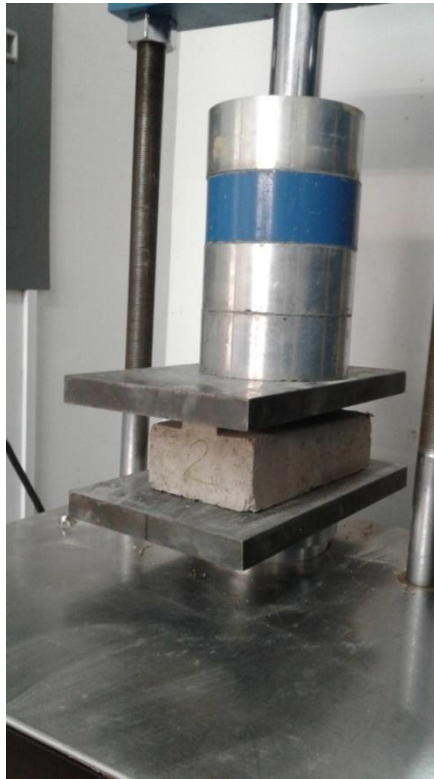
UNIDAD	DESCRIPCION	PESO (Kg)	DIMENSIONES (cm)			RESISTENCIA A COMPRESION	
			largo	ancho	alto	Kn	Mpa
1	ladrillo tipo 1	1.55	24	12	7	24.68	2.42
1	ladrillo tipo 1	1.94	24	12	7	26.89	2.63
1	ladrillo tipo 1	1.98	24	12	7	28.56	2.79

*Tabla 11 Fuente: Los Autores*

### Segundo ensayo a compresión

Se realizaron los ensayos a compresión, a 3 unidades de mampuestos fabricados con la Segunda dosificación.

*Ilustración 1712 ensayo a compresión mampuesto tipo 2*



*Ilustración 17 Fuente: Los Autores*

*Tabla 12 Tabla de resultados*

UNIDAD	DESCRIPCION	PESO (Kg)	DIMENSIONES (cm)			RESISTENCIA A COMPRESION	
			largo	ancho	alto	Kn	Mpa
1	ladrillo tipo 2	2.77	24	12	7	52.42	5.14
1	ladrillo tipo 2	3.05	24	12	7	55.60	5.45
1	ladrillo tipo 2	2.20	24	12	7	49.83	4.88

*Tabla 12 Fuente: Los Autores*

Promediando los resultados obtenidos de los mampuestos tipo 2 como se observa en la tabla 12, se obtiene como resultado 5.15 mpa, cumpliendo con los parámetros establecidos por la NTC 4076. Ya que para una unidad de mampuesto debe resistir como mínimo 5 mpa.

En la ilustración 18 se observa el resultado en kilonewtons del tercer ensayo, quien obtuvo la resistencia más baja. Su resultado fue de 49.83 KN.

*Ilustración 18 Resultados de ensayo*



*Ilustración 18 Fuente: Los Autores*

### Tercer ensayo a compresión

Se realizó un ensayo de un murete conformados por 4 mampuestos, obteniendo los siguientes resultados:

*Tabla 13 Tabla de resultados*

UNIDAD	DESCRIPCION	PESO (Kg)	DIMENSIONES (cm)			RESISTENCIA A COMPRESION	
			largo	ancho	alto	Kn	Mpa
1	Murete	10.78	24	12	28	69.9	6.85

*Tabla 13 Fuente: Los Autores*



Como se observa en la tabla 13 el murete obtuvo un resultado de 6.85 mpa, cumpliendo con los estándares exigidos en la norma NTC 4076, esto quiere decir que se cumple bajo la norma establecida en Colombia.

*Ilustración 19 Ensayos a compresión murete*



*Ilustración 19 Fuente: Los Autores*

### Discusión y Recomendaciones

Teniendo como base esta investigación de proyecto de grado, se concluye que en cuanto a materialidad, el polietileno peletizado utilizado en el mampuesto, funciona como remplazo del yute de mazorca para mejorar la resistencia a esfuerzos de compresión, logrando así los parámetros que requiere la NTC 4076 para la construcción de muros no estructurales, y lo establecido por la norma sismo resistente colombiana, Ya que según los ensayos realizados en el laboratorio mostraron resultados satisfactorios, tanto en mampuestos por unidad como en murete.

Al realizar la comparación con los primeros prototipos realizados en la monografía de grado *Handy Brick.*, podemos decir que se cumplió con el objetivo principal que se tenía estipulado, como una opción viable para la implementación de nuevos sistemas de construcción, pensando en el impacto ambiental y además en la economía para los usuarios que adquieran este mampuesto prefabricado.

Para la fabricación del mampuesto es importante resaltar que el molde debe tener medidas exactas ya que la norma NTC 4076 solo permite inexactitud de 2mm. Debe estar totalmente limpio antes del vertido y se debe verificar que no tenga abolladuras.

Es importante resaltar que esta fue una investigación experimental con el único fin de mejorar la resistencia a esfuerzos de compresión del elemento, por consiguiente solo se realizaron los ensayos relacionados con el tema. Se deja abierta la investigación para otros tipos de ensayos y mejoras técnicas.

### Referencias bibliográficas

- ARQHYS. (2011). *Fraguado del Concreto*. Recuperado el 25 de Mayo de 2016, de ARQHYS, Arquitectura: <http://www.arqhys.com/construccion/concreto-fraguado.html>
- Blogspot. (10 de enero de 2009). *EL Concreto. Blogs*. Obtenido de CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS PORTLAND: <http://elconcreto.blogspot.com.co/2009/01/clasificacion-de-los-cementos-portland.html>
- Colombiana, N.-1. N. (2010). *NSR-10 Norma Sismo Resistente Colombiana, Titulo D Mamposteria Estructural*. Bogotá.
- Concrelab. (s.f.). <http://www.concrelab.com/quienes-somos/>.
- Ecoblock. (s.f.). *Ecoblock*. Obtenido de <http://ecoblock.mx/index.html>
- Escuela de Ingenieria de minas, e. y. (s.f.). *Univeridad de Oviedo*. Obtenido de CEMENTO PORTLAND. GENERALIDADES: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.CementoPortland.GENERALIDADES.B.pdf>
- Gaggino, R. (2008). *LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN*. Obtenido de Revista Invi: <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446>
- Luis Allauca, H. A. (2009). *Uso de silice en hormigones de alto desempeño*. Guayaquín : Escuela Superior Politecnica del Litoral .
- Mafla, A. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. *Quehacer de la Facultad*, 74-78.
- Mendez, C. (13 de Octubre de 2015). *Al calor politico*. Obtenido de [http://www.alcalorpolitico.com/informacion/eco-casas-con-eco-blocks-alternativa-viable-para-edificar-viviendas-a-bajo-costo-182207.html#.Vwn0o\\_197IU](http://www.alcalorpolitico.com/informacion/eco-casas-con-eco-blocks-alternativa-viable-para-edificar-viviendas-a-bajo-costo-182207.html#.Vwn0o_197IU)
- Paez. (2006). Composicion Quimica de la Cascarilla de Arroz.
- Saenz, F. C. (10 de Noviembre de 2002). *Dr. Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda*. Obtenido de [http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla\\_Caolinizada/La\\_Cascarilla\\_Caolinizada.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm)
- Sánchez, I. (2008). *Comportamiento termico de los materiales puzolanicos en la hidratación del cemento*. España: Instituto Eduardo Torroja.