

# **UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLADO PLÁSTICO EN LA ELABORACIÓN DE UNA BALDOSA**

**JORGE ANTONIO SERRANO NAVARRO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2015**

Informe Final del Trabajo de Grado en la Modalidad de Investigación  
**UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLADO PLÁSTICO EN LA ELABORACIÓN  
DE UNA BALDOSA.**

**JORGE ANTONIO SERRANO NAVARRO**

Trabajo de Grado presentado como Requisito  
para optar el Título de Ingeniero Civil

DIRECTOR:

**Ingeniero MSc LUIS ALBERTO CAPACHO SILVA**

**Profesor de la Escuela de Ing. Civil - UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2015**

## *AGRADECIMIENTOS*

*Agradecerle primero que todo a Dios por darme la fuerza y energía que utilice en este largo sueño de mi vida y que hoy me siento satisfecho por lograrlo*

*Agradecerle de todo corazón a mi padre Jorge Serrano Montero, que a pesar de las cosas que decían los demás, siempre conté con su apoyo incondicional y sin usted querido padre no habría podido lograr esta gran meta en mi vida, para ti este título.*

*Agradezco a mi madre Roquelina Navarro que con su sacrificio y dedicación me pudo traer a este mundo para alcanzar todo lo que me propongo.*

*Le dedico este título y agradezco mucho a mi tía Erika, mi tío Renzo, a Robayo, mi abuela Mery, a mi tío David, a Luzmi otra de mis mamas, al viejo Jeanpi y todos aquellos familiares que estuvieron junto a mi desde el comienzo de este gran viaje, que hoy con el esfuerzo que hicieron cada uno de ustedes pude alcanzar este gran sueño.*

*Les agradezco a todos los profesores de la escuela de Ingeniería Civil, que siempre estuvieron para resolver todas esas dudas y darme todos esos conocimientos para ser mejor persona a nivel profesional y personal. Le agradezco a la “Mechuda” por colaborarme en el laboratorio y al Ing. Luis Capacho que ayudo en la elaboración de este documento.*

*Le agradezco de todo corazón a mis compañeros, amigos y en especial a mi novia que siempre estuvimos en las buenas, las malas y en las difíciles, pero siempre salimos adelante ante cualquier obstáculo y por eso me siento contento por contar con el apoyo de todos ustedes.*

*Les dedico este título obtenido a todos mis herman@s y mis prim@s para que crean que con esfuerzo, dedicación y disciplina se puede lograr todo lo que se propongan uno en esta vida.*

*Mil gracias a la Universidad Industrial de Santander por brindarme la oportunidad de acceder a esta gran institución y ser hoy en día un ingeniero civil.*

*Y por último gracias a todas aquellas personas que no nombro, pero gracias por apoyarme y siempre creer en mí, de manera incondicional.*

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b>14</b>
<b>1. OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b><u>2. DISEÑO DE MEZCLA .....</u></b>	<b>18</b>
2.1 CANTIDAD DE MEZCLA A REALIZAR: .....	21
<b><u>3. METODOLOGIA PARA CALCULAR AGREGADO PEAD A EVALUAR.....</u></b>	<b>22</b>
<b><u>4. ENSAYOS.....</u></b>	<b>26</b>
4.1 ENSAYO ABSORCIÓN DE AGUA. ....	26
4.2 ENSAYO RESISTENCIA AL CHOQUE.....	26
4.3 ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. ....	26
4.4 ENSAYO RESISTENCIA AL DESGASTE. ....	26
4.5 ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	27
<b><u>5. RESULTADOS.....</u></b>	<b>28</b>
5.1 ENSAYO ABSORCIÓN DE AGUA. ....	29
5.2 ENSAYO RESISTENCIA AL CHOQUE.....	31
5.3 ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. ....	33
5.5 ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	36
<b><u>6. FACTIBILIDAD DE AGREGAR MATERIAL PEAD EN UNA BALDOSA DE ARENA- CEMENTO .....</u></b>	<b>38</b>
6.1 IMPACTO AMBIENTAL. ....	38
6.2 IMPACTO SOCIAL. ....	38
6.3 IMPACTO ECONÓMICO.....	38

<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Características de la arena .....	18
<b>Tabla 2.</b> Material de agregado fino Retenido en los Tamices.....	18
<b>Tabla 3.</b> Características del Cemento.....	18
<b>Tabla 4.</b> Volúmenes de Baldosas a Realizar .....	21
<b>Tabla 5.</b> Cantidad de PEAD retenido en cada tamiz .....	22
<b>Tabla 6.</b> Cantidad de material con 35% de PEAD.....	23
<b>Tabla 7.</b> Cantidad de material para cada modelo.....	24
<b>Tabla 8.</b> Cantidades de Material PEAD para los modelos de 25%, 15% y 5%.....	24
<b>Tabla 9.</b> Cantidades de agregado fino para los modelos de 25%, 15% y 5%. .....	24
<b>Tabla 10.</b> Resultados de Ensayos a compresión de Baldosas con 35% de PEAD.....	28
<b>Tabla 11.</b> Resultados de Ensayos a flexión de Baldosas con 35% de PEAD.....	28
<b>Tabla 12.</b> Resultados de Ensayos a compresión de Baldosas con agregado 100% natural .....	28
<b>Tabla 13.</b> Resultados de Ensayos a flexión de Baldosas con agregado 100% natural .....	29
<b>Tabla 14.</b> Análisis económico para una baldosa de 20x20 cm con un 5% de PEAD.....	39
<b>Tabla 15.</b> Análisis económico para una baldosa de 25x25 cm con un 5% de PEAD.....	39
<b>Tabla 16.</b> Análisis económico para una baldosa de 30x30 cm con un 5% de PEAD.....	39

## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
<b>Imagen 1.</b> Cantidades de material PEAD obtenidas para la mezcla del 5%.....	22
<b>Imagen 2.</b> Especímenes extraídos para ensayo de absorción.....	29
<b>Imagen 3.</b> Espécimen después de sumergidos en agua. ....	30
<b>Imagen 4.</b> Ensayo de Resistencia al choque de Baldosas con 25% de PEAD .....	31
<b>Imagen 5.</b> Ensayo de Resistencia a la flexión en una Baldosa de 100% agregado natural .....	33
<b>Imagen 6.</b> Ensayo de Resistencia al Desgaste de una Baldosa.....	35
<b>Imagen 7.</b> Huella resultado ensayo de resistencia al desgaste .....	36
<b>Imagen 8.</b> Ensayo a compresión de un cubo en la máquina universal de ensayos.....	37

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
<b>Grafica # 1.</b> Determinación contenido de Cemento .....	19
<b>Grafica # 2.</b> Relación A/C .....	20
<b>Grafica # 3.</b> Resultados de los ensayos a Absorción de cada uno de los modelos .....	30
<b>Grafica # 4.</b> Resultado de resistencia al choque de Baldosas de 200x200x15 mm de cada uno de los modelos .....	32
<b>Grafica # 5.</b> Resultado de resistencia al choque de Baldosas de 250x250x15 mm de cada uno de los modelos .....	32
<b>Grafica # 6.</b> Resultado de resistencia al choque de Baldosas de 300x300x15 mm de cada uno de los modelos .....	32
<b>Grafica # 7.</b> Resultado de resistencia a la flexión de cada uno de los modelo.....	34
<b>Grafica # 8.</b> Resultado de resistencia al desgaste de cada uno de los modelo .....	35
<b>Grafica # 9.</b> Resultado de resistencia a la Compresión de cada Modelo.....	36

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Resultados ensayos de Absorción de Agua .....	46
ANEXO B. Resultados ensayos de Resistencia al Impacto .....	47
ANEXO C. Resultados ensayos a Flexión .....	50
ANEXO D. Resultados ensayos de Resistencia al Desgaste .....	51
ANEXO E. Resultados ensayos de Resistencia a la Compresión .....	52
ANEXO F. Diseño de Mezcla .....	54
ANEXO G. Análisis de precios para fabricación de baldosas de 20x20 cm .....	56
ANEXO H. Análisis de precios para fabricación de baldosas de 25x25 cm .....	57
ANEXO I. Análisis de precios para fabricación de baldosas de 30x30 cm .....	58
ANEXO J. Granulometría Agregado Fino .....	59
ANEXO K. Grafico Granulometría del Agregado Fino .....	60

## RESUMEN

**TITULO:** UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLADO PLÁSTICO EN LA ELABORACIÓN DE UNA BALDOSA.\*

**AUTOR:** JORGE ANTONIO SERRANO NAVARRO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Baldosas de Cemento, Polietileno de Alta Densidad, PEAD, Granulometría en Baldosas

### DESCRIPCION:

Actualmente se vive una problemática con los residuos plásticos en el planeta, impactando negativamente el ambiente y así perjudicando a la población.

En este proyecto se plantea una reutilización de estos plásticos, incorporándolos en una baldosa elaborada con arena, cemento y plástico. Este trabajo de investigación considera modificar el peso del agregado fino de la baldosa con respecto a su peso en los tamices No. 4, 8 y 16, para luego proceder a realizar los ensayos de flexión, resistencia a la compresión, resistencia al impacto, desgaste y absorción de agua descritos en la NTC-1085 y así poder determinar las dimensiones máximas y cantidad de plástico necesario para que una baldosa pueda entrar en funcionamiento.

El agregado que se utilizó como reemplazo del agregado fino fue el material reciclado plástico Polietileno de Alta Densidad PEAD, contribuyendo a la reducción del impacto negativo que causa este material al medio ambiente. Se concluyó que las baldosas modificadas en su granulometría con un 5% de PEAD en los tamices No. 4, 8 y 16, con respecto al peso retenido son las que cumplen todos los parámetros que establece la norma, sin descartar las que contenían un 15%, ya que estas mejorando la cara de desgaste puede llegar a cumplir.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Msc Luis Alberto Capacho Silva

## ABSTRACT

**TITLE:** UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLADO PLÁSTICO EN LA ELABORACIÓN DE UNA BALDOSA\*

**AUTHOR:** JORGE ANTONIO SERRANO NAVARRO\*\*

**KEYWORDS:** Cement tiles, high density polyethylene, HDPE, Grit in tiles.

### DESCRIPTION:

Currently a problem exists with the plastic waste in the world, negatively impacting the environment and thereby harm the population.

In this project reuse of these plastics it is proposed incorporating them into a tile made with sand, cement and plastics. This research considers changing the fine aggregate weight of the tile with respect to its weight in sieve No. 4, 8 and 16, and then proceed to carry out the tests bending, compressive strength, impact resistance, wear and water absorption as described in NTC-1085 and thus determine the maximum size and amount of plastic required for a tile to become operational.

The aggregate was used as fine aggregate replacement was recycled plastic HDPE High Density Polyethylene, contributing to reducing the negative impact caused is material to the environment. It was concluded that modified its grain tiles 5% of HDPE on the screens No. 4, 8 and 16, relative to the weight retained are those that meet all the parameters that set the standard, not excluding those containing 15 %, as these improve the wear face can become compliant.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Msc Luis Alberto Capacho Silva

## INTRODUCCIÓN

Desde inicios de la humanidad, el hombre empleó diferentes materiales con el fin de modificar el entorno en el que se desarrolla de acuerdo a sus necesidades. Para ello, ha utilizado recursos naturales y tecnología con el pasar del tiempo, permitiendo elaborar productos derivados necesarios para la construcción.

No obstante, según informe del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en Colombia al igual que en muchos países del mundo, se ha tomado conciencia del impacto ambiental que generan los desechos a diario la población. [2]

*Por este motivo, se plantea la utilización de uno de los “agentes contaminantes más abundantes en el país, como lo es el material reciclado plástico; este desecho aumenta en relación al consumo de la población. El ciclo de vida de estos desecho, no termina cuando llega a manos de los usuarios, el consumo es sólo la mitad del camino; por el bien del planeta, de nuestra salud y de la economía mundial, debemos aprender a reducir y sacar provecho de los residuos que se generan” [1]*

El plástico propuesto en esta investigación para su reutilización es el polietileno de alta densidad (PEAD), un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno [3].

Se caracteriza por tener una excelente resistencia térmica y química, muy buena resistencia al impacto, se puede procesar por los métodos de conformado (extrusión<sup>1</sup>, inyección y soplado<sup>2</sup>), es flexible y no es atacado por ácidos.

El polietileno de alta densidad es el polímero sintético de mayor producción en el mundo, sus aplicaciones son: utensilios domésticos, juguetes, botellas, láminas, elementos de seguridad, envases de alimentos, detergentes y productos de limpieza [4].

---

<sup>1</sup> *Este sistema funciona de la siguiente manera: los gránulos de plástico entra en el sistema de alimentación, estos pasan al tornillo sin fin, mientras estos gránulos se van derritiendo a causa de las camisas calefactoras, estos gránulos se van desplazando, por el movimiento giratorio del tornillo, hacia el cabezal, donde el material pasa a un molde que le dan forma. Más tarde se refrigeran y obtiene su forma definitiva, resistente y rígida. [6]*

<sup>2</sup> *Este método se utiliza para la creación de envases u objetos huecos, como las botellas. Se basa en utilizar una preforma de plástico, que ha sido obtenido anteriormente por el método de extrusión, que se introduce en un molde metálico y que se adaptara a dicho molde por la introducción de aire caliente. Más tarde se enfría y se retira del molde para su uso. [6]*

*“Su vida útil es bastante larga, el proceso de degradación dura 500 años, es por esto que el desecho de envases plástico, se ha convertido en uno de los factores que generan más contaminación en el mundo, debido a que cada año se fabrican 200 millones de toneladas de plástico PEAD y menos del 4% se recicla” [5].*

*“Algunos plásticos elaborados a base de productos vegetales ya se usan en Colombia como los vasos biodegradables a partir de almidón de maíz del Grupo Phoenix, los cuales se recolectan y llevan a una planta de compostaje para producir abono orgánico y completar así su vida útil. No obstante, estos materiales convivirán con los plásticos convencionales porque sus materiales tienen características que los hacen más apropiados para determinadas aplicaciones. En Colombia se procesan alrededor de 910.000 toneladas anuales de las principales resinas plásticas. De los productos nacionales, alrededor de un tercio se destina a la exportación y las dos terceras partes se quedan para atender el mercado interno. Sin embargo, en Colombia el consumo anual de productos plásticos es cercano a 20 kg por habitante, cuando en el primer mundo es de cerca de 100 kg. En el primer semestre de 2011, la industria creció alrededor de 6%” [7].*

Existen distintos tipos de plástico que se clasifican por categorías numeradas del 1 al 7. La mayoría de envases y empaques tienen un símbolo con un número indicando el tipo de plástico. Los de código 1, por ejemplo, sirven para elaborar botellas de bebidas refrescantes como agua o gaseosa; los del código 2 para tarros de pintura, juguetes, bañeras o conos de señalización; los del 3 para empaques de alimentos y medicamentos, tuberías, computadores, vallas o tarjetas bancarias; los del 4 para bolsas transparentes, para el mercado y la leche; los del código 5 para muebles plásticos, empaques flexibles como los de los dulces o para fibra textil; los del 6 para vasos, platos y cubiertos desechables o cajas de CD o DVD y los del código 7 sirven para botellones de agua, CD o películas [1].

Aunque el plástico en general es usado en grandes cantidades en todo el mundo es importante que el ciclo de vida de estos productos no termine cuando se utilizan.

Es importante reciclar porque:

- Se ahorra energía.
- Disminuye el volumen de los residuos sólidos y alargamos la vida útil de los rellenos sanitarios.
- Se reduce la contaminación.

- Se ahorran materias primas para la fabricación de nuevos productos (reemplazadas con materiales reciclados).
- Se abren oportunidades de negocios que pueden generar ingresos a comunidades de escasos recursos.

Es por esto que en este proyecto se propone una forma en que se puede reutilizar el material reciclado plástico PEAD (Polietileno de Alta Densidad) que se genera a diario en todos los sectores económicos de la sociedad y así disminuir el impacto ambiental que generan estos residuos. Para esto, se introducirá este material en una baldosa compuesta originalmente de arena-cemento.

Se modificó la cantidad de material que deben cumplir los agregados finos en los tamices No. 4, No. 8, y No. 16 [8], en relación a su peso. Reemplazando un porcentaje de estos con el material reciclado plástico PEAD.

El tipo de baldosa propuesta en este trabajo de investigación es una tableta no biselada Tipo 1<sup>3</sup>. Se lleva al laboratorio para practicar los ensayos correspondientes a la norma que rige a estas baldosas de cemento [9], con los equipos adecuados para luego concluir si cumple con la norma.

---

<sup>3</sup> La baldosa tipo 1 es aquella cuya cara de desgaste tiene forma cuadrada, según NTC-4993.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Utilización de Material Reciclado Plástico en la elaboración de una Baldosa.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Investigar y evaluar los componentes internos del material reciclado plástico PEAD (Polietileno de alta densidad) soplado, para establecer la factibilidad de agregar este material en una baldosa hecha con una mezcla de arena-cemento.
- ✓ Determinar la proporción de material reciclado plástico PEAD (Polietileno de alta densidad) soplado, necesario en la elaboración de la baldosa para asegurar que esta cumpla con las especificaciones técnicas establecidas.
- ✓ Determinar las dimensiones máximas que puede llegar a tener una baldosa en donde se ha utilizado el material reciclado plástico PEAD (Polietileno de alta densidad) soplado, para su elaboración y verificar que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas.

## 2. DISEÑO DE MEZCLA

Los materiales utilizados en la investigación se detallan a continuación y algunas de sus características.

**Tabla 1. Características de la arena**

Origen del Agregado	Cantera de Cemex
Peso Unitario del agregado compactado	1697 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario del agregado suelto	1624 kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	2600 kg/m <sup>3</sup>
% de vacíos	34,73%
Módulo de Finura	2,70

**Tabla 2. Material de agregado fino Retenido en los Tamices**

Tamiz	% Retenido
3/8"	0,0%
No. 4	1,26%
No. 8	8,59%
No. 16	17,80%
No. 30	26,28%
No. 50	28,27%
No. 100	12,57%
Fondo	5,24%

**Tabla 3. Características del Cemento**

Tipo	Portland Tipo 1
Marca	Cemex
Densidad	2843 kg/m <sup>3</sup>
%SO <sub>3</sub>	Entre 1,50% - 3,00%
%MgO	Entre 1,00% - 3,00%

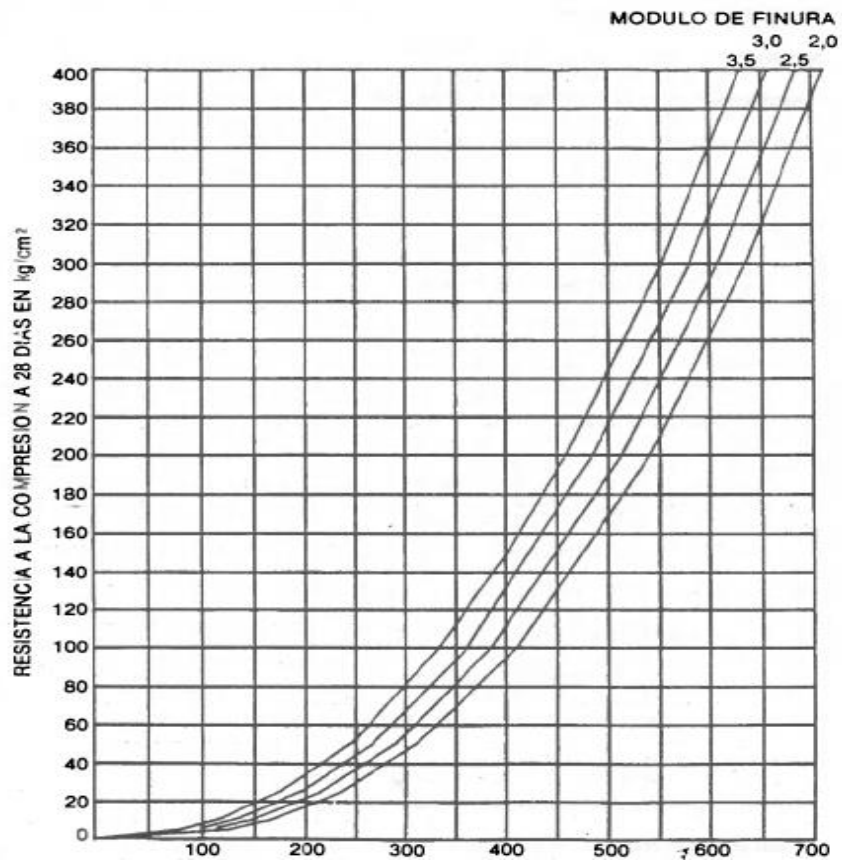
**FUENTE:** Cemento Uso General Cemex, Disponible en:

<http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/files/Usogeneral.pdf>

De acuerdo al método de diseño de mezcla planteado por el ingeniero Rodrigo Salamanca en el laboratorio de ensayos e investigaciones de la Universidad Nacional de Bogotá [12]. Se obtuvo el siguiente diseño de mezcla para las baldosas con una resistencia a la compresión de 3000 psi a los 28 días.

Para realizar el diseño de mezcla se empieza relacionando el módulo de finura en la Grafica # 1 dada en el informe del ingeniero Salamanca [12], en donde se obtiene que para un metro cubico de mezcla es necesario 503 kg de cemento con las características dadas en la Tabla 3.

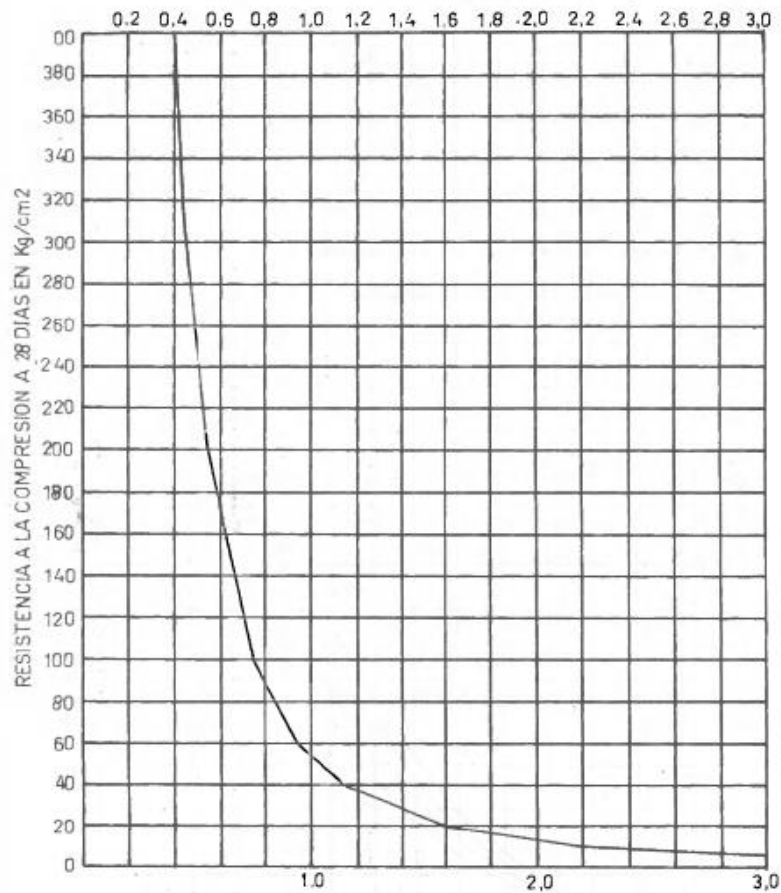
**Grafica # 1.** Determinación contenido de Cemento



**FUENTE:** Gutiérrez de López, Libia (2003) *El concreto y otros materiales para la construcción*

La relación agua-cemento utilizada en este diseño de mezcla es de 0,52 basada en la Grafica # 2 [12].

**Grafica # 2. Relación A/C**



**FUENTE:** Gutiérrez de López, Libia (2003) El concreto y otros materiales para la construcción

La cantidad de agua necesaria para 1 m<sup>3</sup> de mezcla es de 261,56 Litros y la cantidad de arena es de 1432,6 kg.

En el anexo F se muestran los cálculos realizados para obtener la cantidad de arena, agua y las proporciones de la mezcla realizada, que a continuación se muestran:

**1      Cemento**  
**2,85    Arena**  
**0,52    Agua**

## 2.1 CANTIDAD DE MEZCLA A REALIZAR:

Después de conocer las cantidades en proporción con respecto al peso de cada uno de los materiales a utilizar en la mezcla, se procede a calcular cuánto se va a mezclar para obtener la cantidad de baldosas necesarias y así poder realizar todos los ensayos. Ver Tabla 4.

**Tabla 4.** Volúmenes de Baldosas a Realizar

<b>Cantidad</b>	<b>Long. de Lado</b>	<b>Espesor</b>	<b>Volumen [cm<sup>3</sup>]</b>
12	20 cm	1,50 cm	7200,00
11	25 cm	1,50 cm	10312,50
10	30 cm	1,50 cm	13500,00
Volumen Total			31012,50

El tipo de baldosa que se elaborara en esta investigación es una tableta estándar no biselada, prismática sin separadores Tipo 1, según la geometría general y de acuerdo a la masa del concreto es una tableta monocapa gris con acabado primario estándar plano.

### 3. METODOLOGIA PARA CALCULAR AGREGADO PEAD A EVALUAR

Para calcular la cantidad de PEAD a utilizar, primero se procede a tamizar una cantidad de 8 kg de material reciclado plástico PEAD<sup>4</sup> obtenido de la máquina trituradora la cual saca trozos más grandes y de acuerdo al tamizado se obtuvieron las cantidades mostradas en la Tabla 5:

**Tabla 5.** Cantidad de PEAD retenido en cada tamiz

Tamiz	Peso Retenido (g)
3/8"	0,00
No. 4	1911,25
No. 8	4532,00
No. 16	952,60
No. 30	292,38
No. 50	58,63
No. 100	135,05
Fondo	37,62

En la Imagen 1, se evidencia las cantidades obtenidas en cada uno de los tamices, lo cual se dedujo que lo más viable era modificar solamente las cantidades de los tamices No. 4, No. 8 y No. 16, debido a que los otros tamices (30, 50, 100 y fondo) dejan pasar material muy fino y no se consigue obtener grandes cantidades.

**Imagen 1.** Cantidades de material PEAD obtenidas para la mezcla del 5%



<sup>4</sup> El material reciclado PEAD se obtuvo de las máquinas de la empresa Comercializadora MAPRES, ubicada en la CII 31 # 7-86 B/manga

La cantidad de material reciclado plástico PEAD tamizado en esta investigación fue de 60 kg aproximadamente, para llevar a cabalidad la elaboración de las mezclas con cada uno de los porcentajes de PEAD que se proponen. A criterio del autor se plantea buscar la cantidad de agregado a prueba y error, de la siguiente manera:

Después de saber que tamices se modificaran, se propone realizar una mezcla sin modificar las cantidades retenidas en los tamices, con los pesos de arena, agua y cemento, halladas en el capítulo 2, estas primeras baldosas van a ser el modelo a seguir, verificando de igual forma que cumplan con la norma [9]. Luego se realiza un segundo modelo, el cual consiste en modificar los pesos retenidos en los tamices No. 4, 8 y 16, con un 35% de material PEAD, para realizarle el ensayo a compresión y flexión y así saber si hay que agregar o quitar material PEAD. Esta segunda preparación de mezcla se realizó con 5984 gramos de agregado fino, 641 gramos de material plástico, 2,32 kg de cemento y 1208 cm<sup>3</sup> de agua, en la Tabla 6 se detalla el agregado fino y la cantidad de PEAD que se le incorporo a la mezcla:

**Tabla 6. Cantidad de material con 35% de PEAD**

<b>Tamiz</b>	<b>% Retenido</b>	<b>Cantidad A.F. (g)</b>	<b>Cantidad PEAD (g)</b>
3/8"	0,0	0	0
No. 4	1,28%	54,13	29,15
No. 8	8,59%	369,72	199,08
No. 16	17,80%	766,53	412,75
No. 30	26,28%	1741,19	
No. 50	28,27%	1872,96	
No. 100	12,57%	832,40	
Fondo	5,24%	346,87	

Para la realización de los ensayos de este segundo modelo se esperaron 28 días los cuales empezaron a partir del 4-Nov-2014. Los resultados que se realizaron a estas primera baldosas se muestran detalladamente en el Capítulo 5, los cuales arrojaron que para el ensayo a compresión soporto 1495 psi (promediando) y para flexión 79,4 kg, en donde se evidencia que está muy por debajo de lo que exige la norma [9], en este orden de ideas se concluye que modificando la granulometría en los tamices ya mencionados, con un 35% de material PEAD no es favorable para el fin que se busca, es por eso que se hace necesario quitarle material PEAD a la mezcla.

Para las otras mezclas que se realizaron, se hicieron con los siguientes porcentajes de agregado fino y material PEAD. Ver Tabla 7:

**Tabla 7. Cantidad de material para cada modelo**

<b>Modelo</b>	<b>Cantidad Agregado Natural</b>	<b>Cantidad de PEAD</b>
No 3	95%	5%
No 4	85%	15%
No 5	75%	25%

En la Tabla 8 y 9, se muestran las cantidades de material PEAD y agregado fino a utilizarse en la mezcla de cada uno de los modelos.

**Tabla 8. Cantidades de Material PEAD para los modelos de 25%, 15% y 5%.**

<b>Tamiz</b>	<b>Cantidad de PEAD (gr)</b>			<b>Total Material PEAD (g)</b>
	<b>25%</b>	<b>15%</b>	<b>5%</b>	
3/8"	0	0	0	
No. 4	153,72	92,23	30,74	276,70
No. 8	1050,00	630,00	210,00	1890,00
No. 16	2176,93	1306,16	435,39	3918,47
No. 30				
No. 50				
No. 100				

**Tabla 9. Cantidades de agregado fino para los modelos de 25%, 15% y 5%.**

<b>Tamiz</b>	<b>Cantidad de Agregado Fino (gr)</b>			<b>TOTAL A. Fino (g)</b>
	<b>75%</b>	<b>85%</b>	<b>95%</b>	
3/8"	0	0	0	0
No. 4	461,16	522,65	584,14	1.567,95
No. 8	3.150,01	3.570,01	3.990,01	10.710,03
No. 16	6.530,78	7.401,55	8.272,32	22.204,65
No. 30	12.856,85	12.856,85	12.856,85	38.570,55
No. 50	13.829,80	13.829,80	13.829,80	41.489,40
No. 100	6.146,42	6.146,42	6.146,42	18.439,26
Fondo	2.561,29	2.561,29	2.561,29	7.684,00

Las cantidades de cemento y agua se detallan en el capítulo 3 Diseño de Mezcla. Cabe resaltar que la batida de la mezcla se hizo manualmente con pala, revolviendo primero la arena, luego se le agregaba el cemento junto con el

material PEAD, de tal manera que todos los materiales quedaran homogenizados y se extendía para así agregar el agua, y por ultimo depositar la mezcla en cada uno de los moldes, los cuales fueron pintados con desmoldante.

## **4. ENSAYOS**

Los ensayos realizados en esta investigación son los de absorción de agua, resistencia al choque, resistencia a la flexión, resistencia al desgaste y resistencia a la compresión los cuales están basados de acuerdo a la NTC-1085 [9] la cual rige las baldosas de cemento.

### **4.1 ENSAYO ABSORCIÓN DE AGUA.**

Consiste en tomar de un mismo lote, 5 muestras de baldosa de 10 cm x 5 cm, llevarlas al horno por 24 horas a 105 °C y tomar el peso ( $P_1$ ). Luego se dejan reposar a temperatura ambiente durante 4 horas, posterior a esto se sumergen en agua con temperatura aproximada de 20°C dejándolas en ese estado por 12 horas para luego tomar nuevamente su peso ( $P_2$ ), después de este procedimiento la cantidad de agua absorbida por las baldosas, deberá corresponder a un coeficiente máximo de absorción de 7%, realizando los cálculos de acuerdo a la siguiente formula:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 \quad (1)$$

### **4.2 ENSAYO RESISTENCIA AL CHOQUE.**

Para este ensayo se deben emplear baldosas enteras de un mismo lote, ponerla horizontalmente sobre arena seca de tal manera que el martinete a utilizar siempre caiga en el centro de esta, empezando con una altura de caída de 12 cm e ir aumentando 1 cm por cada caída del martinete. Las baldosas deben soportar como mínimo 17 cm [9].

### **4.3 ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.**

Este ensayo consiste en determinar la carga que soporta una baldosa, se realiza con tabletas de 20x20 cm de lado y colocándola en la maquina adecuada de tal manera que las baldosa se apoyen sobre 2 elementos circulares con 2 cm de radio aproximadamente con una separación entre sí de 17 cm. Se aplica una carga creciente en el centro de la baldosa por la parte superior hasta que se produzca la rotura. Los valores a soportar como mínimo sin rotura de las tabletas son de 1100 newton [9].

### **4.4 ENSAYO RESISTENCIA AL DESGASTE.**

Para la realización de este ensayo se toma como complemento la NTC-5147, la cual consiste en tomar baldosas enteras de un mismo lote y someterlas a un

desgaste por medio de un disco de 20 cm de diámetro y 2 cm de espesor el cual debe girar a 75 rpm y utilizar como material abrasivo arena de cuarzo la cual debe cumplir la granulometría de esta norma [13]. Con anterioridad a este procedimiento se tiene que dejar la tableta sumergida en agua por 48 horas. La huella que debe realizarse en la tableta luego de 1 min de funcionamiento el disco, no debe ser mayor a 3,2 cm [9].

Para esta investigación la baldosa de ensayo tiene un área de 625 cm<sup>2</sup> por lo tanto se realizaron 4 huellas (2 paralelas a una de sus arista y las otras dos perpendiculares a esta arista), de acuerdo a la norma [9].

#### **4.5 ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

Este ensayo se debe realizar con tabletas cubicas cuyas medidas son 2 veces el espesor de una baldosa obteniendo así un área (A), esto se da pegando una baldosa a la otra con una pasta de cemento de espesor menor o igual a 3mm, las cuales deben ser pegadas 7 días antes de realizarse el ensayo, posterior a esto, se le aplica una carga (W) en forma progresiva, constante y sin golpes hasta lograr la carga máxima la cual es registrada en la máquina.

La resistencia a la compresión (c) del grupo de muestras que se extraigan para el ensayo de un mismo lote, debe de ser mayor o igual a 150 Kg/cm<sup>2</sup>, el cual lo arroja utilizando la siguiente formula [9].

$$c = \frac{W}{A} \quad (2)$$

## 5. RESULTADOS

Los primeros ensayos que se realizaron corresponden a las muestras que contenía un 35% de material PEAD en los tamices No. 4, 8 y 16, el otro 65% corresponde a agregado fino natural. Simultáneo a esto, también se hicieron ensayos a baldosas con agregado fino 100% natural en todos sus tamices.

En la Tabla 10 y Tabla 11, se muestran los resultados de los ensayos a compresión y flexión respectivamente realizados a las baldosas que contenían un 35% de PEAD. Y en la Tabla 12 y 13 los resultados detallados de los ensayos a las baldosas con agregado 100% natural.

**Tabla 10. Resultados de Ensayos a compresión de Baldosas con 35% de PEAD**

<b>Espécimen</b>	<b>Fecha de Elaboración</b>	<b>Fecha de Ensayo</b>	<b>Resistencia a la Compresión (psi)</b>
C-135	04-nov-14	02-dic-14	1.667
C-235	04-nov-14	02-dic-14	1.521
C-335	04-nov-14	02-dic-14	1.589
C-435	04-nov-14	02-dic-14	1.326
C-535	04-nov-14	02-dic-14	1.372

**Tabla 11. Resultados de Ensayos a flexión de Baldosas con 35% de PEAD**

<b>Espécimen</b>	<b>Fecha de Elaboración</b>	<b>Fecha de Ensayo</b>	<b>Fuerza Resistida [kg]</b>
F-135	04-nov-14	02-dic-14	81
F-235	04-nov-14	02-dic-14	79
F-335	04-nov-14	02-dic-14	80
F-435	04-nov-14	02-dic-14	77
F-535	04-nov-14	02-dic-14	80

**Tabla 12. Resultados de Ensayos a compresión de Baldosas con agregado 100% natural**

<b>Espécimen</b>	<b>Fecha de Elaboración</b>	<b>Fecha de Ensayo</b>	<b>Resistencia a la Compresión (psi)</b>
C-100	30-oct-14	27-nov-14	3.560
C-200	30-oct-14	27-nov-14	3.122
C-300	30-oct-14	27-nov-14	3.276
C-400	30-oct-14	27-nov-14	3.028
C-500	30-oct-14	27-nov-14	4.001

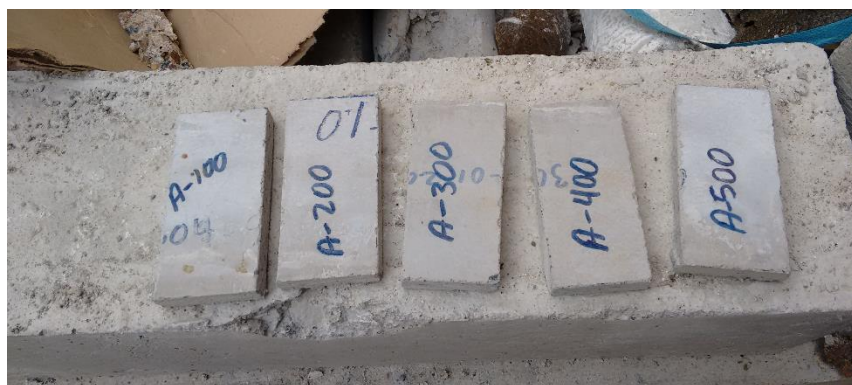
**Tabla 13.** Resultados de Ensayos a flexión de Baldosas con agregado 100% natural

<b>Espécimen</b>	<b>Fecha de Elaboración</b>	<b>Fecha de Ensayo</b>	<b>Fuerza Resistida [kg]</b>
F-100	30-oct-14	27-nov-14	129
F-200	30-oct-14	27-nov-14	118
F-300	30-oct-14	27-nov-14	95
F-400	30-oct-14	27-nov-14	138
F-500	30-oct-14	27-nov-14	119

### 5.1 ENSAYO ABSORCIÓN DE AGUA.

Este ensayo predice cuánta agua va a absorber la baldosa cuando esté en funcionamiento y a la intemperie. Este ensayo se realizó con 5 muestras de cada uno de los modelos, cuyas medidas eran de 50 mm x 100 mm (Ver Imagen 2 y 3), los cuales fueron extraídos de una baldosa completa de 25x25 cm.

**Imagen 2.** Especímenes extraídos para ensayo de absorción

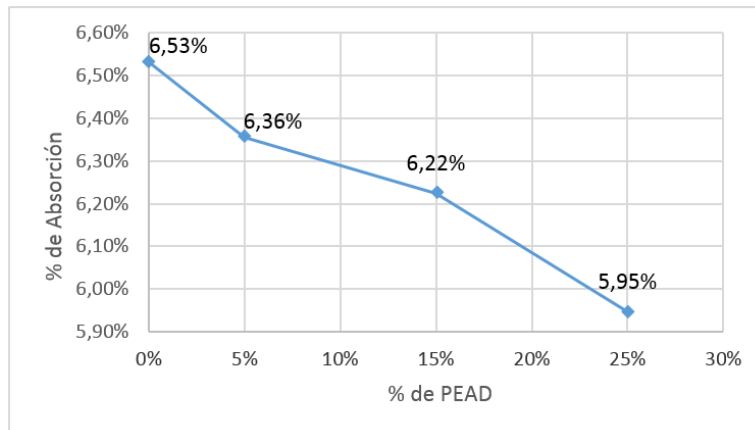


**Imagen 3.** Espécimen después de sumergidos en agua.



En la Grafica # 3 se muestran los resultados de los ensayo hechos a las muestras, en donde se evidencia que todos los modelos están por debajo del 7% que exige la norma, por lo cual todas las baldosas cumplen con este ensayo. Se evidencia que entre más material plástico PEAD que se le agregue a la mezcla menos absorción al agua va a tener. En el anexo A, se muestran los datos recogidos en laboratorio.

**Grafica # 3.** Resultados de los ensayos a Absorción de cada uno de los modelos



## 5.2 ENSAYO RESISTENCIA AL CHOQUE.

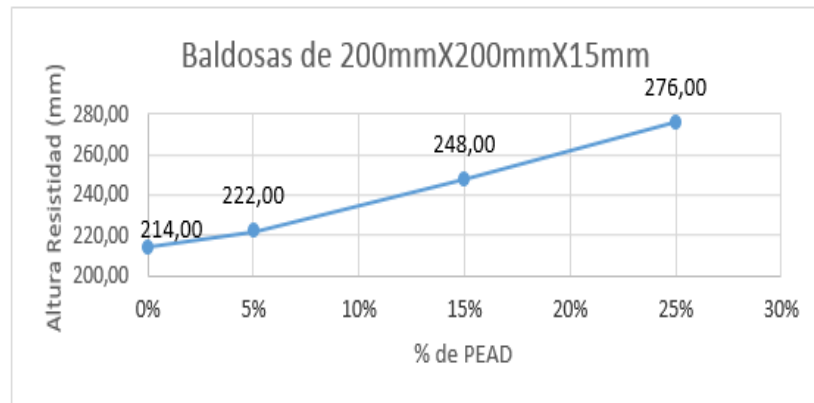
Este ensayo se realizó a cada una de las baldosas de los modelos propuestos, las medidas fueron 200x200 mm, 250x250 mm y 300x300 mm, con espesores de 15 mm. Se hicieron manualmente y con los instrumentos necesarios para cumplir a cabalidad con el procedimiento que estipula la norma (Ver Imagen 4).

*Imagen 4. Ensayo de Resistencia al choque de Baldosas con 25% de PEAD*

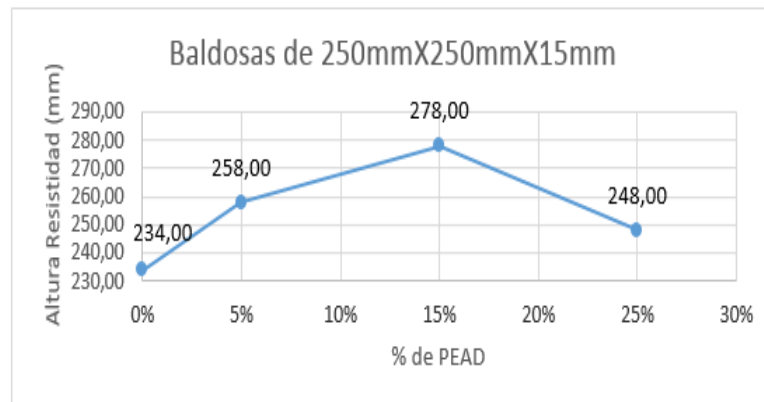


En las Gráficas # 4, 5 y 6, se muestran los resultados de cada una de las baldosas con dimensiones de 20x20 cm, 25x25 cm y 30x30 cm y espesor 1,5 cm, respectivamente. Logrando evidenciar que todas las baldosas y cada uno de los modelos cumplen con los valores mínimos que exige la norma [9]. Los valores con los que se obtuvieron las gráficas # 4, 5 y 6, se relacionan en el anexo B.

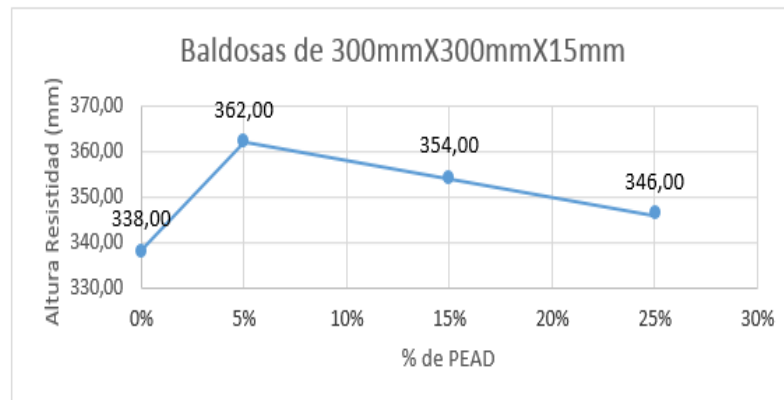
**Grafica # 4.** Resultado de resistencia al choque de Baldosas de 200x200x15 mm de cada uno de los modelos



**Grafica # 5.** Resultado de resistencia al choque de Baldosas de 250x250x15 mm de cada uno de los modelos



**Grafica # 6.** Resultado de resistencia al choque de Baldosas de 300x300x15 mm de cada uno de los modelos



### 5.3 ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

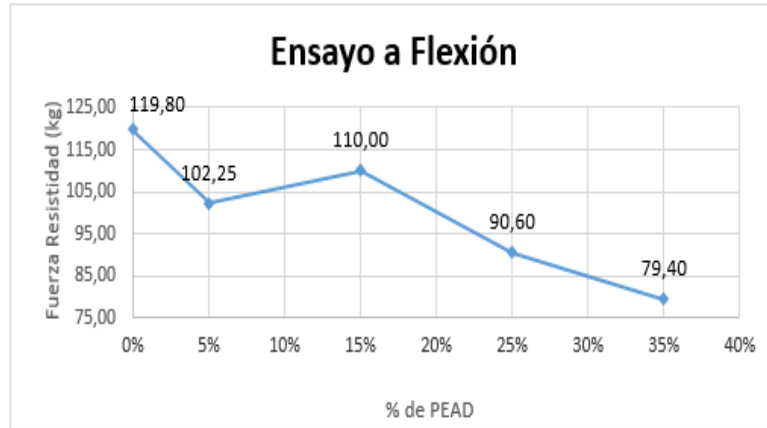
Este ensayo se realizó con tabletas de cada uno de los modelos planteados y sus medidas fueron de 200x200x15 mm, utilizando la máquina de ensayo de CBR acondicionada para cumplir el procedimiento de la norma [9]. Ver Imagen 5.

*Imagen 5. Ensayo de Resistencia a la flexión en una Baldosa de 100% agregado natural*



En la Grafica # 7, se muestran los valores resistidos de cada uno de los modelos, dando como resultado que las baldosas con un 5% y 15%, cumplen a cabalidad los mínimos valores que exige la norma, quedando así por fuera las que contienen 25% y 35% de PEAD. En el anexo C se muestran los valores arrojados en cada uno de los ensayos.

**Grafica # 7.** Resultado de resistencia a la flexión de cada uno de los modelo



#### **5.4 ENSAYO RESISTENCIA AL DESGASTE.**

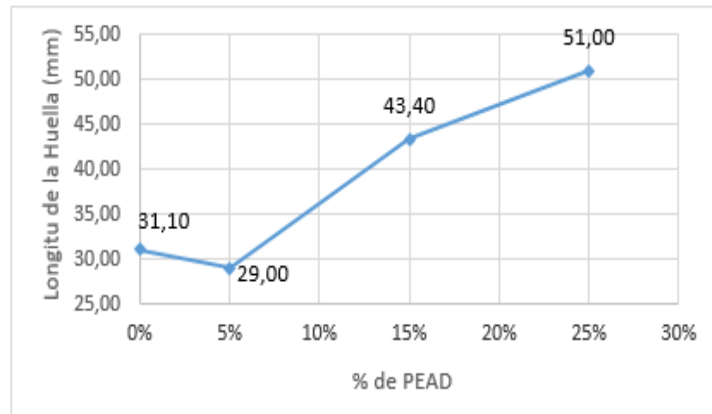
Este ensayo se realizó con baldosas de 250x250 mm y una maquina elaborada artesanalmente, teniendo en cuenta el procedimiento para cumplir el objetivo que estipula la norma. Se hizo una máquina de tal forma que se pueda darle vueltas a un disco que se encuentra sujeto a la máquina y así poder acomodar la baldosa y ponerla en contacto con este (Ver Imagen 6). Las vueltas se dan manualmente y se calcula más o menos que diera 75 rpm. En el momento en que el disco va girando se deja caer arena de cuarzo por medio de un embudo y con una granulometría estipulada por la norma [13], la cual sirve como material abrasivo y ayuda a realizar la huella que se debe realizar en la baldosa.

**Imagen 6.** Ensayo de Resistencia al Desgaste de una Baldosa

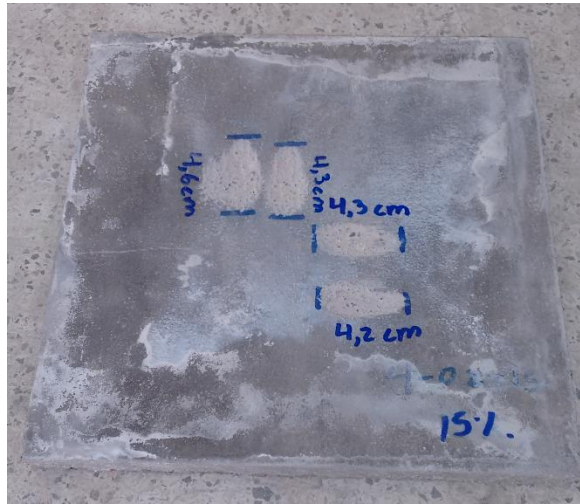


En los resultados de este ensayo se concluye que tanto la baldosa con un 0% y 5%, son las que cumplen en la longitud de la huella, ya que sus longitudes no superaron los 32 mm que es la máxima que deja la norma (Ver Grafica # 8), mostrando también que las baldosas de los modelos con 15% y 25% no cumplen (Ver Imagen 7). En el anexo D se evidencia las longitudes de las huellas hechas a cada una de a las baldosas.

**Grafica # 8.** Resultado de resistencia al desgaste de cada uno de los modelo



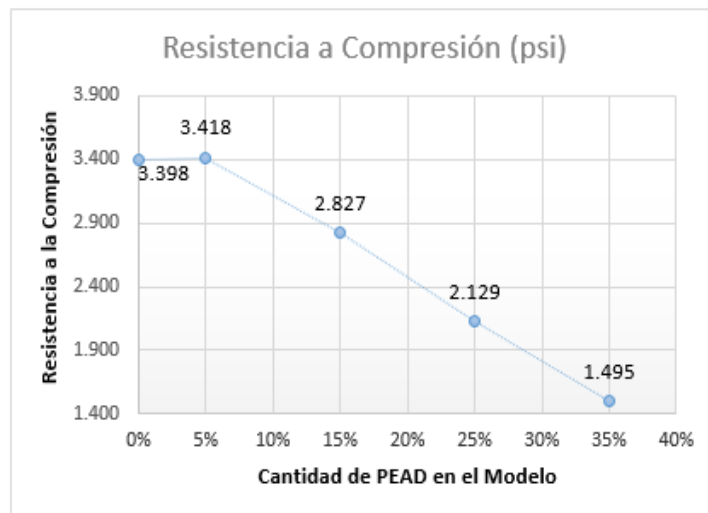
**Imagen 7.** Huella resultado ensayo de resistencia al desgaste



### 5.5 ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Los ensayos fueron realizados en la maquina universal de ensayo que se encuentra en el Laboratorio de Materiales de Ing. Civil (Ver Imagen 8). En la Grafica # 9 se muestra que la única baldosa que cumple con la resistencia a la compresión que fue diseñada, es la que contiene un 5% de material PEAD. Los valores de resistencia de cada uno de los cubos se puede evidenciar en el anexo E.

**Grafica # 9.** Resultado de resistencia a la Compresión de cada Modelo



**Imagen 8.** Ensayo a compresión de un cubo en la máquina universal de ensayos



## **6. FACTIBILIDAD DE AGREGAR MATERIAL PEAD EN UNA BALDOSA DE ARENA-CEMENTO**

Se realiza una evaluación del material plástico PEAD, en la fabricación de la baldosa desde el ámbito ambiental, económico y social, para establecer la factibilidad del producto. Teniendo en cuenta su problemática actual debido a la poca reutilización del material.

### **6.1 IMPACTO AMBIENTAL.**

Se realiza este trabajo de investigación beneficiando al medio ambiente con el objetivo de contribuir al equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio que lo rodea, así como también mitigar los abusos directos e indirectos que se puedan generar al medio ambiente.

Se debe ser consciente de que todo proyecto, obra o actividad genera un cambio en las condiciones existentes.

### **6.2 IMPACTO SOCIAL.**

La sociedad juega un papel importante a la hora de evaluar un proyecto, debido que las personas son los consumidores finales de este producto.

Esta baldosa está dirigida principalmente a edificaciones de interés social, ayudando a la estética de los pisos, generando conciencia de la utilización de productos renovables, aumentando su preferencia por inducir al cuidado con el medio ambiente y con el material PEAD agregado se brinda confianza al demostrar que se cumple con la normativa establecida para este tipo de productos.

### **6.3 IMPACTO ECONÓMICO.**

De acuerdo a la norma NTC-1085 [9] no se realizaran ensayos a lotes con una cantidad inferior a 5000 unidades de un mismo formato, por lo tanto se calcula la inversión a realizarse para la elaboración de un lote de 5000 unidades con formatos de 200x200 mm, 250x250 mm y 300x300 mm con espesor de 1,5 cm cada uno.

Los cálculos que se realizaron fueron para los materiales que se utilizarían, la mano de obra y los ensayos para cada lote. No se incluye la comercialización ni la distribución.

En las Tablas 14, 15 y 16, se muestran los resultados del análisis económico, también se representan lo que costaría 1 m<sup>2</sup> de un modelo de baldosa con un 5% de PEAD y la viabilidad que este modelo representa.

**Tabla 14.** Análisis económico para una baldosa de 20x20 cm con un 5% de PEAD

# de Baldosas con esta mezcla de 20x20 cm	5000
MATERIALES	\$ 3.801.659
MANO DE OBRA	\$ 1.800.000
ENSAYOS	\$ 249.000
<b>Valor Total en la Elaboración de Baldosas</b>	<b>\$ 5.850.659</b>
<b>Precio por m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 29.253</b>
Precio de consultado comercialmente m2	\$ 35.000
Reducción (%)	-16%

**Tabla 15.** Análisis económico para una baldosa de 25x25 cm con un 5% de PEAD

# de Baldosas con esta mezcla de 25x25 cm	5000
MATERIALES	\$ 5.943.771
MANO DE OBRA	\$ 2.790.000
ENSAYOS	\$ 249.000
<b>Valor Total en la Elaboración de Baldosas</b>	<b>\$ 8.982.771</b>
<b>Precio por m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 28.745</b>
Precio de consultado comercialmente m2	\$ 35.000
Reducción (%)	-18%

**Tabla 16.** Análisis económico para una baldosa de 30x30 cm con un 5% de PEAD

# de Baldosas con esta mezcla de 30x30 cm	5000
MATERIALES	\$ 8.557.970
MANO DE OBRA	\$ 4.050.000
ENSAYOS	\$ 249.000
<b>Valor Total en la Elaboración de Baldosas</b>	<b>\$ 12.856.970</b>
<b>Precio por m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 28.571</b>
Precio de consultado comercialmente m2	\$ 32.000
Reducción (%)	-11%

En los Anexos G, H e I, se muestran detalladamente los cálculos y análisis que se realizaron para obtener los valores, en donde se muestra que en la fabricación de un lote de 5000 und de baldosas de 20x20 cm, se calcula una

rentabilidad del 16% comparado con el precio que se comercializa actualmente en la ciudad, un 18% con las baldosas de formato de 25x25 cm y una rentabilidad del 11% con las baldosas cuyas medidas son de 30x30 cm.

Cabe destacar que se realizó para un contenido del 5% de PEAD ya que es el valor que cumple con los ensayos realizados en laboratorio, cumpliendo así lo estipulado en la norma.

## 7. CONCLUSIONES

- ✓ Se pudo evidenciar que las baldosas realizadas con los modelos propuestos, cumplen a cabalidad el ensayo a la absorción de agua ya que todos los modelos se encuentran por debajo del 7%, esto se debe a que a mayor material plástico PEAD la baldosa tiende a ser más impermeable, lo que la hace muy resistente al agua.
- ✓ En el ensayo de resistencia al impacto cabe resaltar que el material PEAD tiene una elasticidad y resistencia a impacto muy elevada, es por eso que todas las baldosas y cada uno de los modelos planteados cumplen a cabalidad la norma, por lo tanto no se descarta ningún modelo.
- ✓ En los ensayos de resistencia a la flexión se concluye que las baldosas con una cantidad del 5% y 15% de material PEAD cumplen a cabalidad con este ensayo, quedando por debajo de los valores estipulados los otros dos modelos propuestos.
- ✓ La resistencia al desgaste de los modelos con un 15% y 25% de PEAD, no presentaron datos favorables ya que están por encima en un 35% y un 60% respectivamente, de lo que pide como máximo la norma, cumpliendo solamente el modelo que contenía un 5% de material reciclado PEAD.
- ✓ En el ensayo a compresión se presenta un dato muy importante y es que los ensayos realizados al modelo que contenía un 5% de material reciclado PEAD, muestra un resultado de 3433 psi, por encima en un 2% con respecto a la baldosa con agregado fino 100% natural, en lo contrario los demás modelos presentan resultados desfavorables.
- ✓ Se concluye que el porcentaje óptimo de material reciclado PEAD para modificar la granulometría de baldosas arena-cemento es de un 5%, no descartándose un 15%, ya que los ensayos que no cumplen se les puede hacer modificaciones y así llevarla a cumplir la norma. Por otro lado se

descarta totalmente las baldosas que se realizaron con un 25% y 35%, debido a que no cumplen ni con la mitad de los ensayos que se les practicaron.

- ✓ Se pudo establecer que las medidas de las baldosas 200x200, 250x250 y 300x300 mm planteadas con un espesor de 15 mm, son viables para ponerlas en funcionamiento.
  
- ✓ En la realización de esta investigación se concluye por último que también es factible en el ámbito social, ambiental y económico, debido a que ayuda a la reutilización de este material contaminante, ayuda a tener pisos más agradables a viviendas de interés social y lo más importante reduce su costo, pasa de un de \$35.000 a \$28.745 en promedio, lo que representa cerca de un 18% en ahorro con respecto a las demás baldosas de arena cemento que se comercializa actualmente en la ciudad.



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Disponible en <https://www.minambiente.gov.co/>, [Citado el 2 de Diciembre de 2014]

Osis, Disponible en [http://www.osiscol.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=36&Itemid=65&lang=es](http://www.osiscol.com/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=65&lang=es), [Citado el 2 de Diciembre de 2014]

Plástico, Solido; Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/plastico-solido-articulo-300160>, [Citado 2 de Diciembre de 2014]

Reciclar una nueva costumbre; Disponible en: [http://www.soyecolombiano.com/site/Portals/0/documents/biblioteca/A\\_PUBLICACIONES/I\\_FASCICULOS\\_COLECCIONABLES\\_EL\\_ESPECTADOR/Fasciculo\\_17\\_Soy%20Ecolombiano\\_FINAL\\_129-136\\_BAJA.pdf](http://www.soyecolombiano.com/site/Portals/0/documents/biblioteca/A_PUBLICACIONES/I_FASCICULOS_COLECCIONABLES_EL_ESPECTADOR/Fasciculo_17_Soy%20Ecolombiano_FINAL_129-136_BAJA.pdf), [citado 2 de Diciembre de 2014]

Tecnología-Materiales, Disponible en: <https://tecnologia-materiales.wikispaces.com/Pol%C3%ADmeros+-+M%C3%A9todo+de+conformado>, [Citado 2 de Diciembre de 2014]

Ventajas y aplicaciones del polietileno de alta densidad, Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/ventajas-y-aplicaciones-del-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-2577371.htm>

# **ANEXOS**

## ANEXO A. Resultados ensayos de Absorción de Agua

Resultados ensayos de Absorción en Laboratorio de los modelos 2, 3, 4 y 5

<i>Espécimen</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Peso Secado al Horno (g)</i>	<i>Peso secado superficialmente (g)</i>	<i>% de Absorción</i>	<i>Cantidad de PEAD</i>	<i>Promedio</i>
A-100	30-oct-14	27-nov-14	159,4	170,3	6,84%	0%	6,53%
A-200	30-oct-14	27-nov-14	158,9	169,4	6,61%	0%	
A-300	30-oct-14	27-nov-14	162,5	172,8	6,34%	0%	
A-400	30-oct-14	27-nov-14	157,8	167,8	6,34%	0%	
A-500	30-oct-14	27-nov-14	169,7	180,8	6,54%	0%	
A-105	27-ene-15	24-feb-15	177,2	188,7	6,49%	5%	6,36%
A-205	27-ene-15	24-feb-15	180,7	193,1	6,86%	5%	
A-305	27-ene-15	24-feb-15	154,2	163,5	6,03%	5%	
A-405	27-ene-15	24-feb-15	148,9	158,2	6,25%	5%	
A-505	27-ene-15	24-feb-15	157,8	167,5	6,15%	5%	
A-115	04-feb-15	04-mar-15	150,9	160,3	6,23%	15%	6,22%
A-215	04-feb-15	04-mar-15	165,2	175,5	6,23%	15%	
A-315	04-feb-15	04-mar-15	175,5	185,9	5,93%	15%	
A-415	04-feb-15	04-mar-15	164,0	174,7	6,52%	15%	
A-515	04-feb-15	04-mar-15	145,0	154,0	6,21%	15%	
A-125	06-feb-15	06-mar-15	157,2	167,0	6,23%	25%	5,95%
A-225	06-feb-15	06-mar-15	166,1	175,1	5,42%	25%	
A-325	06-feb-15	06-mar-15	164,2	174,8	6,46%	25%	
A-425	06-feb-15	06-mar-15	174,2	184,6	5,97%	25%	
A-525	06-feb-15	06-mar-15	173,3	183,1	5,65%	25%	

## *ANEXO B. Resultados ensayos de Resistencia al Impacto*

Resultados de los ensayos en laboratorio de Impacto con 0% de PEAD

<b><i>Espécimen</i></b>	<b><i>Fecha de Fundición</i></b>	<b><i>Fecha de Ensayo</i></b>	<b><i>Altura Resistida (mm)</i></b>	<b><i>Promedio (mm)</i></b>
I-20100	30-oct-14	27-nov-14	220	214,00
I-20200	30-oct-14	27-nov-14	200	
I-20300	30-oct-14	27-nov-14	250	
I-20400	30-oct-14	27-nov-14	200	
I-20500	30-oct-14	27-nov-14	200	
I-25100	30-oct-14	27-nov-14	280	234,00
I-25200	30-oct-14	27-nov-14	200	338,00
I-25300	30-oct-14	27-nov-14	230	
I-25400	30-oct-14	27-nov-14	210	
I-25500	30-oct-14	27-nov-14	250	
I-30100	30-oct-14	27-nov-14	360	
I-30200	30-oct-14	27-nov-14	370	338,00
I-30300	30-oct-14	27-nov-14	380	
I-30400	30-oct-14	27-nov-14	240	
I-30500	30-oct-14	27-nov-14	340	

Resultados de los ensayos en laboratorio de Impacto con 5% de PEAD

<i>espécimen</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Altura Resistida (mm)</i>	<i>Promedio (mm)</i>
I-20105	27-ene-15	24-feb-15	220	222,00
I-20205	27-ene-15	24-feb-15	230	
I-20305	27-ene-15	24-feb-15	230	
I-20405	27-ene-15	24-feb-15	220	
I-20505	27-ene-15	24-feb-15	210	
I-25105	27-ene-15	24-feb-15	250	258,00
I-25205	27-ene-15	24-feb-15	250	
I-25305	27-ene-15	24-feb-15	270	
I-25405	27-ene-15	24-feb-15	280	
I-25505	27-ene-15	24-feb-15	240	
I-30105	27-ene-15	24-feb-15	440	362,00
I-30205	27-ene-15	24-feb-15	310	
I-30305	27-ene-15	24-feb-15	320	
I-30405	27-ene-15	24-feb-15	380	
I-30505	27-ene-15	24-feb-15	360	

Resultados de los ensayos en laboratorio de Impacto con 15% de PEAD

<i>espécimen</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Altura Resistida (mm)</i>	<i>Promedio (mm)</i>
I-20115	04-feb-15	04-mar-15	260	248,00
I-20215	04-feb-15	04-mar-15	290	
I-20315	04-feb-15	04-mar-15	280	
I-20415	04-feb-15	04-mar-15	240	
I-20515	04-feb-15	04-mar-15	170	
I-25115	04-feb-15	04-mar-15	250	278,00
I-25215	04-feb-15	04-mar-15	260	
I-25315	04-feb-15	04-mar-15	300	
I-25415	04-feb-15	04-mar-15	270	
I-25515	04-feb-15	04-mar-15	310	
I-30115	04-feb-15	04-mar-15	360	354,00
I-30215	04-feb-15	04-mar-15	350	
I-30315	04-feb-15	04-mar-15	360	
I-30415	04-feb-15	04-mar-15	360	
I-30515	04-feb-15	04-mar-15	340	

Resultados de los ensayos en laboratorio de Impacto con 25% de PEAD

<i>espécimen</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Altura Resistida (mm)</i>	<i>Promedio (mm)</i>
I-20125	06-feb-15	06-mar-15	250	276,00
I-20225	06-feb-15	06-mar-15	280	
I-20325	06-feb-15	06-mar-15	290	
I-20425	06-feb-15	06-mar-15	260	
I-20525	06-feb-15	06-mar-15	300	
I-25125	06-feb-15	06-mar-15	270	248,00
I-25225	06-feb-15	06-mar-15	270	
I-25325	06-feb-15	06-mar-15	230	
I-25425	06-feb-15	06-mar-15	260	
I-25525	06-feb-15	06-mar-15	210	
I-30125	06-feb-15	06-mar-15	330	346,00
I-30225	06-feb-15	06-mar-15	350	
I-30325	06-feb-15	06-mar-15	370	
I-30425	06-feb-15	06-mar-15	330	
I-30525	06-feb-15	06-mar-15	350	

Resumen resultados ensayo de Impacto según medidas de las baldosas

<i>Medidas (cm)</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Cantidad de PEAD</i>	<i>Altura Resistida (mm)</i>
20 X 20 X 1,5	30-oct-14	27-nov-14	0%	214,00
20 X 20 X 1,5	27-ene-15	24-feb-15	5%	222,00
20 X 20 X 1,5	04-feb-15	04-mar-15	15%	248,00
20 X 20 X 1,5	06-feb-15	06-mar-15	25%	276,00
25 X 25 X 1,5	30-oct-14	27-nov-14	0%	234,00
25 X 25 X 1,5	27-ene-15	24-feb-15	5%	258,00
25 X 25 X 1,5	04-feb-15	04-mar-15	15%	278,00
25 X 25 X 1,5	06-feb-15	06-mar-15	25%	248,00
30 X 30 X 1,5	30-oct-14	27-nov-14	0%	338,00
30 X 30 X 1,5	27-ene-15	24-feb-15	5%	362,00
30 X 30 X 1,5	04-feb-15	04-mar-15	15%	354,00
30 X 30 X 1,5	06-feb-15	06-mar-15	25%	346,00

## ANEXO C. Resultados ensayos a Flexión

Resultados de ensayo a Flexión de los modelos 1, 2, 3, 4 y 5

<i>espécimen</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Fuerza Resistida [kg]</i>	<i>Cantidad de PEAD</i>	<i>Promedio (kg)</i>
F-100	30-oct-14	27-nov-14	129	0%	119,80
F-200	30-oct-14	27-nov-14	118	0%	
F-300	30-oct-14	27-nov-14	95	0%	
F-400	30-oct-14	27-nov-14	138	0%	
F-500	30-oct-14	27-nov-14	119	0%	
F-105	27-ene-15	24-feb-15	106	5%	102,25
F-205	27-ene-15	24-feb-15	98	5%	110,00
F-305	27-ene-15	24-feb-15	103	5%	
F-405	27-ene-15	24-feb-15	102	5%	
F-115	04-feb-15	04-mar-15	106	15%	
F-215	04-feb-15	04-mar-15	108	15%	90,60
F-315	04-feb-15	04-mar-15	114	15%	
F-415	04-feb-15	04-mar-15	124	15%	
F-515	04-feb-15	04-mar-15	98	15%	
F-125	06-feb-15	06-mar-15	104	25%	
F-225	06-feb-15	06-mar-15	89	25%	79,40
F-325	06-feb-15	06-mar-15	84	25%	
F-425	06-feb-15	06-mar-15	87	25%	
F-525	06-feb-15	06-mar-15	89	25%	
F-135	04-nov-14	02-dic-14	81	35%	
F-235	04-nov-14	02-dic-14	79	35%	79,40
F-335	04-nov-14	02-dic-14	80	35%	
F-435	04-nov-14	02-dic-14	77	35%	
F-535	04-nov-14	02-dic-14	80	35%	

*ANEXO D. Resultados ensayos de Resistencia al Desgaste*

<b>Ensayo</b>	<b>Fecha de Fundición</b>	<b>Fecha de Ensayo</b>	<b>Longitud de Huella (cm)</b>	<b>Cantidad de PEAD</b>	<b>Promedio (mm)</b>
1-00	30-oct-14	27-nov-14	31,00	0%	31,10
2-00	30-oct-14	27-nov-14	30,50	0%	
3-00	30-oct-14	27-nov-14	32,00	0%	
4-00	30-oct-14	27-nov-14	32,00	0%	
5-00	30-oct-14	27-nov-14	30,00	0%	
1-05	27-ene-15	24-feb-15	29,00	5%	29,00
2-05	27-ene-15	24-feb-15	30,00	5%	
3-05	27-ene-15	24-feb-15	29,00	5%	
4-05	27-ene-15	24-feb-15	28,00	5%	
5-05	27-ene-15	24-feb-15	29,00	5%	
1-15	04-feb-15	04-mar-15	44,00	15%	43,40
2-15	04-feb-15	04-mar-15	46,00	15%	
3-15	04-feb-15	04-mar-15	43,00	15%	
4-15	04-feb-15	04-mar-15	42,00	15%	
5-15	04-feb-15	04-mar-15	42,00	15%	
1-25	06-feb-15	06-mar-15	52,00	25%	51,00
2-25	06-feb-15	06-mar-15	55,00	25%	
3-25	06-feb-15	06-mar-15	50,00	25%	
4-25	06-feb-15	06-mar-15	49,00	25%	
5-25	06-feb-15	06-mar-15	49,00	25%	

## ANEXO E. Resultados ensayos de Resistencia a la Compresión

Resultados de los ensayos en laboratorio a Compresión con 0% de PEAD

espécimen	Fecha de Fundición	Fecha de Ensayo	Medidas Cara 1		Medidas Cara 2		Fuerza Resistida (Kg.f)	Resistencia a la Compresión (psi)	Promedio (psi)
			Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Lado 3 (cm)	Lado 4 (cm)			
C-100	30-oct-14	27-nov-14	3,10	3,30	3,50	3,00	2.600	3.560	3.398
C-200	30-oct-14	27-nov-14	3,60	3,10	3,25	3,00	2.300	3.122	
C-300	30-oct-14	27-nov-14	3,05	3,15	3,05	3,10	2.200	3.276	
C-400	30-oct-14	27-nov-14	3,10	3,10	3,20	3,15	2.100	3.028	
C-500	30-oct-14	27-nov-14	3,00	3,10	2,95	3,10	2.600	4.001	

Resultados de los ensayos en laboratorio a Compresión con 5% de PEAD

espécimen	Fecha de Fundición	Fecha de Ensayo	Medidas Cara 1		Medidas Cara 2		Fuerza Resistida (Kg.f)	Resistencia a la Compresión (psi)	Promedio (psi)
			Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Lado 3 (cm)	Lado 4 (cm)			
C-105	27-ene-15	24-feb-15	3,10	3,00	3,10	3,10	2.500	3.753	3.418
C-205	27-ene-15	24-feb-15	3,10	2,95	3,30	3,00	2.200	3.279	
C-305	27-ene-15	24-feb-15	3,00	3,50	3,50	3,20	2.500	3.270	
C-405	27-ene-15	24-feb-15	3,30	2,95	3,35	3,00	2.000	2.870	
C-505	27-ene-15	24-feb-15	3,00	3,25	3,10	3,40	2.800	3.917	

Resultados de los ensayos en laboratorio a Compresión con 15% de PEAD

espécimen	Fecha de Fundición	Fecha de Ensayo	Medidas Cara 1		Medidas Cara 2		Fuerza Resistida (Kg.f)	Resistencia a la Compresión (psi)	Promedio (psi)
			Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Lado 3 (cm)	Lado 4 (cm)			
C-115	04-feb-15	04-mar-15	3,50	3,15	3,60	3,15	2.200	2.792	2.827
C-215	04-feb-15	04-mar-15	3,25	3,50	3,20	3,55	2.000	2.497	
C-315	04-feb-15	04-mar-15	3,10	3,25	3,20	3,30	2.000	2.751	
C-415	04-feb-15	04-mar-15	3,10	3,50	3,50	3,10	2.000	2.616	
C-515	04-feb-15	04-mar-15	3,20	3,60	3,15	3,60	2.800	3.477	

Resultados de los ensayos en laboratorio a Compresión con 25% de PEAD

<i>espécimen</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Medidas Cara 1</i>		<i>Medidas Cara 2</i>		<i>Fuerza Resistida (Kg.f)</i>	<i>Resistencia a la Compresión (psi)</i>	<i>Promedio (psi)</i>
			<i>Lado 1 (cm)</i>	<i>Lado 2 (cm)</i>	<i>Lado 3 (cm)</i>	<i>Lado 4 (cm)</i>			
C-125	06-feb-15	06-mar-15	4,00	3,50	3,45	4,30	2.400	2.363	2.129
C-225	06-feb-15	06-mar-15	3,45	4,15	4,30	3,55	1.900	1.823	
C-325	06-feb-15	06-mar-15	4,20	3,65	4,45	3,40	2.250	2.097	
C-425	06-feb-15	06-mar-15	4,00	3,80	3,70	4,20	2.100	1.939	
C-525	06-feb-15	06-mar-15	4,00	4,10	4,00	4,10	2.800	2.423	

Resultados de los ensayos en laboratorio a Compresión con 35% de PEAD

<i>espécimen</i>	<i>Fecha de Fundición</i>	<i>Fecha de Ensayo</i>	<i>Medidas Cara 1</i>		<i>Medidas Cara 2</i>		<i>Fuerza Resistida (Kg.f)</i>	<i>Resistencia a la Compresión (psi)</i>	<i>Promedio (psi)</i>
			<i>Lado 1 (cm)</i>	<i>Lado 2 (cm)</i>	<i>Lado 3 (cm)</i>	<i>Lado 4 (cm)</i>			
C-135	04-nov-14	02-dic-14	3,50	3,60	3,50	3,70	1.500	1.667	1.495
C-235	04-nov-14	02-dic-14	3,50	3,50	3,70	3,50	1.350	1.521	
C-335	04-nov-14	02-dic-14	3,45	3,70	3,40	3,60	1.400	1.589	
C-435	04-nov-14	02-dic-14	3,45	3,70	3,80	3,40	1.200	1.326	
C-535	04-nov-14	02-dic-14	3,60	3,80	3,70	3,85	1.350	1.372	

## ANEXO F. Diseño de Mezcla

Para determinar la arena necesaria para 1 m<sup>3</sup> de mezcla, para esto se halla el volumen del cemento de la siguiente manera:

Volumen del Cemento (Vc) = Cemento necesario para 1m<sup>3</sup> / Densidad Cemento

$$V_c = 503 \text{ Kg por m}^3 / 2843 \text{ kg/m}^3 = 0,177 \text{ m}^3 \text{ por m}^3$$

De los cálculos ya realizados con anterioridad se tiene que:

Volumen del Agua (Va) = 0,262 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de mezcla

Se proyecta que habrá un 1% de vacíos en el total de la mezcla.

Para hallar el volumen de la arena se resta cada uno de los volúmenes hallados a 1 m<sup>3</sup> que es el total de la mezcla, de la siguiente manera:

$V_{\text{arena}} = 1 - (V_c + V_a + V_{\text{vacios}})$  reemplazando;

$$V_{\text{arena}} = 1 - (0,177 + 0,262 + 0,01) = 0,552 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mezcla}$$

Obtenido el volumen que debe ocupar la arena y con el peso específico obtenido en laboratorio, se determina la masa de la arena necesaria para 1 m<sup>3</sup> de mezcla:

Masa Arena =  $V_{\text{arena}} * \text{Peso específico}$

$$\text{Masa Arena} = 0,551 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mezcla} * 2600 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Masa Arena} = 1432,6 \text{ Kg por m}^3$$

Debido a que el volumen con el que se realizaron las baldosas de cemento no superaba 1 m<sup>3</sup> de mezcla, se tuvo la necesidad de calcular la proporción tanto de la arena como del agua que ocupan en la mezcla con respecto al peso del cemento, por lo tanto se realizó de la siguiente manera:

Proporción cemento = 1

Proporción arena = masa de la arena / masa del cemento

$$\text{Proporción arena} = 1432,6 \text{ Kg} / 503 \text{ Kg}$$

$$\text{Proporción arena} = 2,85$$

Proporción agua = masa del agua / masa del cemento

$$\text{Proporción agua} = 262 \text{ kg} / 503 \text{ Kg}$$

$$\text{Proporción agua} = 0,52$$

Con el volumen hallado se procede a calcular las cantidades de arena, agua y cemento. Para la realización de la mezcla se tuvo en cuenta una pérdida (desperdicio) de mezcla del 10% del total del volumen.

Volumen necesario + perdidas = 34113,75 cm<sup>3</sup>

Cant. de cemento necesaria = Volumen \* Cant. De cemento por m<sup>3</sup>

Cant. de cemento necesaria = 0,034113 m<sup>3</sup> \* 503 Kg / m<sup>3</sup>

Cant. de cemento necesaria = 17,16 Kg

Con la cantidad de cemento necesaria y con las proporciones halladas anteriormente se procede a calcular las cantidades de la arena y el agua, las cuales son:

Cant. de arena = 2,85 \* 17,16 Kg = 48,92 Kg

Cant. de agua = 0,52\* 17,16 gr = 8,92 Kg

*ANEXO G. Análisis de precios para fabricación de baldosas de 20x20 cm*

**MATERIALES**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>Valor con IVA</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor</i>
ARENA	M3	\$ 60.000	2,914	\$ 174.851
BULTO CEMENTO GRIS X 50KLS CEMEX	Bulto	\$ 26.000	33,198	\$ 863.149
AGUA	M3	\$ 2.537	4,163	\$ 10.562
Material Reciclado Plástico PEAD	Kg	\$ 1.800	65,406	\$ 117.731
Tamizado	Kg	\$ 400	4731,980	\$ 1.892.792
Moldes (Incluye Puntillas y Hechura)	Global	\$ 742.574	1,000	\$ 742.574
			<b>TOTAL MATERIALES</b>	<b>\$ 3.801.659</b>

**MANO DE OBRA**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR</i>	<i>DIAS</i>	<i>Valor Total</i>
OBRERO	DIA	1	\$ 45.000	40	\$ 1.800.000
				<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 1.800.000</b>

**ENSAYOS**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR</i>	<i>Valor Total</i>
Ensayo a Compresión	Ensayo	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Ensayo a Flexión	Ensayo	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Ensayo Absorción	Ensayo	5	\$ 9.500	\$ 47.500
Ensayo Impacto	Ensayo	5	\$ 10.500	\$ 52.500
Ensayo Desgaste	Ensayo	5	\$ 9.800	\$ 49.000
			<b>TOTAL ENSAYO</b>	<b>\$ 249.000</b>

<b>Valor Total Fabricación de 200 m2</b>	<b>\$ 5.850.659</b>
--	---------------------

*ANEXO H. Análisis de precios para fabricación de baldosas de 25x25 cm*

**MATERIALES**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>Valor con IVA</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor</i>
ARENA	M3	\$ 60.000	4,556	\$ 273.375
BULTO CEMENTO GRIS X 50KLS CEMEX	Bulto	\$ 26.000	51,904	\$ 1.349.505
AGUA	M3	\$ 2.537	6,509	\$ 16.514
Material Reciclado Plástico PEAD	Kg	\$ 1.800	102,260	\$ 184.068
Tamizado	Kg	\$ 400	7398,297	\$ 2.959.319
Moldes (Incluye Puntillas y Hechura)	Global	\$ 1.160.991	1,000	\$ 1.160.991
			<b>TOTAL MATERIALES</b>	<b>\$ 5.943.771</b>

**MANO DE OBRA**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR</i>	<i>DIAS</i>	<i>Valor Total</i>
OBRERO	DIA	1	\$ 45.000	62	\$ 2.790.000
				<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 2.790.000</b>

**ENSAYOS**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR</i>	<i>Valor Total</i>
Ensayo a Compresión	Ensayo	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Ensayo a Flexión	Ensayo	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Ensayo Absorción	Ensayo	5	\$ 9.500	\$ 47.500
Ensayo Impacto	Ensayo	5	\$ 10.500	\$ 52.500
Ensayo Desgaste	Ensayo	5	\$ 9.800	\$ 49.000
			<b>TOTAL ENSAYO</b>	<b>\$ 249.000</b>

<b>Valor Total Fabricación de 312,5 m2</b>	<b>\$ 8.982.771</b>
--	---------------------

*ANEXO I. Análisis de precios para fabricación de baldosas de 30x30 cm*

**MATERIALES**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>Valor con IVA</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor</i>
ARENA	M3	\$ 60.000	6,560	\$ 393.611
BULTO CEMENTO GRIS X 50KLS CEMEX	Bulto	\$ 26.000	74,733	\$ 1.943.046
AGUA	M3	\$ 2.537	9,372	\$ 23.777
Material Reciclado Plástico PEAD	Kg	\$ 1.800	147,236	\$ 265.025
Tamizado	Kg	\$ 400	10652,229	\$ 4.260.892
Moldes (Incluye Puntillas y Hechura)	Global	\$ 1.671.620	1,000	\$ 1.671.620
			<b>TOTAL MATERIALES</b>	<b>\$ 8.557.970</b>

**MANO DE OBRA**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR</i>	<i>DIAS</i>	<i>Valor Total</i>
OBRERO	DIA	1	\$ 45.000	90	\$ 4.050.000
				<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 4.050.000</b>

**ENSAYOS**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>UND</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR</i>	<i>Valor Total</i>
Ensayo a Compresión	Ensayo	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Ensayo a Flexión	Ensayo	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Ensayo Absorción	Ensayo	5	\$ 9.500	\$ 47.500
Ensayo Impacto	Ensayo	5	\$ 10.500	\$ 52.500
Ensayo Desgaste	Ensayo	5	\$ 9.800	\$ 49.000
			<b>TOTAL ENSAYO</b>	<b>\$ 249.000</b>

<b>Valor Total Fabricación de 450 m2</b>	<b>\$ 12.856.970</b>
--	----------------------

## ANEXO J. Granulometría Agregado Fino

### GRAVEDADES ESPECIFICAS

A=	Peso del frasco + Agua hasta la marca, en el aire	654	Gramos
B=	Peso de la muestra en condiciones S.S.S. en el aire	500	Gramos
C=	Peso de la muestra. Frasco y agua agregada hasta la marca, en el aire	962	Gramos
D=	Peso de la muestra secada al horno	487	Gramos

### CALCULOS

Gravedad especifica real	$D/(A-C+D)$	2,72	Adimensional
Gravedad especifica aparente	$D/(A+B-C)$	2,54	Adimensional
Gravedad especifica aparente S.S.S.	$B/(A+B-C)$	2,60	Adimensional E**

### PESO UNITARIO

#### CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR:

P1=	Peso del medidor + vidrio	3045	Gramos
P2=	Peso del medidor + vidrio + agua	5868	Gramos
V=	Volumen del medidor	$(P2-P1)/1000$	2,823 dcm3

#### DATOS:

Pm=	Peso del medidor vacío	2557	Gramos
Pc=	Peso del medidor + material S.S.S. compactado	7349	Gramos
Ps=	Peso del medidor + material S.S.S. suelto	7143	Gramos
Peso unitario del agregado S.S.S. compactado		$(Pc-Pm)/V$	1697 Ka/m <sup>3</sup>
Peso unitario agregado S.S.S. suelto		$(Ps-Pm)/V$	1625 Ka/m <sup>3</sup>

% de absorción	$(B-D)*100/C$	1,35%
% de vacíos	$(ED*1000-F)/E*10$	34,73%

### ANEXO K. Grafico Granulometría del Agregado Fino

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Acumulado Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que Pasa	RANGO NTC-174 ENTRE QUE DEBE ESTAR EL % QUE PASA	
3/8"	0	0	0,00%	0,00%	100,00%	100%	100%
No. 4	12	12	1,26%	1,26%	98,74%	95%	100%
No. 8	82	94	8,59%	9,84%	90,16%	80%	100%
No. 16	170	264	17,80%	27,64%	72,36%	50%	85%
No. 30	251	515	26,28%	53,93%	46,07%	25%	60%
No. 50	270	785	28,27%	82,20%	17,80%	10%	30%
No. 100	120	905	12,57%	94,76%	5,24%	2%	10%
Fondo	50	955	5,24%	100,00%	0,00%		
<b>Total</b>	<b>955</b>						

**M.F. = 2,70**

