

Universidad	LIBRE SECCIONAL PEREIRA
Programa Académico	INGENIERÍA CIVIL
Nombre del Semillero	SUELOS
Nombre del Grupo de Investigación (si aplica)	GICIVIL
Línea de Investigación (si aplica)	ESTRUCTURAS Y SUELOS
Nombre del Tutor del Semillero	GLORIA MILENA MOLINA VINASCO
Email Tutor	gmmolina@unilibrepereira.edu.co
Título del Proyecto	EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SUB-BASE GRANULAR MEZCLADA CON TEREFTALATO DE POLIETILENO PET
Autores del Proyecto	
Ponente (1)	Valentina Ramírez Triviño
Documento de Identidad	1116273162
Email	<a href="mailto:vramirez.civil@unilibrepereira.edu.co">vramirez.civil@unilibrepereira.edu.co</a> , Universidad Libre Seccional Pereira
Ponente (2)	Julio Cesar Olano
Documento de Identidad	1088029147
Email	<a href="mailto:jchincapie.civil@unilibrepereira.edu.co">jchincapie.civil@unilibrepereira.edu.co</a> , Universidad Libre Seccional Pereira
Teléfonos de Contacto	30105820455
Nivel de formación de los estudiantes ponentes (Semestre)	Séptimo semestre
<b>MODALIDAD</b> (seleccionar una- Marque con una x)	<b>PONENCIA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación en Curso X</li> <li>• Investigación Terminada</li> </ul>
<b>Área de la investigación</b> (seleccionar una- Marque con una x)	• Ciencias Naturales
	• Ingenierías y Tecnologías X
	• Ciencias Médicas y de la Salud.
	• Ciencias Agrícolas
	• Ciencias Sociales
	• Artes, arquitectura y diseño

# EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SUB-BASE GRANULAR MEZCLADA CON TEREFTALATO DE POLIETILENO PET

Valentina Ramírez Triviño<sup>1</sup>

Julio Cesar Olano<sup>2</sup>

## RESUMEN

Esta investigación evaluara la resistencia de la subbase granular mezclada con PET, con el objetivo de incrementar la reutilización de los mismos. “En cifras encontradas en diferentes estudios en el país se obtiene que para Colombia, la composición física del producto de todos sus residuos sólidos corresponde en un 13% a plásticos y afines, arrojando un valor aproximado de 3400 toneladas de desechos diarios en basureros (Jaramillo y Zapata, 2008)”<sup>3</sup>.

Los problemas que generan los residuos sólidos a la sociedad, incrementan la necesidad de buscar soluciones que favorezcan un mejor manejo y aprovechamiento de éstos, ya sea a través de su reducción, reutilización o reciclaje, debido a que se acumulan rápidamente en los lugares utilizados para su recolección, favoreciendo algunos inconvenientes en el área de la salubridad e higiene, a lo que se suma la destrucción del ambiente (Arandes, et al., 2004).<sup>4</sup>

En la metodología se buscara determinar la proporción ideal de Subbase /PET que alcance máxima resistencia, así como el método de mezcla optimo en calor o frio. Para la estimación de los parámetros de resistencia y características de la subbase mezclada con PET, se desarrollara una metodología experimental basada en el ensayo de Proctor modificado y Californian Bearing Ratio CBR.

Al evaluar el comportamiento del polietileno como complemento en la granulometría para subbase granular en pruebas preliminares se aprecia la buena relación entre los componentes de la mezcla obteniendo resultados favorables para el aumento en la resistencia.

Palabras claves:

SUBBASE, PET, RESISTENCIA, COMPACTACIÓN, PAVIMENTOS.

---

<sup>1</sup> [vramirez.civil@unilibrepereira.edu.co](mailto:vramirez.civil@unilibrepereira.edu.co), Universidad Libre Seccional Pereira

<sup>2</sup> [jchincapie.civil@unilibrepereira.edu.co](mailto:jchincapie.civil@unilibrepereira.edu.co), Universidad Libre Seccional Pereira

<sup>3</sup> ARANDES Jose, BILBAO, Javier, y LÓPEZ, Danilo. Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 5(1), Marzo de 2004. Reciclado de residuos plásticos

<sup>4</sup> JARAMILLO Gladis., y ZAPATA Liliana. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia (Tesis de Especialización).

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente investigación parte de la alta producción a nivel mundial, nacional y local de residuos plásticos como son el tereftalato de polietileno, el politereftalato de etileno, y el polietilentereftalato o polietileno tereftalato más conocido por sus siglas en inglés PET, polyethylene terephthalate utilizado para envases de bebidas, dicho problema conlleva a la investigación de aplicaciones en el área de la ingeniería civil que permitan un mayor uso de los mismos.

La subbase es un material granular grueso, que se compone de un porcentaje de triturados, arena y una pequeña parte de materiales finos. Su capa se encuentra entre la base granular y la subrasante. Sus principales usos son: en la construcción de vías como capa en la instalación de pavimentos asfálticos y pavimentos de concreto, como material de soporte de sardineles y bordillos. Es un material regulado por la norma INVIAS e IDU. Sub-base granular tipo INVIAS (SBG-1). Sub-base granular tipo IDU (SBG-A, SBG-B, SBG-C).

En esta investigación se desarrolla una metodología para la evaluación de la resistencia de la subbase granular mezclada con diferentes proporciones de PET, a continuación se realizará una descripción breve de cada uno de los componentes del proyecto, desde la descripción del problema hasta las conclusiones preliminares obtenidas.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con el periódico la Republica en su artículo de marzo de 2016 solo el 26% de las botellas plásticas se recicla, las botellas de PET representaron 80% del total de empaques del material en 2013, lo que significó un incremento de 3,7% con respecto a 2012, según Tecnología del Plástico. Adicionalmente, el principal producto empacado en botellas fue agua, con un crecimiento de 7,3% respecto al año anterior. El gran problema es que si no se le da un uso adecuado a este material, puede llegar a demorar hasta 100 años en su biodegradación. Y las cifras de reciclaje de estos envases en Colombia no son alentadoras<sup>5</sup>.

Pues uno de los ascendentes inconvenientes actualmente, y que produce grandes cantidades de contaminación, es que los rellenos sanitarios reciben monumentales cantidades de residuos, las cuales, antes de lo esperado, rebosan sus capacidades y reducen drásticamente sus vidas útiles. Por esta razón si se logra disminuir los altos volúmenes de materiales no biodegradables como el PET, que reciben los vertederos, habrá más espacio para los residuos biodegradables y los niveles de contaminación a causa de las basuras empezarán a disminuir. Entonces con el tiempo y el arduo trabajo quizás será una problemática ambiental que disminuirá en gran medida y también generara menor preocupación<sup>6</sup>.

## 3. JUSTIFICACIÓN

Los materiales no biodegradables se encuentran en gran medida contaminando y destruyendo el ambiente. Entre ellos se encuentran los materiales no amigables con el ambiente porque son de difícil degradación o no pueden ser degradables por sí mismos.

---

<sup>5</sup> ZARTA, Daniel. Solo 26% de las botellas plásticas se recicla. Diario La República. 2016. Bogotá.

<sup>6</sup> CONCEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD. Informe de emergencias anual 2014. [:http://ccs.org.co/salaprensa/index.php?option=com\\_content&view=article&id=553:ambiental&catid=313:boletines-junio-2015&Itemid=849](http://ccs.org.co/salaprensa/index.php?option=com_content&view=article&id=553:ambiental&catid=313:boletines-junio-2015&Itemid=849)

De acuerdo a esta preocupante situación es importante buscar diferentes alternativas para darle una solución definitiva a la reutilización de los materiales no degradables y así disminuir las pocas aplicaciones de agentes sólidos contaminantes. Además buscar que estos materiales sean reutilizados de una manera productiva.

En un ranking realizado por Enka de Colombia se demuestra que Colombia se ubica por debajo de la media mundial en el reciclaje de botellas elaboradas con PET. Según el estudio, el promedio es de 41% y este es superado solo por Japón con 78%, seguido de Brasil con 56% y Australia con 42%. El único país que se ubica por debajo del porcentaje de Colombia es México, que reutiliza tan solo 18% de las botellas plásticas que utiliza su población.

El positivo impacto ambiental de buscar aumentar el porcentaje de reciclaje en Colombia del PET, al mezclarlo con subbase granular, justifica la realización de éste proyecto de investigación.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general.**

Evaluación de la resistencia de la sub-base granular extraída de fuentes de materiales cercanas a la ciudad de Pereira mezclada con tereftalato de polietileno PET.

### **4.2 Objetivos específicos.**

- Caracterizar dos fuentes de materiales de subbase granular aledañas a la ciudad de Pereira.
- Identificar las empresas recicladoras de plásticos en la ciudad de Pereira
- Caracterizar los materiales provenientes de los reciclajes de plásticos
- Evaluar el valor de CBR (capacidad), tratamiento en calor para mezclas de subbase/PET con diferentes porcentajes de PET al 20%,30% y 40%.
- Evaluar el valor de CBR (capacidad), tratamiento en frio, para mezclas de subbase/PET con diferentes porcentajes de PET al 20%,30% y 40%.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1 Polipropileno.**

El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo, desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión. El Polipropileno se puede clasificar en tres tipos (homopolímero, copolímero rándom y copolímero de alto impacto), los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos.

Características:

- Optima relación Costo / Beneficio.
- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones comerciales
- Buena procesabilidad: es el material plástico de menor peso específico (0,9 g/cm<sup>3</sup>), lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.
- Barrera al vapor de agua: evita el traspaso de humedad, lo cual puede ser utilizado para la protección de diversos alimentos.
- Buenas propiedades organolépticas, químicas, de resistencia y transparencia.<sup>7</sup>

## 5.2 Polietileno.

El polietileno de alta densidad es un polímero de adición, conformado por unidades repetitivas de etileno. En el proceso de polimerización, se emplean catalizadores tipo Ziegler-Natta, y el Etileno es polimerizado a bajas presiones, mediante radicales libres.

Características:

- Excelente resistencia térmica y química.
- Muy buena resistencia al impacto.
- Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformados empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Es flexible, aún a bajas temperaturas.
- Es tenaz.
- Es más rígido que el polietileno de baja densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Es muy ligero.
- Su densidad se encuentra en el entorno de 0.940 - 0.970 g/cm<sup>3</sup>.
- No es atacado por los ácidos, se considera una resistencia máxima de 60°C de trabajo para los líquidos, pues a mayor temperatura la vida útil se reduce. otros termoplásticos ofrecen mejor resistencia a mayores temperaturas.
- Es mucho mejor el Reciclaje Mecánico y Térmico.<sup>8</sup>

## 5.3 Subbase granular (INVIAS SBG-1/INVIAS SBG-2).

De acuerdo con el artículo INVIAS 320-07 “se denomina subbase granular a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la capa que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico, además de los usos mencionados se emplea como material de soporte de sardineles y bordillos y de otros elementos que no estarán sometidos a tráfico vehicular, tales como escaleras; también se utiliza como capa subyacente a la capa de base granular en pavimentos con adoquines.

<sup>7</sup> CORNISH ÁLVAREZ, María Laura. Universidad Iberoamericana. Departamento de diseño industrial. Libro el ABC de los Plásticos. Noviembre de 1997.

<sup>8</sup> CORNISH ÁLVAREZ, María Laura. Universidad Iberoamericana. Departamento de diseño industrial. Libro el ABC de los Plásticos. Noviembre de 1997.



## 6. MARCO GEOGRÁFICO

El área geográfica en la cual se efectuara la investigación es en el departamento de Risaralda; en los municipios de Pereira y la Virginia, las fuentes de Materiales de subbase granular identificados corresponden a Construcciones El Cairo y Triturados de Combia, Las Empresas de Reciclaje identificadas en la zona corresponden a Empresa de Reciclaje El Sobrino, y Depósito de Envases y Reciclaje la Siete en Pereira y Recuperadora Ceres en Dosquebradas.

## 7. METODOLOGÍA

El proyecto de investigación se desarrollará en varias etapas de acuerdo a las necesidades de las pruebas de laboratorio y de las necesidades metodológicas, procesos que se llevarán a cabo básicamente practicando cierto tipo de ensayos en diferentes tipos de materiales para la identificación de su comportamiento, donde la prioridad será determinar la proporción ideal de los materiales al ser mezclados, el desarrollo que se le dará a la investigación estará acorde a las normas ICONTEC INVIAS vigentes, teorías e investigaciones realizadas anteriormente por otros autores relacionados con el tema de la investigación.

### 7.1 Desarrollo Metodológico

**Etapa 1.** Se inicia con la recolección de diseños de la investigación, fuentes de apoyo y asesorías constantes que se utilizaron para realizar el seguimiento a lo largo de la investigación.

**Etapa 2.** Se trabajarán todos los ensayos necesarios para resaltar las características y condiciones en la que se encuentra la subbase, ensayos como granulometría (I.N.V.E – 123 – 07), limite liquido (I.N.V.E – 126), índice de aplanamiento y alargamiento (I.N.V.E – 230 – 07), proctor modificado (I.N.V.E – 142), Desgaste en máquina de los ángeles (Art 320 – 13 / E 218-219), Resistencia a los sulfatos – sodio – magnesio (I.N.V.E – 220), Micro deval – agregado grueso (I.N.V.E – 238), y por último el ensayo de Relación de soporte CBR (I.N.V.E – 148 – 07) para establecer su resistencia.

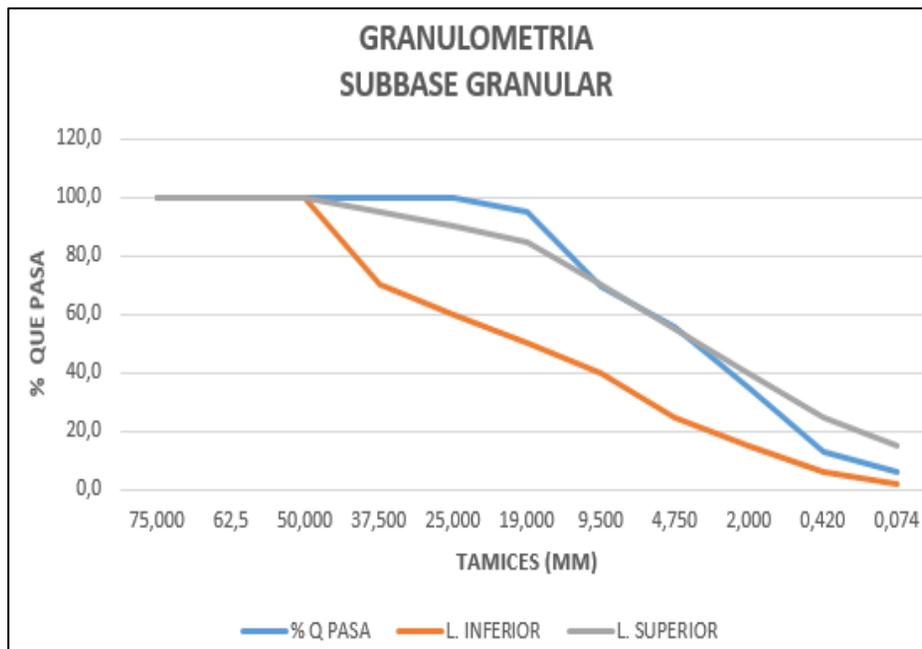
**Etapa 3.** Se efectuarán diferentes ensayos para la identificación del material no biodegradable.

**Etapa 4.** Se trabajaran todas las pruebas para determinar la proporción a usar, es decir una serie de ensayos con mezcla de los materiales subbase mas material PET a diferentes porcentajes.

**Etapa 7.** El análisis de los resultados y comportamientos finales de la investigación, donde se logrará concluir y establecer la proporción ideal.

## 8. RESULTADOS PARCIALES

Del ensayo de granulometría (I.N.V.E – 123 – 07) se logra deducir que ofrece una buena estabilidad cerca del 70% por la distribución de los tamaños de las partículas y de la forma, al obtener un resultado positivo y dentro de las limitaciones otorgadas por la norma, esto dice que la sub-base se puede emplear para la investigación del mejoramiento con material PET. Ver grafica 2.



Grafica 2. Granulometría sub-base granular.

Se obtuvo un Límite Líquido de 20,79%, El límite plástico de este material es 15,02%, el índice de plasticidad (IP) se encuentra en 5,77%, según norma (I.N.V.E - 126) el porcentaje máximo es de 6%, el IP identificado en el ensayo no sobrepasa el valor de la norma.

Se logra establecer mediante los cálculos el índice de alargamiento para la muestra de un 37,45% y el índice de aplanamiento en 26,45%, por medio del ensayo según norma (I.N.V.E – 230 – 07) esto indica que las partículas son más largas que aplanadas, solo las partículas largas cumplen con el rango máximo establecido por la norma que es de un 35% pero al estar tan cerca y sobrepasar a este es posible que el material presente problemas en la compactación.

Al elaborar el ensayo de proctor modificado (I.N.V.E – 142) se determina la compactación máxima permitida por la muestra y su humedad óptima para lograr la mayor compacidad, en cuanto a la muestra se establece que alcanza su máxima compacidad con un contenido de humedad de 6,8%. Peso unitario seco 2.22 g/cm<sup>3</sup> y humedad óptima del 7%.

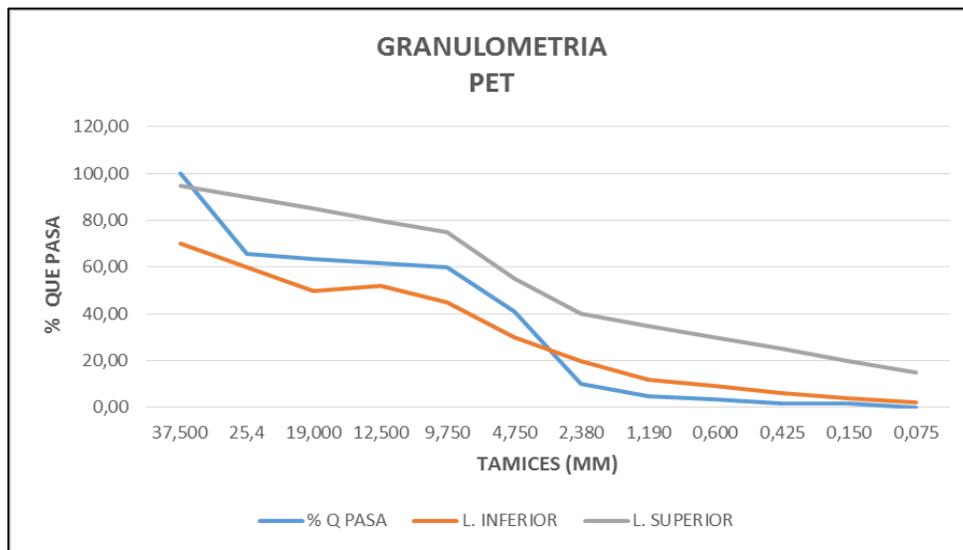
Se logró determinar por medio del ensayo desgaste en máquina de los ángeles (Art 320 – 13 / E 218-219) la resistencia por cargas abrasivas de una determinada muestra de agregado grueso, haciendo uso de la máquina de los ángeles, arrojando un resultado de 23% de desgaste lo cual indica que es un agregado aceptable según la normativa ya que debe ser menor o igual al 50 % para ser utilizado en la construcción de una obra civil.

Las fracciones de los agregados de diferentes tamaños se sometieron a cinco ciclos de expansión y contracción tanto en la solución de sodio (Na), como de magnesio (Mg), para así lograr determinar la resistencia a la desintegración de los agregados por la acción de las soluciones, obteniendo valores aceptables, según especificación (I.N.V.E – 220) el porcentaje máximo al ser sometida la muestra a la solución de sodio es de 12% y a la solución de magnesio de 18%.

El ensayo de micro deval, proporcionó la resistencia y durabilidad (desgaste) del agregado grueso a la abrasión o fricción entre partículas, arrojando un desgaste por abrasión del 12,6 % cumpliendo según lo estipulado en la norma (I.N.V.E – 238).

Los resultados obtenidos tras practicar el ensayo a diferentes golpes según norma (I.N.V.E – 148 – 07) llevan a concluir que al ser sometida la muestra a 56 golpes por capa los valores son 86,70% a 0,1” de penetración y 114,25% a 0,2” de penetración, se puede afirmar que según estos valores de CBR su uso puede ser como base.

En el ensayo Granulométrico realizado al material no biodegradable se nota en la curva (ver grafica 3), una distribución de tamaños próximo a los permitidos dentro de los límites de la norma (I.N.V.E ART 330-07) para una sub-base. Lo que permite a criterio investigativo enfocar el material reciclado no biodegradable dentro del rango apto para la mezcla con sub-base granular.



Grafica 3. Granulometría Material no Biodegradable (PET).

## 9. CONCLUSIONES PARCIALES

Se realizaron pruebas para la caracterización de una de las fuentes de materiales de subbase identificadas en la zona, como cercana a Pereira, concluyendo que este material pueden ser usado para subbase granular mejorando algunos de los requerimientos exigidos por el Invias, se propone entonces que la granulometría de la subbase granular sea mejorado con el material PET para lograr los estándares exigidos por el Invias.

## 10. IMPACTOS

En la investigación se busca comprobar la siguiente hipótesis: Que la resistencia de la subbase se incrementará al mejorar su granulometría al mezclarse con PET. En pruebas preliminares se ha observado que se cumple la hipótesis, de ésta manera se podrá construir una metodología para el uso de éstos residuos directamente antes de ser convertidos en envases plásticos nuevamente, y brindando una disposición final amigable para el medio ambiente.

De igual manera se busca determinar si el residuo plástico triturado sin pasar por el proceso de manufactura, puede ser incluido dentro de la granulometría de la subbase sin afectar su resistencia; para de esta manera tener una disminución en el costo del reciclaje de plástico generando un impacto económico favorable para la industria del reciclaje.

## 11. LISTA DE REFERENCIAS

ARANDES Jose, BILBAO, Javier, y LÓPEZ, Danilo. Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 5(1), Marzo de 2004. Reciclado de residuos plásticos

JARAMILLO Gladis., y ZAPATA Liliana. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia (Tesis de Especialización).

CORNISH ÁLVAREZ, María Laura. Universidad Iberoamericana. Departamento de diseño industrial. Libro el ABC de los Plásticos. Noviembre de 1997.

NORMA TECNICA INVIAS. (MAYO DE 1963). INVESTIGACION DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA I.N.V.E – 101. BOGOTÁ D.C COLOMBIA.:

NORMA TECNICA INVIAS. (MAYO DE 1963) DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL) I.N.V. E – 102. BOGOTÁ D.C.

NORMA TECNICA INVIAS. (2007).. BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELOS (I.N.V. E – 103)

NORMA TECNICA INVIAS. (MAYO DE 1963). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: PROCEDIMIENTOS PARA LA PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE SUELOS POR CUARTEO (I.N.V. E – 104)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: MUESTREO DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (I.N.V. E – 201)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (I.N.V. E – 123)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (I.N.V. E – 148)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (I.N.V. E – 220)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (I.N.V. E – 218)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (I.N.V. E – 219)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (I.N.V. E – 220)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (I.N.V. E – 238)

NORMA TECNICA INVIAS. (2007). BOGOTÁ D.C COLOMBIA.: (ART – 320)

Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios. Manizales, Colombia 2013.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Memorias 1° Simposio de Materiales Poliméricos, Revista informador Técnico Vol 79. Colombia. Diciembre del 2015. Disponible en: [revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/issue/download/35/10](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/issue/download/35/10)

1 ZARTA, Daniel. Solo 26% de las botellas plásticas se recicla. Diario La República. 2016. Bogotá.