



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA  
18 al 21 de septiembre de 2018**



# **OBRAS DE ARTE PARA VÍAS EN CONCRETO REFLECTIVO**

**Liliana Carolina Hernández García, Jaime Andrés Botero Pardo, Eduardo Sandino  
Bonilla, Iván Alonso Murillo Ospina**

**Universidad Piloto de Colombia  
Girardot, Colombia**

## **Resumen**

Dentro del macro proyecto del Semillero SEUS –Semillero Experimental Unipiloto Sam- de la Universidad Piloto de Colombia ‘Prefabricados de nueva generación para obras de infraestructura vial’ nace el proyecto específico de investigación ‘Obras de arte para vías en concreto reflectivo’ como una alternativa que da solución a los problemas de movilidad nocturna implementado un concreto con propiedades de reflectivas para la elaboración de bordillos, barreras de seguridad y demás obras de infraestructura vial que garanticen la seguridad en el tránsito del flujo vehicular. Este artículo describe el proceso previo de la investigación experimental, identifica la necesidad, describe las pruebas iniciales de diseños de mezclas y una prueba en campo de percepción de los conductores, realizada en una carretera sin pavimentar y sin señalización demarcada únicamente por diferentes muestras de concreto reflectivo donde el 85% de los encuestados sintieron seguridad y el 100% evidenció la reflectividad de las muestras elaboradas en laboratorio.

## **Abstract**

*Within the macro-project of the seedbed SEUS -Unipiloto Experimental Seedlings Sam- Pilot University of Colombia 'Prefabricated new generation for road infrastructure works' is born the specific research project 'works of art for tracks in particular reflective' as an alternative that gives solution to the problems of mobility night implemented a concrete with reflective properties for the development of curbs, safety barriers and other works of road infrastructure to ensure security in the transit of the traffic flow. This article describes the process of experimental research, identifies the need, describes the initial tests of designs of mixtures and a field test of perception of drivers, performed on a unpaved road and without signal demarcated only by different reflective concrete*

*samples where 85% of the respondents felt security and 100% showed the reflectivity of the samples prepared in the laboratory.*

## INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de obras de arte para vías se hace referencia a todas las estructuras externas que forman parte de la infraestructura vial. Éstas se pueden clasificar en tres, la primera conocida también como obras de drenaje, como son las alcantarillas, cunetas, canales de descarga y box culvert. La segunda, son las estructuras de protección, como los estribos de los puentes, los muros de concreto ciclópeo, gaviones y demás estructuras que ayudan a la estabilización de taludes. Y la tercera, que es nuestro objetivo de estudio, son todas las piezas que forman parte de la seguridad vial, como bordillos, barreras de seguridad o New Jersey y sardineles.

Estas barreras se colocan para dividir los dos sentidos de una vía, o a los lados de la misma, con el propósito de orientar los vehículos que accidentalmente se salgan de su carril. Protegiéndolos de acceder a sitios peligrosos. La finalidad de estas barreras es la de interactuar con los vehículos absorbiendo la energía del impacto, con una trayectoria que tenga un ángulo pequeño con respecto al eje longitudinal de la barrera, permitiendo que el vehículo se oriente y pueda continuar en la dirección del tráfico, sin volcarse. Para que esto suceda, la barrera de concreto, debe tener la rigidez necesaria para que no se presente deflexión o deformación transversal una vez sea aplicada la carga de impacto.

La norma NTC 4083 especifica las características físicas y mecánicas que deben presentar las barreras de seguridad, además de su geometría, el concreto debe garantizar una resistencia a la compresión de 25 MPa a los 28 días de edad. (ICONTEC, 1997) No obstante, esta investigación pretende adicionándole propiedades reflectivas a través de la pigmentación de estos concretos. De acuerdo con el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, un total de 1526 personas perdieron sus vidas de enero a marzo de 2018, 570 víctimas fueron en el área rural, 926 víctimas en área urbana y 30 no registran información, esto comparado con el mismo período de tiempo de 2017 hay un aumento del 3.18%. Así mismo, a finales del año 2017 el mayor número de muertes y lesiones se produjeron por el choque entre vehículos (4 de cada 10 muertes y 7 de cada 10 lesiones), mientras que 1 de cada 4 muertos en las vías era peatón. (El Tiempo, 2017)

Aunque éstas cifras son escandalosas, la mayoría de las multas se imponen por exceso de velocidad, dentro de los cuales, el consumo de bebidas alcohólicas, el desconocimiento de la señalización y la falta de precaución son las razones principales. No obstante, a partir del informe de la Policía Nacional de Colombia acerca de las lesiones por accidentes de tránsito en el período de 01 al 30 de abril del año 2018 en el país, se puede calcular que, de 12490 lesiones, 5427 se presentaron entre las 6:00 pm y las 6 am, justo cuando la visibilidad se reduce por la oscuridad de la noche. Estos valores equivalentes al 43.5% hacen presumir que la necesidad de bordillos, barreras, topellantas y demás obras de arte en las vías se elaboren con propiedades reflectivas y fluorescentes.

Actualmente, las obras de señalización vial se elaboran en concreto convencional y para resaltarlas se emplean materiales para demarcación de pavimentos, termoplástico retrorreflectivo blanco y amarillo especificado con la NTC 5867. Esta norma homologada con la AASHTO M 247, identifica que este material de estar compuesto homogéneamente por pigmento, relleno, resinas y esferas de vidrio retrorreflectivas. La reflectancia a la luz del día se mide a 45° y debe estar entre el 75% mínimo el color blanco, mientras que el amarillo debe estar en el 45% mínimo. (ICONTEC, 2011)

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación, la elaboración del concreto reflectivo se desarrolló de manera experimental. A partir de un diseño de mezclas de concretos convencionales se desarrollaron diferentes muestras que puestas en modelos a escala sobre una carretera sin iluminación y sin pavimentar se valoró por medio de encuestas la percepción del conductor dos tramos de prueba, el primero sin señalización y la segunda con las muestras de concreto reflectivo.

De los materiales empleados en la elaboración de muestras se destacan:

**Cemento de uso general:** Es el resultado de una molienda conjunta entre dos materiales base, yeso, que corresponde al nombre con el que se conoce comúnmente al sulfato de calcio deshidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ); y clínquer, que es un producto constituido por silicatos cálcicos, es decir, a base de calcio al igual que el yeso, el cual se obtiene al someter a altas temperaturas una mezcla de óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro.

De acuerdo al tiempo de molienda, dosificación de estabilizadores y composición mineralógica, el cemento puede variar sus características de madurez, resistencia y temperatura de fraguado, tal como se muestra en la siguiente tabla:

| Compuesto              | Fraguado   | Madurez de resistencia | Contribución a la resistencia | Calor de hidratación | Estabilidad química |
|------------------------|------------|------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| <b>C<sub>3</sub>S</b>  | Rápido     | Rápido                 | Alta (a poca edad)            | Alto                 | Buena               |
| <b>C<sub>2</sub>S</b>  | Lento      | Lento                  | Alta (a poca edad)            | Regular              | Muy Buena           |
| <b>C<sub>3</sub>A</b>  | Muy rápido | Muy rápido             | Baja                          | Muy Alto             | Mala                |
| <b>C<sub>3</sub>AF</b> | Lento      | Lento                  | Muy Baja                      | Bajo                 | Buena               |

Tabla 1. Propiedades aportadas al cemento por componentes principales del clínquer  
Fuente: ASTM C150 o CSA A5

El uso de vidrio reciclado molido en mezclas de hormigón estructural ya se ha estudiado en otros países. El fundamento radica en los procesos químicos que tienen lugar en el proceso de hidratación de los silicatos tricálcicos  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (comúnmente denominada C3S o alita) y silicatos dicálcicos  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (C2S o belita), cuando la cal libre  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (CH o portlandita) resultante de la hidratación primaria de los silicatos de calcio reacciona con la sílice amorfa provista por el vidrio

que se incorpora a la mezcla generando compuestos puzolánicos secundarios. (Rodríguez & Ruiz, 2016)

### Vidrio

El vidrio utilizado en las muestras 03 y 04, proviene del reciclaje de residuos que provienen de diferentes almacenes, vidrierías y depósitos del municipio de Girardot. De características distintas, dentro de las que se destacan el vidrio templado, vidrio color, vidrio liso y vidrio corrugado, todos estos conocidos como retales o residuos. El vidrio comercial más común y menos costoso, es el vidrio soda cálcico, sus componentes son óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$  71-73%), óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$  12-14%) y óxido de calcio ( $\text{CaO}$  10-12%). Los vidrios que poseen color, verdes, azules, bronce tienen concentraciones muy pequeñas de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). (W. F., 1998) El vidrio se recolectó de diferentes sitios de la ciudad, pasó por un proceso trituración, molienda, clasificación por tamizado, lavado y secado en horno a  $110^\circ\text{C}$ .

De las muestras elaboradas se destacan las siguientes:

Muestra 01, elaborada en concreto convencional con agregados pétreos, esferas reflectivas y color amarillo ocre, de resistencia a la compresión igual a 3000 psi.

Muestra 02, elaborada en concreto convencional con agregados pétreos pintura reflectiva a base de hidróxido de sodio.

Muestra 03, elaborada con concreto convencional, con agregados manufacturados de vidrio reciclado, triturado, molido, lavado y secado, clasificado en dos, agregado grueso de Tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}''$  y agregado fino; con pigmentos fluorescentes y esferas reflectivas.

Muestra 04, elaborada con cemento blanco, pigmentos fluorescentes, resinas y agregados manufacturados de vidrio reciclado.

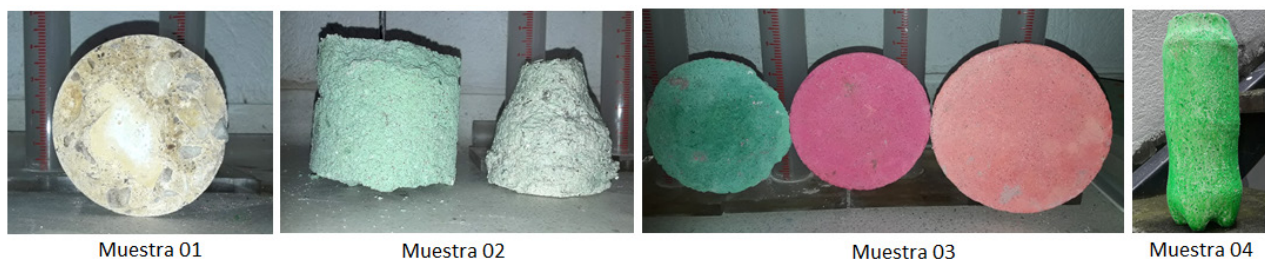


Figura 1. Muestras en concreto reflectivo  
Fuente: propia, 2018

Para definir la funcionalidad, el color y la mezcla óptima para obras de arte viales, se realizó una prueba de campo en las instalaciones del lote del campus universitario de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena, ubicado en la zona nororiental del municipio de Girardot.

Este predio corresponde a un lote en zona de expansión del municipio, que no cuenta con red de luminarias y sus vías de acceso no están pavimentadas. A partir de las 6:00 pm, se preparó una

muestra de 150 conductores que desconocían las muestras reflectivas, compuestas por estudiantes, funcionarios y docentes de la Universidad, que fueron trasladados hasta el lote, donde se ubicaron las muestras demarcando la carretera.

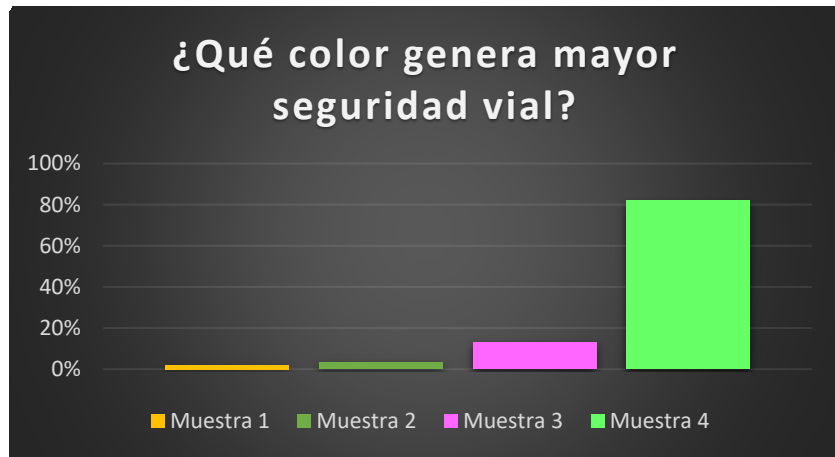


*Figura 2. Prueba en campo: percepción del conductor  
Fuente: propia, 2018*

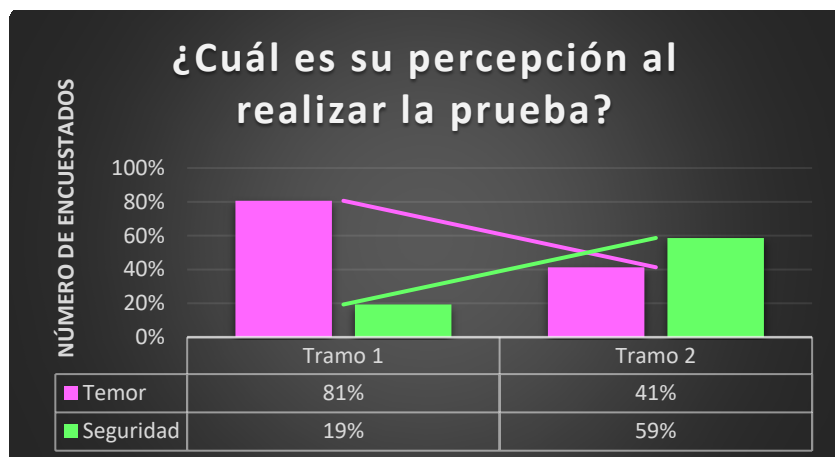
Por medio de una encuesta se midieron las siguientes variables: confort, seguridad vial, reflectividad y color.

## **RESULTADOS**

Después de realizar cuatro concretos con diferentes dosificaciones con resistencia a la compresión igual a 4000 psi (28 MPa), surge la necesidad de identificar ¿Cuál es el color más apropiado para las obras de infraestructura vial? Para resolverlo, se elaboraron muestras con botellas plásticas recicladas de cada una de las cuatro mezclas. Después de 28 días de curado, se instalaron a los costados de la carretera de ingreso del predio de la Universidad Piloto Seccional del Alto Magdalena, un terreno deshabitado que carece de iluminación. Después de las 6:00 pm, cuando la luz del día se desvanece con la llegada de la noche, se trasladaron 150 personas en vehículos, de los cuales se registraron los siguientes resultados. Con una aceptación del 85%, la muestra 04 indicaba mejores condiciones de reflectividad, seguridad vial y señalización que el resto de las muestras.



La prueba se fraccionó en dos tramos, el primero que corresponde al tramo 1 son 100 metros de carretera sin pavimentar, sin iluminación ubicada en una zona con abundante capa vegetal, sin señalización ni demarcación vial. La segunda, denominada tramo 2 concierne a 100 metros de carretera sin pavimentar demarcada con las muestras elaboradas en concreto reflectivo, elaboradas con los cuatro diseños de mezclas, organizadas de la muestra 01 a la 04, ubicadas en los bordes de la vía demarcando el ancho del carril. De la cual, se registró que el 81% de los encuestados sintió temor e inseguridad en el tramo 1 y solo el 41% sintió el mismo temor en el tramo 2.



Una vez se identificó que color generaba mayor seguridad en la demarcación vial con las muestras, era necesario conocer la percepción del usuario frente a la reflectividad, valor medido en laboratorio y comparado con las Normas Técnicas Nacionales, no obstante, se midió cualitativamente en campo, dando resultados favorables para esta investigación.



Comparando las obras de arte para obras de infraestructura vial que se conocen a nivel mundial, con la propuesta de esta investigación, se le preguntó al encuestado si la propuesta de este tipo de prefabricados en concreto reflectivo es útil y necesario para garantizar la seguridad vial, de los cuales se obtuvo un 95% de aceptación.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la percepción del encuestado, la investigación promete resultados satisfactorios, tanto como aporte a la seguridad vial si no que, la muestra elegida por los encuestados genera beneficios socio-económicos y ambientales de su aplicación, impacta positivamente en la sociedad, logra la reducción en los costos de fabricación. Ya que el reciclaje de vidrio en el concreto permite ahorrar recursos naturales, la explotación de recursos naturales, agregados pétreos y las emisiones de gases de invernadero a la atmósfera, el consumo de energía y el espacio para rellenos sanitarios ocupado con residuos de vidrio. Estudios registran que por cada seis toneladas de vidrio incorporado se reducen en una tonelada las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Walhoff Tello, 2017)

Además de la selección de la muestra 04, color verde fluorescente, el usuario percibió satisfactoriamente su efecto reflectivo, la seguridad vial que genera la señalización fluorescente y el confort que requiere todo conductor que usa la malla vial intermunicipal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- El Tiempo. (13 de diciembre de 2017). 2017 quebró década en aumento de muertes por accidentes de tránsito. (Justicia, Ed.) *El Tiempo*. Obtenido de [www.eltiempo.com](http://www.eltiempo.com)
- ICONTEC. (1997). *Barreras de Seguridad de concreto para vías*. (I. C. Certificación, Ed.) Bogotá D.C., Colombia.
- ICONTEC. (2011). Materiales para demarcación de pavimentos. Termo plástico retrorreflectivo Blanco y Amarillo. En I. C. Certificación, & I. C. Certificación (Ed.), *Normas Técnicas Colombianas 5867* (págs. 1-14). Bogotá D.C.
- Rodríguez, M., & Ruiz, M. (Septiembre de 2016). Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 3(2), 53-60.
- W. F., S. (1998). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales* (Tercera ed.). Madrid, España: McGraw Hill.
- Walhoff Tello, G. M. (2017). *Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional*. Barranca: Universidad Nacional "Santiago Anúnez de Mayolo".

## Sobre los autores

- **Liliana Carolina Hernández García**, [liliana-hernandez@unipiloto.edu.co](mailto:liliana-hernandez@unipiloto.edu.co). Ingeniera Civil Especialista en Diseño y construcción de Vías y Aeropistas. Docente TC Universidad Piloto de Colombia, Seccional del Alto Magdalena
- **Jaime Andrés Botero Pardo**, [jaime-botero@upc.edu.co](mailto:jaime-botero@upc.edu.co). Estudiante de VIII Semestre de Ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia. Seccional del Alto Magdalena
- **Eduardo Sandino Bonilla**, [eduardo-sandino@upc.edu.co](mailto:eduardo-sandino@upc.edu.co). Estudiante de VIII Semestre de Ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena
- **Iván Alonso Murillo Ospina**, [ivan-murillo@upc.edu.co](mailto:ivan-murillo@upc.edu.co). Estudiante de VIII Semestre de Ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)