



# Yura: Relaciones internacionales

Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Revista electrónica ISSN 1390-938x

N° 9: Enero - marzo 2017

Estudio experimental, análisis y obtención de una nueva generación de hormigón utilizando polímeros reciclados. pp. 14 - 22

Abatta Jácome, Lenin Rómulo; Zúñiga Morales, Paúl Santiago ; Villacís Troncoso, Eugenia de las Mercedes; Orbe Pinchao, Liseth Verenice

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Escuela Politécnica Nacional

Quito - Ecuador

[lrabatta@espe.edu.ec](mailto:lrabatta@espe.edu.ec)

Abatta Jácome, Lenin Rómulo; Zúñiga Morales, Paúl Santiago ; Villacís Troncoso, Eugenia de las Mercedes; Orbe Pinchao, Liseth Verenice

*Estudio experimental, análisis y obtención de una nueva generación de hormigón utilizando polímeros reciclados.*

*Abatta Jácome, Lenin Rómulo; Zúñiga Morales, Paúl Santiago ; Villacís Troncoso, Eugenia de las Mercedes; Orbe Pinchao, Liseth Verenice*

*Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Escuela Politécnica Nacional  
lrabatta@espe.edu.ec*

## Resumen

El 40% de los neumáticos de los autos que circulan en Ecuador son producidos localmente, es decir, alrededor de 1,1 millones de unidades y considerando que el hormigón es ampliamente utilizado en el sector de la construcción en Ecuador, en esta investigación se pretende mejorar las problemáticas medio-ambientales que generan los neumáticos usados en el país, siendo estos considerados un desecho son causantes de la contaminación ambiental por su escasa utilización en procesos industriales y otros. Los neumáticos al ser triturados en una determinada granulometría pueden servir como materia prima para la generación de hormigón con caucho empleado en canchas deportivas, jardines y otros elementos arquitectónicos decorativos de bajo tráfico. Se considera en esta investigación este polímero desechado (neumáticos), reciclándolo y utilizándolo como reemplazo proporcional de los agregados locales de diferentes tamaños de partículas, analizando su variación de resistencia a compresión mediante ensayos mecánicos realizados en laboratorio. Siendo esta una estrategia para disminuir el costo de producción, creando experimentalmente una nueva generación de hormigón, reduciendo el impacto ambiental que los neumáticos producen y disminuyendo la explotación de los agregados nacionales. Dando como resultado un hormigón con múltiples aplicaciones útiles en el campo de la ingeniería y la construcción.

## Palabras clave

Neumáticos, polímeros, hormigón con polímeros, reciclaje neumáticos, nuevo hormigón.

Estudio experimental, análisis y obtención de una nueva generación de hormigón utilizando polímeros reciclados.

### Abstract

40% of the tires of cars circulating in Ecuador are produced locally, that's around 1.1 million units and considering that concrete is widely used in the construction sector in Ecuador, this research aims to improve environmental problems that generate used tires in the country, and these are considered a waste causing environmental pollution by its limited use in industrial and other processes. The tires to be shredded in a given granulometry can serve as raw material for concrete generation rubber used in sports fields, gardens and other decorative architectural elements of low traffic. It is considered in this research the use of this discarded polymer (tires), by recycling and using as a replacement of proportional local aggregates of different particle sizes, analyzing the variation of mechanical compressive strength by laboratory tests. This being a strategy to reduce the production cost, experimentally creating a new generation of concrete, reducing the environmental impact of tires produced and decreasing the exploitation of national aggregates. Resulting concrete with multiple applications useful in the field of engineering and construction.

### Keywords

Tires, polymers, polymer concrete, recycling tires, new concrete.

El hormigón es el material más empleado en el sector de la construcción en Ecuador, al realizar un breve análisis de su composición se deduce que este puede ser un medio de solución para una de las más grandes problemáticas medioambientales, como son los neumáticos usados que forman parte de las ruedas de los automóviles. Los neumáticos debido a que cumplieron su vida útil o que tienen algún defecto son desechados, siendo estos catalogados como contaminantes debido a la poca reutilización en otra aplicación que involucre a la industria. Actualmente los neumáticos usados son triturados y empleados en Mezclas Asfálticas Densas [1] y en Mezclas Asfálticas en Caliente mediante proceso seco [2].

Siendo el Ecuador un país productor de neumáticos de alta calidad, con un alto consumo local y de exportación, se ve la necesidad de generar nuevos campos de utilización del neumático triturado en el área de la construcción. Al ser titulado en tamaño similar a los agregados que conforman el hormigón, este se convierte en un lugar ideal para su uso en el área de la construcción.

En esta investigación se realiza el reemplazo parcial y en diferentes proporciones de agregados gruesos por caucho triturado proveniente de neumáticos usados.

En Ecuador existe una gran variedad de agregados gruesos que son de diferentes granulometrías como por ejemplo el ripio o lastre, en otras investigaciones estos han sido reemplazados en diferentes proporciones por cuesco de palma africana analizando su resistencia a compresión del hormigón [3].

Consecuentemente esta investigación se torna en una estrategia para disminuir el coste de producción de hormigón que lleva como agregado grueso parcial restos de neumático reciclado, reduciendo el impacto ambiental que este produce.

## Método

Para el presente estudio se utilizó el código para diseño de hormigón del American Concrete Institute, ACI 211.1[4], se determinaron las propiedades físico-mecánicas de los materiales utilizados como agregado grueso, agregado fino, material cementante y agua. Adicionalmente, se trató como agregado grueso al polímero (neumático desechado), obteniendo las propiedades requeridas.

Los áridos utilizados son procedentes de una de las canteras de Quito, los mismos que junto al cemento fueron ensayados en laboratorio en base a normas INEN para obtener sus propiedades físicas; estos resultados permitieron realizar la dosificación patrón.

En base a la dosificación patrón obtenido se realiza la sustitución en diferentes proporciones del agregado grueso por el polímero mencionado anteriormente.

Tanto para la realización de los ensayos de áridos como para la fundición de las diferentes mezclas de concreto y polímero, se procuró tener los materiales (áridos) completamente secos, manteniéndolos en un horno a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  por un periodo de 24 horas, esto de manera que no se afecte la relación agua/cemento ( $a/c$ ), debido al agua que puede contener en el interior del material en su estado natural, así como por la absorción del medio ambiente.

En las curvas granulométricas de las figuras 1, 2 y 3 se muestra que los áridos fino, grueso y neumático cumplen con los requisitos de la norma INEN 872 [5] ya que se encuentran dentro de los límites específicos. Cabe recalcar que al polímero se le dio el tratamiento que se utiliza para el agregado grueso.

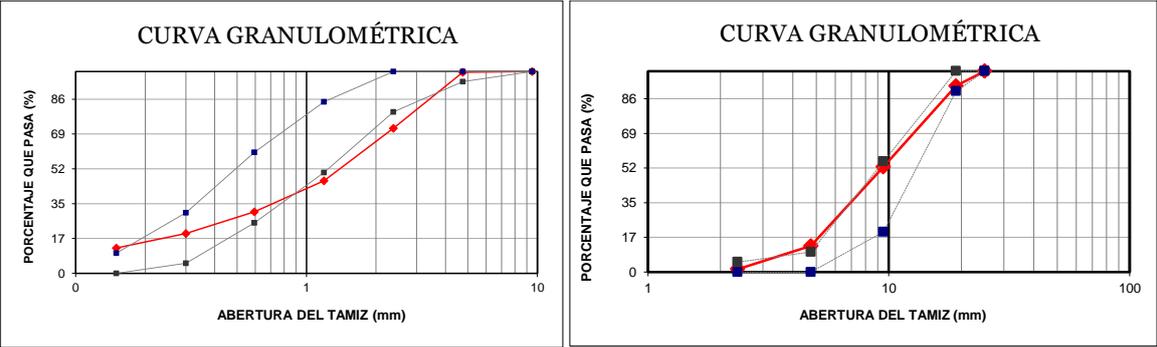


Figura. 1(Izq.) y 2(Der.). Curva Granulométrica con sus límites del Agregado Fino(Izq.) y Grueso(Der.).

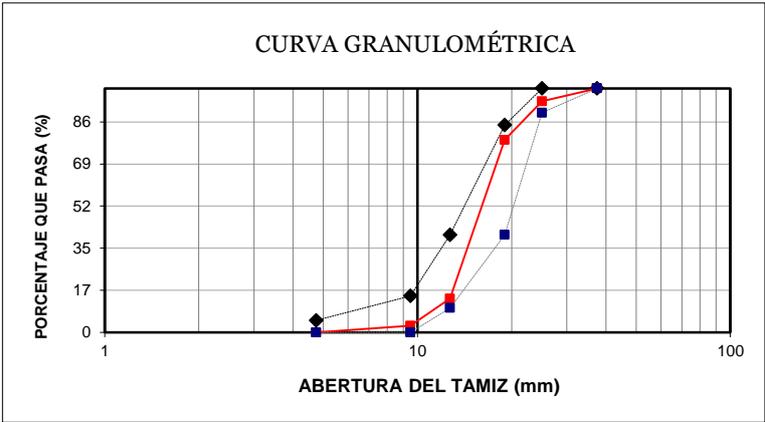


Figura. 3. Curva Granulométrica con límites de agregado grueso para el Polímero.

Los resultados de los ensayos para determinación de las propiedades físico-mecánicas de los materiales utilizados se presentan en la Tabla I. En la figura 4 se puede observar la determinación de las densidades aparentes del polímero.



Figura. 4. Determinación de Propiedades del caucho

Estudio experimental, análisis y obtención de una nueva generación de hormigón utilizando polímeros reciclados.

**TABLA I**  
**PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA MEZCLA DE**  
**HORMIGÓN**

<b>Agregado fino</b>		
<b>Densidades aparentes</b> <b>NORMA: ASTM C29, INEN 858</b>		
Densidad suelta:	1.619	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad compactada:	1.759	gr/cm <sup>3</sup>
<b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b> <b>NORMA: ASTM C128, INEN 856</b>		
Peso específico :	2.506	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico :	2.591	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente :	2.71	gr/cm <sup>3</sup>
Absorción de agua :	3.398	%
<b>ENSAYO CONTENIDO ORGANICO</b> <b>NORMA: ASTM C40</b>		
Escala de gardner	0	
<b>MODULO DE FINURA</b>	3.20	

19

<b>Agregado grueso</b>		
<b>Densidades aparentes</b> <b>NORMA: ASTM C29, INEN 858</b>		
DENSIDAD SUELTA:	1.394	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD COMPACTADA:	1.539	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso específico y absorción</b> <b>NORMA: ASTM C128, INEN 856</b>		
PESO ESPECIFICO :	2.574	gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO S.S.S. :	2.627	gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO APARENTE :	2.719	gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION DE AGUA :	2.078	%
<b>Módulo de finura</b>	6.41	

<b>Polímero</b>		
<b>Densidades aparentes</b> <b>NORMA: ASTM C29, INEN 858</b>		
DENSIDAD SUELTA:	0.512	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD COMPACTADA:	0.611	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso específico y absorción</b> <b>NORMA: ASTM C128, INEN 856</b>		
PESO ESPECIFICO :	1.115	gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO S.S.S. :	1.124	gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO APARENTE :	2.573	gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION DE AGUA :	0.764	%
<b>Módulo de finura</b>	7.18	

<b>Cemento</b>		
Densidad suelta	1.090	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad compactada	1.390	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real	3.120	gr/cm <sup>3</sup>

Abatta Jácome, Lenin Rómulo; Zúñiga Morales, Paúl Santiago ; Villacís Troncoso, Eugenia de las Mercedes; Orbe Pinchao, Liseth Verenice

Para el estudio se diseñó una dosificación patrón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sobre la cual se efectuó un reemplazo de 10, 20, 30 y 50% de agregado grueso por polímero. Para lograr más trabajabilidad de las mezclas se agregó un aditivo acelerante - plastificante. De lo anteriormente expuesto se determinó las relaciones de proporción de agua y cemento en función del porcentaje de reemplazo de caucho por agregado grueso como se observa en la Tabla II.

**TABLA II**  
PROPORCIONES EN PESO DE REEMPLAZO DE POLÍMERO EN LA MEZCLA DE HORMIGÓN

% Reemplazo	Relaciones				
	a/c	Cemento	Arena	Ripio	Caucho
<b>0 (Patrón)</b>	0.697	1.000	2.510	2.867	-
<b>10</b>	0.695	1.000	2.546	2.601	0.126
<b>20</b>	0.692	1.000	2.583	2.330	0.254
<b>30</b>	0.689	1.000	2.621	2.055	0.384
<b>50</b>	0.683	1.000	2.699	1.491	0.650

Para el proceso de mezclado se mantuvo una temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$  y un 50% de humedad relativa, en el lugar de mezclado. Una vez realizada la mezcla se tomó las muestras cilíndricas en base a la norma INEN 1576[6]. De acuerdo al tamaño máximo del agregado grueso y del polímero se utilizaron moldes de 15cm de diámetro y 30cm de altura.

El asentamiento que se obtuvo en la cada una de las mezclas realizadas fue alrededor de 7cm, con lo que podemos asegurar que la trabajabilidad es la necesaria para cualquier tipo de proyecto.

### Resultados

Para la determinación de resistencia a compresión de los especímenes moldeados con los diferentes porcentajes de polímero se realizó ensayos de compresión a los 7 y 28 días, para observar el comportamiento, forma de falla y establecer los usos que se puedan dar a esta mezcla. Para determinar la resistencia de los cilindros se sometieron a una carga de compresión axial según norma INEN 1573[7].

TABLA III  
RESUMEN DE RESISTENCIAS PROMEDIO PARA 7 Y 28 DÍAS

Descripción	Edad (días)	Carga (ton)	Resistencia promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Variación de resistencia (%)
PATRÓN	7	26.36	145.27	69%
10%	7	20.36	109.32	52%
20%	7	15.42	85.55	41%
30%	7	13.96	76.95	37%
50%	7	10.03	55.99	27%
PATRÓN	28	39.85	219.18	104%
10%	28	30.96	164.05	78%
20%	28	24.53	137.43	65%
30%	28	21.13	115.68	55%
50%	28	14.73	81.38	39%

### Discusión

Se puede observar en los resultados mostrados en la Tabla III y en la figura 5, que el esfuerzo del elemento elaborado con un reemplazo del 10% disminuye en alrededor del 26% respecto al patrón.

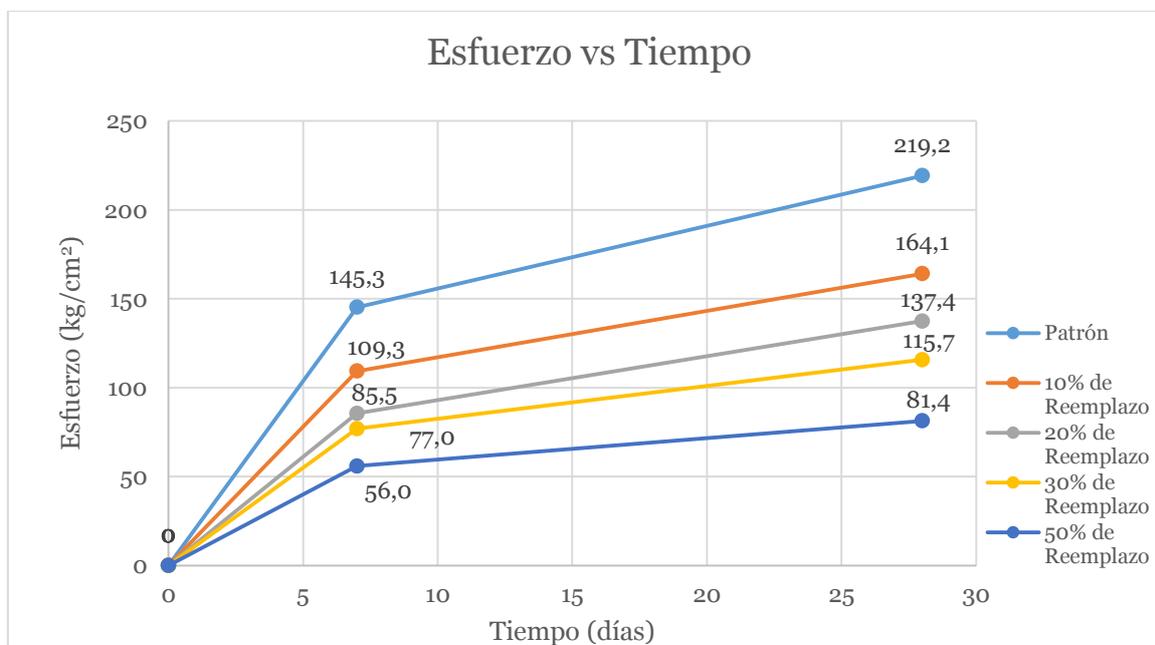


Figura. 5. Curva de Crecimiento de Resistencia del hormigón a lo largo del tiempo.

Abatta Jácome, Lenin Rómulo; Zúñiga Morales, Paúl Santiago ; Villacís Troncoso, Eugenia de las Mercedes; Orbe Pinchao, Liseth Verenice

Este tipo de hormigón está encaminado al uso de materiales de desecho en beneficio del cuidado medioambiental, con los esfuerzos obtenidos se concluye que se puede usar para conformar elementos decorativos, bancas, separación espacios de jardines, etc.

Es importante tener en cuenta la presentación del polímero ya que, en el caso de las partículas planas contenidas en el mismo, se podrían generar planos de falla por la disposición de las mismas dentro del hormigón.

Es importante verificar la incidencia en la resistencia del hormigón, con polímero triturado usándolo como reemplazo del árido fino y compararlo con el uso que se puede dar respecto al hormigón con reemplazo del agregado grueso.

#### Lista de referencias

- [1] Botasso, Rebollo, Utilización de caucho de neumáticos en mezcla asfáltica densa en obras de infraestructura, Repositorio Universidad de Chile, 2006.
- [2] Ramírez, Náyade, Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco, Revista Infraestructura Vial, página 4, Vol. 20, año 2008.
- [3] Abatta, Pilatasig, Orbe, Zúñiga, Villacís, Estudio experimental del uso de cuesco como agregado grueso en hormigón, XI Congreso de Ciencia y Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Ecuador, ISSN 1390-4663.
- [4] ACI American Concrete Institute
- [5] NTE INEN 872 Requisitos de áridos para hormigón
- [6] NTE INEN 1576 Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.
- [7] NTE INEN 1573 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.