

**JIFI2018**  
JORNADAS DE INVESTIGACIÓN  
ENCUENTRO ACADÉMICO INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA UCV

## ESTUDIO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO CON GRANULOMETRÍA CONTROLADA

Jorge González<sup>1\*</sup>, Ronald Torres<sup>2</sup>, Enrique Rodríguez<sup>3</sup>, Raíza García<sup>2</sup>, Luis Rojas<sup>2</sup>, Elimar Gómez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Postgrado Ingeniería Estructural y Sismorresistente

<sup>2</sup> Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME)

<sup>3</sup> Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Departamento Física

[\\*jorgeg79@gmail.com](mailto:*jorgeg79@gmail.com)

### RESUMEN

La necesidad de la utilización de agregados reciclados en la construcción está fundamentada por motivos de índole medioambiental, debido a la generación de grandes volúmenes de residuos de difícil deposición y dando como resultado la obtención de productos útiles a través de materiales de desecho. Esta investigación está dirigida al estudio del grado de influencia que tiene la sustitución del agregado natural por agregados reciclados en la elaboración del concreto y como pueden afectar sus propiedades. Los agregados reciclados proceden de residuos de construcción y demolición donde el concreto es el componente principal. Se tiene como objetivo principal determinar, evaluar las propiedades y el comportamiento del concreto elaborado con agregado reciclado, basados en métodos y ensayos experimentales sistematizados, que se incluyen tanto en la normativa nacional como extranjera, con el fin de obtener los valores de características mecánicas y proponer su utilización como concreto estructural en Venezuela. En este trabajo se utilizará el término agregado reciclado para denominar al agregado reciclado procedente de la recopilación de cilindros de concreto tomados en obra, con la particularidad de utilizar sólo el agregado grueso y controlar su granulometría para realizar el ajuste al agregado grueso natural de referencia. Con base en los resultados se observa un comportamiento semejante al del concreto convencional, con algunas propiedades inferiores a los del concreto convencional.

*Palabras Clave: Concreto estructural, agregado reciclado, granulometría controlada, ensayos de laboratorio.*

### ABSTRACT

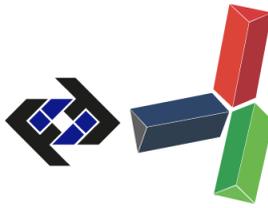
The need for the use of recycled aggregates in the construction is based on reasons of an environmental nature, due to the generation of large volumes of waste difficult to be deposited and resulting in the obtaining of useful products through waste materials. This investigation is directed to the study of the degree of influence that substitution of natural aggregate by recycled aggregates has in the elaboration of concrete and how they can affect their properties. Recycled aggregates come from construction and demolition waste where concrete is the main component. The main objective is to determine, evaluate the properties and behavior of concrete made with

**SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.**

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>



recycled aggregate, based on systematized experimental methods and tests, which are included both in national and foreign regulations, in order to obtain the values of mechanical characteristics and propose its use as structural concrete in Venezuela. In this paper the term recycled aggregate will be used to refer to the recycled aggregate from the collection of concrete cylinders taken on site, with the particularity of using only the coarse aggregate and controlling its granulometry to make the adjustment to the natural coarse reference aggregate. Based on the results, a behavior similar to that of conventional concrete is observed, with some properties inferior to those of conventional concrete..

*Keywords: Structural concrete recycled aggregate, controlled granulometry, laboratory tests.*

## INTRODUCCIÓN

Es conocido que los recursos naturales son finitos y cada día se extraen del medio ambiente grandes cantidades de materiales para la construcción, con lo cual es necesario establecer estrategias y metodologías que permitan la reutilización de algunos de estos materiales. En esta investigación se evalúan las propiedades mecánicas del concreto elaborado con agregado grueso reciclado y granulometría controlada para diferentes dosificaciones de agregado y recomendar su utilización en la construcción de estructuras.

## METODOLOGÍA

La obtención de agregados gruesos reciclados para esta investigación se realizó a partir de la trituración de cilindros de concreto, provenientes de diferentes construcciones de obras civiles de la ciudad de Caracas y de trabajos realizados en el IMME, posteriormente fueron separados por tamaños, de acuerdo con la abertura de los tamices desde 1", ¾", ½", ⅜" hasta ¼", luego lavados con agua para eliminar el polvillo de cemento adherido y después secados.

Los agregados reciclados fueron sometidos a los ensayos normativos correspondientes, para asegurar su calidad. Los resultados del ensayo granulométrico, permitieron elaborar las tablas y las gráficas de porcentaje de pasantes contra tamaño de partícula en mm.

Se elaboraron los diseños de las mezclas del patrón y de las diferentes dosificaciones con agregados reciclados, para concretos con resistencias a compresión de 250 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzadas a los 28 días. Las variables fundamentales que se consideraron para el procedimiento de diseño son: cantidad de cemento, trabajabilidad, relación agua/cemento, y resistencia.

Las dosificaciones se calcularon para la mezcla patrón, elaborada con agregado grueso convencional y para las elaboradas con los diferentes porcentajes parciales de agregado reciclado grueso de 20%, 30%, 40% 50% 60%, 80% y 100% respectivamente. Esta sustitución se realizó reemplazando en peso, las cantidades de agregado natural, por las correspondientes de agregado reciclado grueso en la mezcla patrón, según los porcentajes ya indicados. Este procedimiento se realizó de manera controlada, manteniendo la granulometría obtenida para la mezcla patrón y dentro de los límites, cumpliendo con lo indicado en la Norma COVENIN 277-2000 "Concreto.

Agregados. Requisitos”.

Se elaboraron probetas cilíndricas y viguetas prismáticas de acuerdo con los requisitos normativos, para la muestra patrón, la cual no contiene agregado reciclado y para las dosificaciones de agregado grueso reciclado ya indicadas. Todas las muestras fueron sometidas a curado para evitar la pérdida de resistencia y mejorar la impermeabilidad.

Los cilindros fueron sometidos a los ensayos de compresión y ultrasonido para edades de 3, 7, 14 y 28 días. En este trabajo se presentan preliminarmente los resultados de éstos ensayos para 3, 7 y 14 días, debido a que todavía está en proceso el análisis para los 28 días.

También se implementaron los ensayos de adherencia, de módulo de elasticidad y permeabilidad en probetas cilíndricas para todas las dosificaciones, a los 28 días, sin embargo estos resultados de igual manera se encuentran en proceso de análisis y se presentarán más adelante.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados de los ensayos de compresión

A continuación, se presenta en la **Figura 3.1** un resumen de los resultados de los ensayos de compresión simple y las resistencias promedio obtenidas, siguiendo los criterios establecidos en la *Norma COVENIN 338-2002*.

Se ensayaron dos probetas a los 3, 7, y 14 días, para la muestra patrón y para las elaboradas con las diferentes dosificaciones de agregado grueso reciclado.

De acuerdo con estos resultados preliminares, puede observarse que para todas las mezclas elaboradas con dosificaciones parciales de agregados reciclados grueso, el desarrollo de las resistencias fue creciente en las edades de ensayo estudiadas, tal como ocurre también con la muestra patrón.

La resistencia a la compresión prevista en los diseños de mezcla, de 250 Kg/cm<sup>2</sup>, fue alcanzada casi para todas las mezclas elaboradas con dosificaciones parciales de agregado reciclado grueso a los 14 días.

Las dispersiones de las desviaciones estándar para todas las mezclas no superan el 23% en general y solo para 20R (20% Reciclado) llega hasta 34%. La resistencia media en compresión a los 14 días es 259,19 Kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar promedio es del 4,27 %.

En la **Figura 3.1** se muestran de manera comparativa las resistencias medias para todas las mezclas elaboradas con agregados reciclados gruesos, y las edades de ensayo estudiadas hasta ahora.

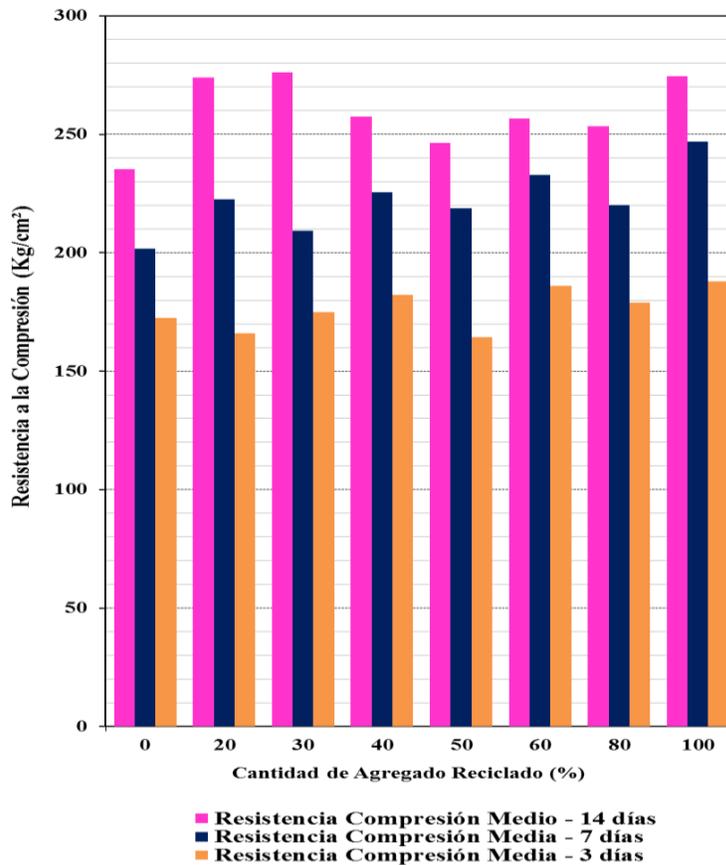


Figura 3.1.- Resistencia media a la compresión de todas las mezclas elaboradas con dosificaciones parciales de agregados reciclados gruesos.

### Velocidad de Pulso Ultrasónico en los Cilindros

Antes de someter los cilindros al ensayo de compresión se aplicó a cada cilindro el procedimiento contemplado en la Norma COVENIN 1681:1980, para obtener las velocidades de pulso ultrasónico, a continuación, se muestra en la **Figura 3.2** un resumen, de manera comparativa, de los resultados de las velocidades medias obtenidas para cada dosificación de agregado reciclado y para la muestra patrón.

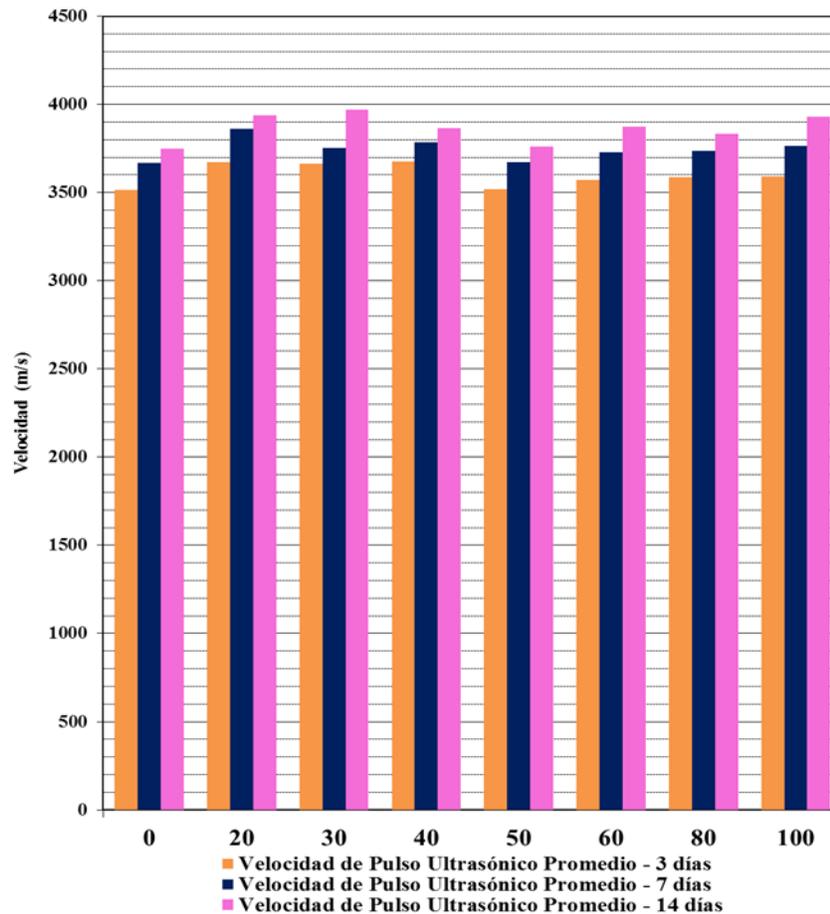


Figura 3.2.- Velocidad ultrasónica media de todas las mezclas elaboradas con agregados reciclados gruesos para todas las edades de ensayo.

Se observa preliminarmente que para todas las mezclas las velocidades medias obtenidas para la edad de 14 días, superan los 3.700 m/s con la media de 3.865 m/s

El estudio realizado en Canadá (Malhotra, 1985) propone un criterio de aceptación del concreto, sobre la base de la medición de la velocidad ultrasónica. La clasificación del concreto en categorías según intervalos de velocidad ultrasónica de este estudio, se presenta en la **Tabla 3.3**.

Tabla 3.3.- Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica (Malhotra, 1985)

<i>Velocidad ultrasónica, <math>v</math> (m/s)</i>	<i>Clasificación del concreto</i>
$V > 4.575$	Excelente
$4.575 > V > 3.660$	Bueno
$3.660 > V > 3.050$	Cuestionable
$3.050 > V > 2.135$	Pobre
$V < 2.135$	Muy pobre

De acuerdo con los resultados preliminares de velocidad ultrasónica obtenidos, todas las mezclas de concreto elaboradas con dosificaciones parciales de agregado grueso, se encuentran dentro del intervalo  $4.575 \text{ m/s} > V > 3.660 \text{ m/s}$  para los 14 días, por lo que se puede calificar al concreto como de Bueno.

## CONCLUSIONES

De manera preliminar, todas estas mezclas elaboradas con agregados gruesos reciclados muestran el desarrollo creciente de la resistencia a compresión desde los 3 hasta los 14 días, estos resultados indican que se ha alcanzado la resistencia a compresión referencial de diseño, para todas las dosificaciones.

Las velocidades ultrasónicas obtenidas para todas las mezclas, elaboradas con agregados gruesos reciclados presentan valores altos de dispersión, sin embargo, los valores obtenidos, para los 14 días superan los  $3.700 \text{ m/s}$ , para todas las dosificaciones, por lo que se pueden considerar homogéneas y de buena calidad, de acuerdo con las referencias consultadas para concretos convencionales.

Estos resultados parciales apuntan a que el concreto elaborado con agregado reciclado tendrá propiedades similares al elaborado con agregado natural.

## REFERENCIAS

- [1] Gayarre F., 2008. “Influencia de la Variación de los Parámetros de Dosificación y Fabricación de Hormigón Reciclado Estructural sobre sus Propiedades Físicas y Mecánicas”. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación
- [2] Norma Venezolana COVENIN 338-2002 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo de cilindros de concreto (2da. Revisión)”. FONDONORMA, Caracas.
- [3] Norma Venezolana COVENIN 277-2000 “Concreto. Agregados. Requisitos (3ra Revisión)” para concreto estructural y de acuerdo con lo señalado también en el Manual de Concreto Estructural.
- [4] Norma Venezolana COVENIN 1681-1980 “Método de Ensayo Para Determinar la Velocidad de Propagación de ondas en el Concreto”. FONDONORMA, Caracas.
- [5] Malhotra, V., 1985. “Nondestructive methods for testing concrete”. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada.
- [6] Porrero, J., Ramos C., Grases, J., Velasco, G., 2009. “Manual de Concreto Estructural”, Editado por SIDETUR, Tercera Edición, Caracas, Venezuela.