

# PROPIEDADES DE AGREGADOS OBTENIDOS POR COMBINACIÓN DE ARENA DE RIO CON AGREGADOS FINOS RECICLADOS

## PROPERTIES OF AGGREGATES OBTAINED BY COMBINING RIVER SAND WITH RECYCLED FINE AGGREGATES

*M.E. Sosa<sup>1</sup>, C.J. Zega<sup>2</sup>, A.A. Di Maio<sup>3</sup>*

*1.- CIC-LEMIT*

*2.- Investigador Asistente CONICET-LEMIT.*

*3.- Investigador Independiente CONICET-LEMIT. hormigones@lemit.gov.ar*

### RESUMEN

La utilización de agregados reciclados en la construcción está fundamentada principalmente en motivos de índole medioambiental, debido a la generación de grandes volúmenes de desechos que hacen necesario la disposición de grandes superficies para el vertido de los mismos. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de diferentes propiedades tales como granulometría, densidad, absorción, material que pasa el tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$  y durabilidad por ataque con sulfato de sodio, determinadas en agregados finos constituidos por combinación de arena silíceo de río y distintos porcentajes de agregados finos reciclados (20, 30 y 40% en peso) provenientes de la trituración de hormigones. Las propiedades obtenidas en cada combinación de agregados son comparadas con las determinadas sobre combinaciones de arena de río y los mismos porcentajes de arena natural de trituración granítica. De los resultados obtenidos surge que las combinaciones con agregados finos reciclados presentan mayor absorción, pérdida de peso por ataque con sulfato de sodio y material que pasa el tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$ , y menor densidad que las mezclas con arena de trituración granítica, presentando sendos tipos de mezclas curvas granulométricas similares.

**Palabras clave:** *agregado fino reciclado, arena de trituración, absorción, ataque por sulfatos.*

## ABSTRACT

The use of recycled aggregates in the construction industry is based primarily on the basis of environmental reasons, due to the need for large areas to dispose large volumes of waste generated. In this paper, the results of the evaluation of different properties such as particle size distribution, specific gravity, absorption, material finer than 75 microns, and durability with sodium sulphate attack, determined in fine aggregates constituted by combining siliceous river sand and different percentages of recycled fine aggregates (20, 30 and 40% by weight), obtained from the crushing concretes, are presented. The properties obtained for each combination of aggregates are compared with those determined for combinations of river sand and crushing granite sand in the same percentages. The obtained results show that the recycled fine aggregate combinations present higher absorption, weight loss of sodium sulphate attack and material finer than 75 microns, and lower specific gravity than combinations with granite crushing sand, presenting similar particle size distributions in both types of mixtures.

**Keywords:** *recycled fine aggregate, crushing sand, absorption, sulphate attack.*

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de residuos conduce a un máximo aprovechamiento de los materiales mediante su reutilización o reciclaje, evitando la masificación de vertederos y contribuyendo a la disminución en el uso de materias primas naturales, hechos que además permiten disminuir la contaminación ambiental y una mayor economía en los productos que con éstos se elaboran.

El reciclaje de los residuos de construcción y demolición es una de las temáticas más abordadas de las últimas décadas, y la utilización de este tipo de desechos como agregados para la elaboración de hormigones, principalmente aquellos que provienen de la trituración de hormigones que han culminado su vida en servicio, es una práctica habitual en países con políticas ambientales claras y eficientes.

En el proceso de obtención del agregado reciclado se generan dos fracciones de materiales, como son el agregado grueso y el agregado fino. Respecto al primero, son cuantiosos los estudios realizados respecto de las características y propiedades que los mismos poseen [1-6]. Incluso en diversos países se han elaborado recomendaciones para su uso en hormigones estructurales, o bien los mismos han sido incorporados a las normativas y

reglamentos vigentes [7-10].

Con relación al empleo de agregado fino reciclado (AFR) en la elaboración de hormigones, los estudios que pueden hallarse son escasos. Entre los disponibles se concluye que los AFR presentan, al igual que los agregados gruesos reciclados, partículas que pueden estar compuestas solamente de mortero, agregado natural ó agregado natural y mortero adherido en proporciones variables, poseen forma irregular, textura superficial rugosa, menor densidad mayor absorción de agua, y pérdida por ataque con sulfatos que las arenas naturales de trituración [6,11,12]. Debido a su elevada absorción de agua, su uso en la elaboración de hormigones no se permite o es muy restringido, ya que puede conducir a una pérdida de trabajabilidad, presentar mayor contracción y creep, tener alta permeabilidad y por consiguiente provocar una deficiente durabilidad [12-15].

El objetivo de este trabajo consiste en evaluar el comportamiento que presentan mezclas de arena silícea de río con distintos porcentajes (20, 30 y 40% en peso) de AFR, proveniente de la trituración de hormigones con piedra partida granítica como agregado grueso, en comparación con mezclas de arena silícea de río con iguales

porcentajes de arena de trituración granítica. Se estudian diferentes propiedades de las mezclas tales como granulometría, densidad, absorción de agua, material que pasa el tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$  y durabilidad por ataque con sulfato de sodio, aplicando en todos los casos los lineamientos indicados en las respectivas normas IRAM habitualmente utilizadas en la evaluación de agregados finos naturales.

**EXPERIENCIAS**

Para dar cumplimiento al objetivo planteado se trituraron hormigones con niveles de resistencia de 30 MPa, elaborados con agregado grueso de piedra partida granítica, para lo cual se utilizó una trituradora de mandíbulas, cuyo material resultante fue tamizado empleando una malla de abertura de 4,75 mm, seleccionando la fracción que pasó dicha malla.

Previa homogenización del material, se tomaron muestras representativas del mismo y se preparon mezclas de arena silíceo de río con 20, 30 y 40% en peso de AFR, a las cuales se les determinó granulometría (IRAM 1505), densidad y absorción de agua (IRAM 1520), material que pasa el

tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$  (IRAM 1540) y durabilidad por ataque con sulfato de sodio (IRAM 1525). Los resultados obtenidos se comparan con los determinados sobre combinaciones preparadas de manera análoga con 20, 30 y 40% en peso de arena de trituración granítica.

Dichas combinaciones de agregados se denominan mediante una letra, que indica el origen de la arena de trituración, la cual será (N) natural o (R) reciclada y un número, que hace referencia al porcentaje de arena silíceo reemplazada. A modo de ejemplo N40, indica que se trata de una combinación de agregados conformada por 60% de arena silíceo de río y 40% de arena de trituración granítica, en tanto que R40 indica que se trata de una combinación de 60% de arena silíceo de río y 40% de AFR.

**RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En la Figura 1 se presentan las curvas granulométricas obtenidas para las diferentes combinaciones de agregado en estudio, junto con las curvas límites (A, B y C) correspondientes a arenas naturales indicadas en el CIRSOC 201 [16] para la elaboración de hormigones.

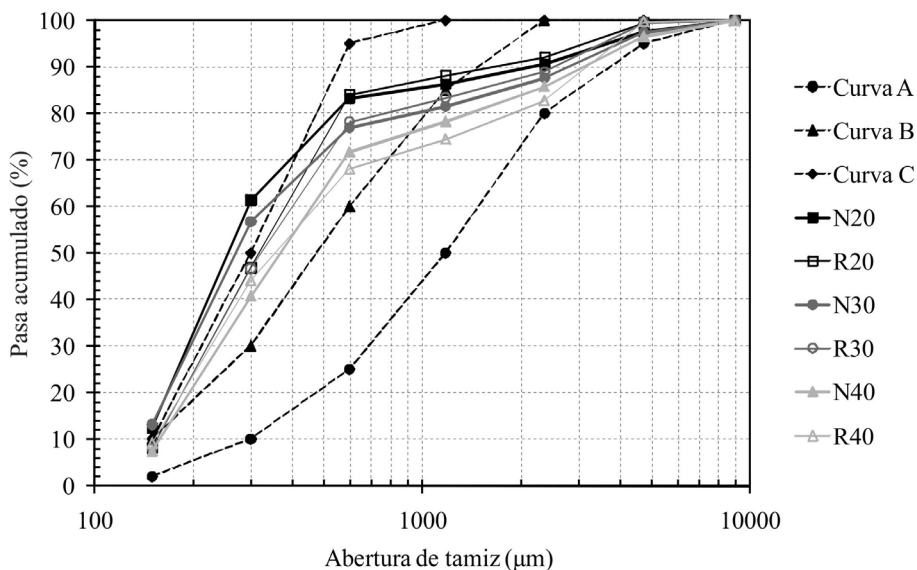


Figura 1. Curvas granulométricas

Se observa que las combinaciones con igual porcentaje de arenas de trituración (natural y reciclada) son similares entre sí, siendo levemente más gruesas las que contienen AFR. Este hecho hace que las combinaciones con arena de trituración granítica, a diferencia de las combinaciones con AFR, no se encuentren comprendidas en su totalidad entre los límites granulométricos A y C, debido fundamentalmente a la finura que presenta la arena silícea de río (modulo de finura 1,21).

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en cada una de las propiedades evaluadas tanto para las combinaciones con AFR como para las que contienen arena de trituración granítica, los cuales corresponden al promedio de al menos tres determinaciones.

En la Figura 2 puede observarse que, las combinaciones con AFR poseen menor densidad, del orden del 2, 3 y 4% para las mezclas con 20, 30 y 40% de AFR, respecto a las combinaciones con

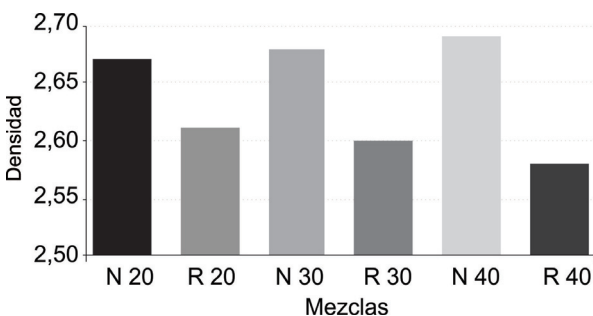
arena de trituración granítica.

En el caso de las mezclas con arena de trituración granítica se produce un aumento de la densidad al incrementarse el contenido de la misma, debido a que su densidad es levemente superior que la de la arena de río (densidad arena de río 2,68; arena de trituración granítica 2,72). Cuando las combinaciones se realizan con AFR, las densidades disminuyen a medida que aumenta el porcentaje AFR, hecho que se atribuye a la menor densidad que poseen los mismos, debido a la presencia de mortero adherido en sus partículas.

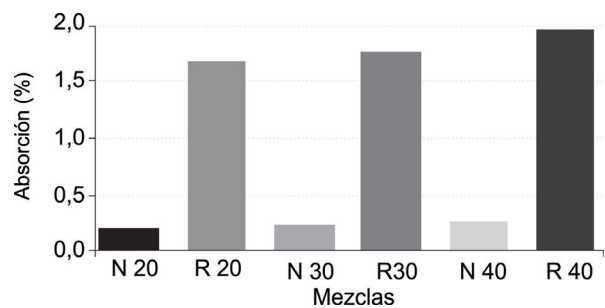
En cuanto a la absorción de agua de las diferentes combinaciones, la cual se presenta en la Figura 3, se puede observar que la misma se mantiene prácticamente constante para las combinaciones N, mientras que se produce un pequeño incremento de la misma en las combinaciones R, a medida que aumenta el porcentaje de AFR, siendo este incremento del 16% entre las combinaciones R20

**Tabla 1.** Propiedades de las combinaciones de agregados finos

Agregado	Módulo de finura	Densidad	Absorción (%)	Pasa tamiz IRAM 75 µm (%)	Pérdida por ataque con sulfato (%)
N20	1,68	2,67	0,20	0,55	2,43
R20	1,81	2,61	1,68	1,66	4,87
N30	1,87	2,68	0,24	0,66	2,20
R30	1,95	2,60	1,76	2,05	6,16
N40	2,20	2,69	0,25	0,77	2,30
R40	2,22	2,58	1,95	2,19	7,33



**Figura 2.** Densidad de las mezclas



**Figura 3.** Absorción de agua de las mezclas

y R40. Además resulta claramente observable la mayor absorción que poseen las combinaciones con AFR respecto a las correspondientes con arena de trituración granítica (750, 800 y 900% para 20, 30 y 40% respectivamente), debido a la presencia de mortero adherido que tienen las partículas de AFR, el que posee una mayor porosidad.

Respecto del contenido de material que pasa el tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$ , en la Figura 4 se puede observar que el mismo se incrementa para ambos tipos de combinaciones (N y R) conforme aumenta el porcentaje de arena de trituración o AFR que contienen. Si bien para todos los casos el porcentaje de material que pasa dicho tamiz es mayor para las combinaciones con AFR respecto a las correspondientes con arena de trituración, puede observarse que dicho aumento es mayor para estas últimas, siendo del 34%, mientras que para las que contienen AFR el mismo es del orden del 30% (entre las combinaciones de 20 y 40%).

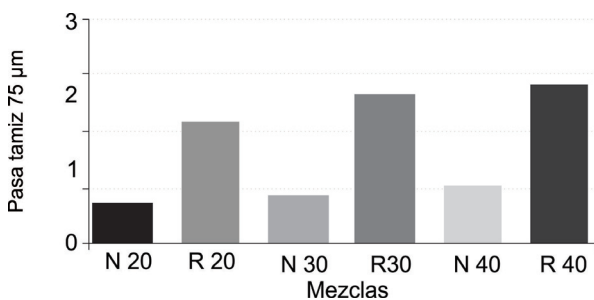


Figura 4. Material que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  de las mezclas

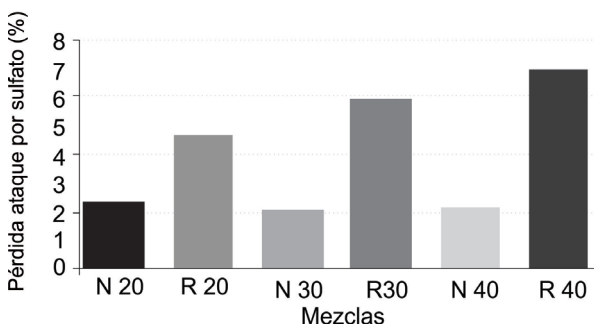


Figura 5. Pérdida por ataque con sulfato de sodio de las mezclas

Sin embargo cabe mencionar que para todos los porcentajes de AFR los resultados obtenidos se encuentran dentro del límite inferior del 5% indicado en el reglamento CIRSOC 201 para agregados naturales.

En la Figura 5 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de durabilidad por ataque con sulfato de sodio, donde se evidencia una pérdida superior de material en las combinaciones con AFR, respecto de las que contienen arena de trituración granítica, siendo del 51, 65 y 68% para las combinaciones con 20, 30 y 40% respectivamente. Al respecto puede observarse que a medida que se incrementa el porcentaje de AFR, se produce un comportamiento más deficiente de las mismas, hecho que también está relacionado con la presencia de mortero adherido en los AFR, dado que es un material más fácilmente degradable ante dicha exposición, por la elevada porosidad que posee. También en este caso se evidencia que para los tres porcentajes de AFR evaluados se verifica que la pérdida porcentual en peso es inferior al límite del 10% indicado para los agregados naturales.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio sobre mezclas de arena silíceas de río con distintos porcentajes de AFR (20, 30 y 40% en peso), se puede concluir que los mismos presentan curvas granulométricas similares a las determinadas en mezclas elaboradas con iguales porcentajes de arena de trituración granítica, siendo levemente más gruesas las que poseen AFR. Las densidades de las combinaciones con AFR resultan inferiores a las de aquellas con arena de trituración granítica, y decrece conforme aumenta el porcentaje de AFR. Este hecho es atribuido a la menor densidad que presentan los AFR producto del mortero adherido que poseen sus partículas.

Otras propiedades como la absorción de agua, ataque por sulfato de sodio y material que pasa el tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$  resultan superiores en las

combinaciones con AFR, siendo este incremento más notorio cuanto mayor es el porcentaje de AFR empleado, debido a la mayor porosidad y por ende mayor degradabilidad del mortero adherido que éstos presentan. Es de notar que, no obstante el incremento de estas propiedades, todas las combinaciones evaluadas cumplen con los límites que establece el reglamento CIRSOC 201 para agregados finos naturales.

De lo expuesto surge que los resultados obtenidos en las distintas propiedades evaluadas en mezclas de arena silíceas de río con hasta un 40% en peso de AFR, se encuentran por debajo de los límites establecidos para agregados naturales en el reglamento CIRSOC 201 para su utilización en hormigones.

## REFERENCIAS

- 1.- Nixon, P.J. (1978). Recycled concrete as an aggregate for concrete- a review. *Matériaux et constructions*, Vol. 11, N° 5, pp.371-378.
- 2.- Hansen, T.C., Narud, H. (1983). Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. *Concrete International*, Vol. 5, N° 1, pp.79-83.
- 3.- Sri Ravindrajah, R., Tam, C.T. (1985). Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate. *Magazine of Concrete Research*, Vol. 37, N° 130, pp.29-38.
- 4.- Tavakoli, M., Soroushian, P. (1996). Strengths of Recycled Aggregate Concrete made Using Field-Demolished Concrete as Aggregate. *Materials Journal*, ACI, pp.182-190.
- 5.- Boyle-Bodin, F., Hadjiev-Zaharieva, R. (2002). Influence of Industrially Produced Recycled Aggregates on Flow Properties of concrete. *Materials and Structures*, Vol. 35, N° 52, pp.504-509.
- 6.- Zega, C.J., Sosa, M.E., Di Maio A.A. (2010). Propiedades de los agregados finos reciclados procedentes de hormigones elaborados con distintos tipos de agregados gruesos naturales. *Memorias de la 18° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón*, Mar del Plata, Argentina, pp.33-38.
- 7.- Gröbl, P., Rühl, M. (1998). German Committee for Reinforced Concrete (DafStb) – Code: Concrete with Recycled Aggregates. *Proc. Int. Symposium Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete Aggregates*. University of Dundee, London. (Disponible en [www.b-i-m.de](http://www.b-i-m.de))

- 8.- RILEM Recommendation 121-DRG (1994). Guidance for demolition and reuse of concrete and masonry. Specifications for concrete with recycled aggregates. Materials and Structures, RILEM, Vol.27, pp.557-559.
- 9.- ACI Committee 555 (2002). Removal and reuse of hardened concrete. Materials Journal, ACI, N°99-M31, pp.300-323.
- 10.- EHE (2008). Instrucción de Hormigón Estructural. Comisión Permanente del Hormigón, Ministerio de Fomento, España. Anejo 15, Recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados. (Disponible en [www.fomento.es](http://www.fomento.es))
- 11.- Zega, C.J., Di Maio, A.A. (2006). Comportamiento de hormigones elaborados con agregado fino reciclado. Memorias 16° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, Mendoza, Argentina, pp.47-54.
- 12.- Rodríguez Tovar, G. (2011). Estudio de morteros de agregado fino reciclado en matrices con cemento Portland y en matrices de escoria de horno alto activada alcalinamente. Tesis de magíster. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, canales y puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña, 75 p. (Disponible en <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/12119>)
- 13.- Hansen, T.C. (1986). Recycled aggregate and recycled aggregate concrete. Second state-of-the-art. Report developments 1845-1985. Materials and Structures, Vol. 19, N° 3, pp.201-246.
- 14.- Poon, C.S., Azhar, S., Kou, S.C. (2003). Recycled aggregates for concrete applications. MaSTEC2003 - Materials Science and Technology in Engineering Conference - Now, New and Next, Hong Kong.
- 15.- Etxeberria, M., Marí, A., Vázquez, E. (2007). Recycled aggregate concrete as structural material. Materials and Structures, Vol. 40, N° 5, pp.529-541.
- 16.- CIRSOC 201 (2005). Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (En trámite de aprobación)