

Estudio: El hormigón reciclado

Carlos Aguilar (*) ()**
María Pía Muñoz ()**
Oscar Loyola ()**

(*) Empresa SOCOVESA Ingeniería y Construcciones S.A. Departamento de Estudio de Proyectos.
(**) Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Obras Civiles.



Hormigón reciclado de antiguas probetas de laboratorio.



Hormigón reciclado de pavimento demolido.



Árido grueso de hormigón reciclado triturado.

Este nuevo trabajo (*) analiza el efecto que causa en las propiedades del hormigón el uso de árido reciclado. Si bien se observan disminuciones en las propiedades resistentes y elásticas de estos hormigones, se puede emplear el material reciclado si se introducen agentes que proporcionen una mejoría.

La presente investigación tuvo como objetivo analizar las propiedades de hormigones fabricados con cemento Portland Puzolánico y áridos reciclados obtenidos de hormigones demolidos. Para ello, se analizó el efecto sobre las propiedades del hormigón de la clase y dosis de cemento, así como también, la cantidad y tipo de árido reciclado utilizado en la mezcla.

Al comparar áridos reciclados con naturales, se observan disminuciones en prácticamente todas las propiedades físicas de los primeros. Destaca la elevada absorción de agua del árido grueso reciclado.

Respecto de las propiedades en estado fresco, los hormigones fabricados con árido grueso reciclado presentan valores levemente inferiores a los alcanzados por los hormigones con árido natural. En el endurecido se observaron pérdidas de resistencia a compresión y módulo de elasticidad en hormigones elaborados con árido grueso reciclado con respecto a hormigones de árido natural. Se destaca que la sustitución total de árido grueso natural implica menores pérdidas a las presentadas en hormigones con reemplazo parcial.

Desde una perspectiva global, el mortero adherido a la superficie de la partícula pétreo del árido de hormigón reciclado se presenta como el factor crítico en prácticamente todas las propiedades que alcanza un hormigón elaborado con este tipo material.

Introducción

En el último tiempo, el mundo ha sido protagonista de una motivación muy relevante: «Preservar y proteger el medio ambiente de un inminente desequilibrio ecológico». Lo anterior, sumado a la gran demanda de recursos básicos, provocando escasez de materias primas, ha impulsado el reciclaje como un proceso recuperador que logra actividades sin dañar al medio ambiente. Por tanto, el surgimiento de una posible alternativa que reemplace los áridos naturales resulta de gran valor e interés.

(*) En la Revista BiT 41, página 44, se presenta una investigación sobre reutilización de residuos de hormigón realizada en el IX Región, www.revistabit.cl.

Tabla 1

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Dosis de Agua	200 Lt																	
Curva Granulométrica	Entre curvas N°2 y N°3 de la Road Note N°4																	
Tamaño Máximo	20 mm																	
Tipo de Árido	Natural Reciclado				Hormigón Laboratorio						Reciclado Hormigón Demolido							
Tipo Cemento	T1		T2		T1			T2			T1				T2			
Dosis Cemento	335	450	335	450	335	450	365	335	335	450	365	450	335	450	365	450		
% de Reciclado	0				50	100	50	100	100	50	100	50	100	50	100	50	100	
N° Hormigón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

T1 : Cemento Portland Puzolánico grado Corriente.

T2 : Cemento Portland Puzolánico grado Alta Resistencia.



Planta móvil procesadora de árido reciclado (España).

Programa experimental

El programa experimental utilizado analizó el efecto sobre las propiedades del hormigón según el tipo y dosis de cemento y la cantidad de árido reciclado empleado en la mezcla. El estudio consideró tres etapas. En la primera etapa se fabricó un hormigón tradicional constituido por áridos naturales, para ser utilizado como patrón de comparación. En la segunda se trituró un hormigón hecho en laboratorio para ser utilizado como árido grueso en la fabricación de un nuevo hormigón. En la tercera, se trituró un hormigón proveniente directamente de una demolición como árido grueso para un nuevo hormigón.

Los parámetros que se mantuvieron constantes durante las tres etapas fueron: Dosis de agua, curva granulométrica y tamaño máximo del árido. Respecto del contenido de cemento para la mezcla de control, se utilizaron dos dosis diferentes para fabricar dos hormigones de distinta resistencia (razón $W/C=0.6$ y $W/C=0.45$).

Lo propio se hizo con las mezclas de árido grueso reciclado de la segunda y tercera etapa, para brindar una comparación directa con la mezcla de control. Dado que los antecedentes bibliográficos señalaron que las propiedades resistentes de un hormigón de árido reciclado son menores que las de un hormigón de árido natural, se incluyó una tercera dosis de cemento en las mezclas de árido reciclado para determinar el incremento de cemento que sería necesario para obtener una resistencia equivalente a la de control. El

incremento de cemento utilizado fue de 30 kg/m^3 respecto de la menor dosis.

La segunda variable de consideración en la investigación correspondió al porcentaje de árido reciclado presente en las mezclas de la segunda y tercera etapa. Se analizó la variabilidad de las propiedades cuando se reemplaza el árido grueso natural parcial o totalmente (50% y 100%, respectivamente). La Tabla N°1 presenta el programa experimental utilizado.

Resultados y discusión

El proceso de triturado aplicado, tanto en el hormigón de laboratorio como en el de pavimento demolido, ocasionó que el árido reciclado resultante tuviese una forma fundamentalmente angulosa y textura áspera. Aun cuando esta situación se presentó para ambos áridos reciclados, es notorio que para el producido a partir de hormigón de pavimento demolido se manifestó de manera mucho más marcada, lo cual podría atribuirse a la forma que presentaba el árido con el cual se elaboró el hormigón original.

Analizando las propiedades físicas que poseen los áridos de hormigón reciclado respecto de los áridos naturales, se destaca la notable diferencia de absorción de agua, la cual llega a superar en casi siete veces el valor correspondiente para el árido grueso natural, constituyendo uno de los aspectos más críticos para su empleo. Las causas que explican este fenómeno se-

rían consecuencia del mortero adherido a la superficie de la partícula pétreas y en particular, a la presencia de microgrietas de 2 a 4μ en la pasta de cemento hidratado adherida al árido. Es posible también que una parte de la absorción se desarrolle en la interfase mortero-agregado.

Respecto a las propiedades del hormigón en estado fresco, la Figura 1 muestra el efecto de la dosis de cemento en la magnitud del asentamiento de cono. Del análisis de esta figura se puede apreciar una pérdida de asentamiento de cono a medida que aumenta la cantidad de cemento empleada. Esto se advierte tanto en los hormigones normales como en los elaborados a partir de árido reciclado. Lo anterior puede atribuirse a que el aumento de la dosis de cemento implica una mayor cantidad de partículas de cemento a ser hidratadas con la misma dosis de agua, lo que produciría la pérdida de asentamiento registrada. De los resultados es posible inferir que el asentamiento de cono disminuye conforme aumenta el porcentaje de árido grueso de hormigón reciclado.

Lo anterior podría explicarse porque los áridos de hormigón reciclado, a causa del chancado, adquieren una forma angulosa y una textura áspera, produciendo un incremento de la fricción interna que demanda una mayor cantidad de mortero para mantener cierta docilidad en el hormigón. Asimismo, la densidad del hormigón fresco también se vio altamente influenciada por el porcentaje de árido reciclado que sustituyó al árido grueso natural en los hormigones estudiados, disminuyendo a medida que la presencia de árido reciclado aumentaba.

Respecto de las propiedades del hormigón en estado endurecido, la Figura 2 presenta los resultados de resistencia a la compresión respecto del porcentaje de áridos reciclado. En cuanto

Gráfico 1

Relación entre la dosis de cemento y el asentamiento de cono separado por tipo de árido

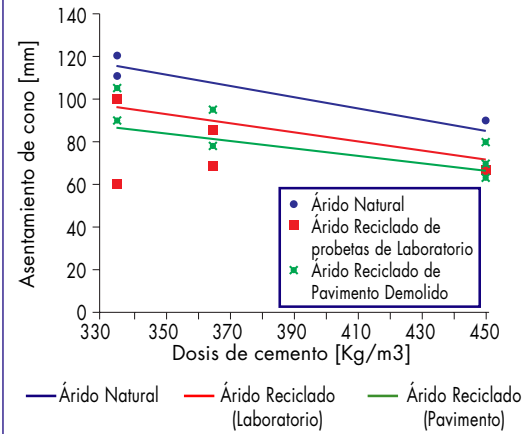
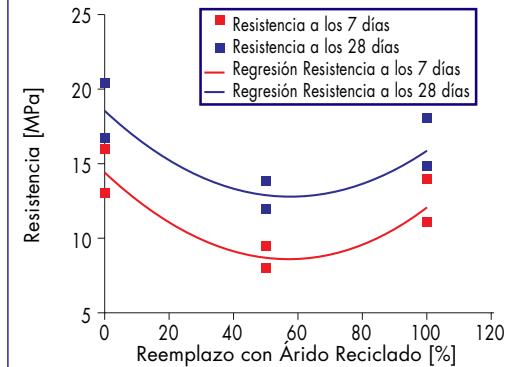


Gráfico 2

Relación entre la resistencia a la compresión y el porcentaje de árido reciclado para una dosis de cemento de 335 Kg/m³



al efecto del porcentaje de árido reciclado sobre la resistencia a compresión de un hormigón de resistencia baja esperada, dosis de cemento de 335 kg/m³, y elaborado con cemento grado corriente, se registraron severas pérdidas de resistencia (entre 17% y 26% a los 28 días) cuando el reemplazo de árido grueso natural por árido grueso reciclado fue parcial. Cabe destacar que la mayor pérdida se produjo cuando se utilizó árido reciclado de pavimento demolido. Asimismo, cuando el porcentaje de sustitución fue total, se registraron pérdidas de resistencia de aproximadamente 10% para ambos tipos de árido reciclado. Este comportamiento podría atribuirse a la interacción de dos efectos: Primero, a la baja resistencia del mortero adherido a la superficie de la partícula pétreo reciclada; segundo, a un inadecuado acomodo entre las partículas de árido natural y reciclado de hormigón de demolición, considerando que este último procedía de un pavimento de hormigón con tamaño máximo de árido de 40 mm y cuyo triturado generó una forma significativamente angulosa. La obtención de una resistencia a compresión equivalente a la de un hormigón tradicional puede ser posible incrementando la dosis de cemento en aproximadamente 10%. No obstante, esto es aplicable a un hormigón dosificado para resistencia baja y elaborado con cemento portland puzolánico grado corriente, siendo arriesgado predecir la dosis adicional que re-

queriría un hormigón diseñado para alcanzar resistencias superiores y preparado con otro tipo de cemento.

En cuanto al efecto del porcentaje de árido reciclado sobre el módulo de elasticidad de un hormigón de resistencia baja esperada y elaborado con cemento grado corriente, se registraron severos descensos (entre 42% y 44% a los 28 días) cuando se reemplazó totalmente el árido grueso natural por el reciclado. Estos bajos valores se vieron aún más marcados cuando el reemplazo fue parcial (descenso del módulo de elasticidad entre 50% y 66% a los 28 días), resultando más disminuido al utilizar árido grueso reciclado de pavimento demolido.

Por otra parte, analizando los efectos del tipo de árido utilizado sobre el módulo de elasticidad de un hormigón de resistencia baja esperada (dosis de cemento de 335 kg/m³) y elaborado con cemento grado alta resistencia, se registró un descenso a los 28 días de 51% cuando se reemplazó totalmente el árido grueso natural por el reciclado. Asimismo, para un hormigón de resistencia alta esperada (dosis de cemento de 450 kg/m³) y elaborado con cemento grado alta resistencia, se registró un descenso a los 28 días de 45% cuando se reemplazó totalmente el árido grueso natural por árido grueso reciclado. Estos resultados podrían atribuirse, además de las razones expuestas para la resistencia a compresión, a la baja calidad y deformabilidad del mortero adherido al árido de hormigón reciclado. Por otra

parte, la obtención de un módulo de elasticidad equivalente al de un hormigón tradicional no pasa exclusivamente por aumentar la dosis de cemento en la dosificación de las mezclas de árido reciclado. Esta propiedad sigue siendo altamente susceptible a la calidad del árido de hormigón reciclado y a la deformabilidad del mortero adherido a éste.

Conclusiones

Se observaron disminuciones en prácticamente todas las propiedades físicas de los áridos reciclados, así como en las propiedades resistentes y elásticas de los hormigones preparados con éstos. Algunas de estos decrecimientos son menores y no constituyen un inconveniente para su utilización. Sin embargo, para controlar aquellas propiedades afectadas severamente es indispensable introducir agentes que proporcionen una mejora a este tipo de hormigones.

Se destaca la notable diferencia de absorción de agua entre los áridos utilizados, la cual llega a superar en casi siete veces el valor correspondiente para el árido grueso natural, constituyéndose como uno de los aspectos más críticos para su empleo.

Se observó que el asentamiento de cono de Abrams se ve influenciado principalmente por la dosis de cemento, por el tipo de cemento y por el porcentaje de árido chancado utilizado como reemplazo del árido grueso natural.


En general, se observa un leve descenso de cono en las mezclas con árido reciclado respecto de las mezclas de control. Asimismo, la densidad del hormigón fresco también se ve altamente influenciada por el porcentaje de árido reciclado que sustituye al árido grueso natural en los hormigones estudiados, disminuyendo a medida que la presencia de árido reciclado aumenta.

Los hormigones elaborados a partir de áridos reciclados presentaron valores de resistencia a compresión disminuidos respecto de los alcanzados por los hormigones tradicionales. Esta pérdida de resistencia se vio influenciada principalmente por dos factores: Por el porcentaje de árido de hormigón reciclado que reemplazó al árido grueso natural y por el tipo de árido utilizado en la confección de las mezclas. La obtención de una resistencia a compresión equivalente a la de un hormigón tradicional puede ser posible incremen-

tando la dosis de cemento en aproximadamente 10 por ciento.

Las propiedades elásticas de los hormigones en estudio se vieron altamente influenciadas por el tipo de árido y por el porcentaje de árido reciclado. Esto podría atribuirse a la baja calidad y deformabilidad del mortero adherido al árido de hormigón reciclado.

Agradecimientos

Este artículo está basado en la memoria de Ingeniero Civil de la Sra. María Pía Muñoz y del Sr. Oscar Loyola guiada por el autor. El autor agradece su trabajo para llevar a buen término la presente investigación. Además se agradece al Laboratorio Nacional de Vialidad de Chile por la asesoría técnica. Asimismo, la donación de materiales y cooperación de la empresa de cementos Polpaico. 

caguilar@socovesa.cl

Referencias

- Aguilar, C., Muñoz, M.P. y Loyola, O. (2005). Utilización del Hormigón Reciclado como material de Reemplazo de Árido Grueso en la fabricación de Hormigones. Revista Ingeniería de Construcción, Vol. 20, N°1, pp. 35-44.
- Loyola, O. y Muñoz, M.P. (2002). Utilización del Hormigón Reciclado como Material de Reemplazo del Árido Grueso en la Fabricación de Hormigones. Memoria de Ingeniero Civil, Universidad de Santiago de Chile.
- Park, S. G. (1999). Recycled concrete construction rubble as aggregate for new concrete. Building Research Levy and the Foundation for Research, Science and Technology. Study Report N°86. Nueva Zelanda.
- Rashwan, M. S. and Abourizk, S. (1997). The properties of recycled concrete. Concrete International Journal, vol. 19, N°7.
- Ravindrarajah, R. S., Stewart, M. and Greco, D. (2001). Variability of recycled concrete aggregate and its effects on the properties of concrete. Second International Conference on Engineering Materials.
- Tavakoli, M. and Soroushian, P. (1996). Strength of recycled aggregate concrete made using field-demolished concrete as aggregate. ACI Material Journal, vol. 93, N°2, pp. 182-190.