



1 Extracción del material.



2 Material pretriturado.



3 Material triturado.

Estudio

Reutilización de residuos de hormigón

En el país se desarrolla un estudio experimental sobre reutilización de residuos provenientes del hormigón con el objetivo de demostrar su capacidad para cumplir con las normas vigentes y para disminuir la extracción desde ríos y canteras.

**Héctor Montoya J.
Cristian Pino B.
Gonzalo Valdés V.**

Departamento de Ingeniería en Obras Civiles de Universidad de La Frontera

Aunque no existen datos precisos sobre la producción de residuos de construcción y demolición en Chile, la CONAMA los estima en unos 26.000 m³ anuales en la IX Región. Éstos se componen principalmente de materiales cerámicos y hormigón, y en menor proporción piedra, áridos, madera, metales y plásticos. A su vez, se consumen numerosas toneladas de áridos destinadas a la fabricación de hormigón, mortero, aglomerados asfálticos y prefabricados, construcción de bases y sub bases de carreteras y rellenos, entre otros usos.

En este escenario surge una oportunidad propicia para la reutilización de los residuos de hormigón. La experiencia europea en esta materia es amplia e incluye catálogos de residuos utilizables en geotecnia, carreteras y estructuras, entre los cuales se encuentran los escombros de hormigón y de mampostería. Es más, en España ya existen diez plantas de reciclado de áridos y se prevé la apertura de nuevas industrias de este tipo en el corto plazo. Sin embargo, en nuestro país aún no se conoce un método de reciclaje directo de estos residuos (foto 1).

En pavimentos

Una de las aplicaciones que recoge este estudio para los escombros es la de agregado pétreo en pavimentos de hormigón y asfálticos. Aunque en Chile no se reciclan los residuos con este fin, sí se utilizan como material integral de bases tratadas y no tratadas, relleno, y en casos extraordinarios como material fracturado para defensas fluviales.

Para que los áridos procedentes del reciclado sean empleados en la fabricación del nuevo hormigón es imprescindible que se realice una separación inicial, seleccionando únicamente los áridos procedentes de hormigón.

Al fijar las especificaciones técnicas que debe cumplir el árido reciclado para su aplicación, se deben tener en cuenta dos aspectos:

- Sus características específicas son distintas al árido natural extraído desde un río o cantera, por lo que pueden existir nuevas propiedades que deben controlarse.
- Su origen implica una mayor variedad en la producción, es decir, sumar al árido natural la fabricación del reciclado.

Éstos y otros aspectos se abordaron en este estudio desarrollado en la Universidad de La Frontera con colaboración de las siguientes entidades: Cementos Bío-Bío y Melón, Constructora René Pizarro Wolf (RPW), entre otras empresas, y con recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, a través del Programa «Aplicación del Sistema de Financiamiento de Tesis Pro Desarrollo IX Región» del 2003.

Objetivos

Recuperar los escombros de hormigón, creando conciencia ambiental, logrando la elaboración de un hormigón reciclado aceptable y sustentable técnicamente, además de atractivo económicamente.

Estudio Experimental

Con la necesidad de establecer un planteamiento conservador en una aplicación estructural de este material, se establecen requisitos previos para el estudio de su potencial utilización:

- Analizar solo la aplicación de la fracción gruesa de árido reciclado.
- Estudiar inicialmente las posibilidades de utilización en ambientes no agresivos.

El reciclado de los escombros, extraídos desde el proyecto Construcción Eje Caupolicán de Temuco, IX Región, se realizó en la Planta Chancadora de Áridos de la Constructora RPW. Previamente se efectuó una pretrituración a los bloques de pavimento (de 10" aproximadamente). Luego de pasar por la chancadora los tamaños máximos obtenidos son del orden de las 3", tamaño suficiente para realizar los ensayos y fabricar hormigón (foto 2).

Al momento de chancar el material se realiza un análisis visual, detectan-

**TABLA 1
RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES
DEL ÁRIDO GRUESO RECICLADO**

Propiedad	Norma de ensayo	Resultados	Especificaciones
Granulometría	LNV 63 - 84	—	50 - 25
Contenido de granos finos	NCh 1223. Of. 1977	2,8%	< 0,5 %
Forma de los granos	Rodado	LNV 3 - 86	< 30 %
	Chancado		< 70 %
Condición de porosidad	NCh 1117. EOf. 1977	4,61%	< 2 %
Desgaste a la abrasión	NCh 1369. Of. 1978	26,1%	< 35 %
Densidad aparente	Suelta	1287 Kg/m ³	1500 - 1600 Kg/m ³
	Compactada	1423 Kg/m ³	1700 - 1750 Kg/m ³
Densidad real	Sat. Sup. Seca	NCh 1117. EOf. 1977	2600 - 2700 Kg/m ³
	Seca		2500 - 2600 Kg/m ³
	Neta		2700 - 2750 Kg/m ³
Compacidad	NCh 1326. Of. 1977	47%	40 - 50 %

do gran cantidad de finos adheridos al mortero del hormigón original, por lo que posteriormente debe ser lavado para ser usado como parte componente del nuevo hormigón.

La trituración de los escombros consiste en un doble proceso mediante chancador de mandíbula y de cono posteriormente.

En la Tabla 1 se incluyen las propiedades del árido que han sido controladas, indicando el rango de resultados obtenidos en los ensayos (foto 3).

Resultados

Como se observa en la Tabla 1, el árido reciclado presenta propiedades físicas y mecánicas más desfavorables en comparación con los naturales, incumpliendo en algunos casos las especificaciones que establece la normativa chilena. Esto se debe a la composición de los reciclados, pues se forman de árido natural y mortero adherido, siendo este último material el que entrega características particulares. El caso más desfavorable es el de la absorción, que incumple sistemáticamente y presenta valores muy por encima del límite.

A continuación se detallan cada una de sus propiedades:

• Granulometría

Aunque la normativa chilena no establece ningún requisito sobre la granulometría del árido reciclado como árido grueso para su utilización en hormigón, sí establece límites según el tamaño máximo y mínimo del árido considerado. Las curvas granulométricas obtenidas, si bien no se sitúan completamente dentro de las bandas, son aceptables para utilizarlas en la fabricación de nuevo hormigón.

• Absorción

Los resultados obtenidos en este estudio han presentado una gran varia-

**TABLA 2
RESISTENCIAS
A LOS 7 DÍAS**

Tipo Hormigón	Dosificación	
	Faury (Kg/cm ²)	ACI (Kg/cm ²)
Reciclado	H20	146
	H25	155
	H30	185
	H32	202
Natural	H20	90
	H25	137
	H30	167
	H32	187

**TABLA 3
RESISTENCIAS
A LOS 28 DÍAS**

Tipo Hormigón	Nº Probeta	Dosificación Faury (Kg/cm ²)		Dosificación ACI (Kg/cm ²)	
		1	2	1	2
Reciclado	H20	198	199	238	207
	H25	175	170	174	178
	H30	290	313	260	254
	H32	397	347	244	242
Natural	H20			257	228
	H25			285	291
	H30			224	219
	H32			213	192

ción, con valores de hasta un 4,61%. Para este efecto impondrá un mayor cuidado en las dosificaciones, en particular con el agua de amasado.

• Densidad

El rango normal de la densidad real del árido natural fluctúa entre los 2.000 y 2.400 Kg/m³, presentando una mayor densidad el reciclado debido a su composición diversa.

• Contenido de granos finos

La grava sobrepasa los límites y la razón de este exceso se debe a que el reciclado ya contiene suficiente material fino de la mezcla anterior (cemento más otros finos). Entonces, al pasar por el proceso de chancado se genera gran cantidad de polvillo que se adhiere a las partículas gruesas que se incorporan a la mezcla nueva.

• Forma de los granos

Del proceso de chancado se obtuvieron partículas rodadas del árido virgen original utilizado para el hormigón antiguo, partículas de hormigón chancado y partículas rodadas chancadas con hormigón adherido. Esta condición, considerando un bajo porcentaje de lajas, no acusa problemas inmediatos de trabajabilidad.

• Resistencia a la abrasión

Una alta porosidad del reciclado hizo dudar del buen comportamiento del material frente al desgaste, pero los resultados demostraron un grado de abrasión del 26,1%, bastante por debajo del 35% límite superior exigido por norma y por sobre los valores registrados a los áridos de la zona estudiados en el laboratorio (20%).

De acuerdo con los resultados obtenidos fue necesario preparar hormigones de prueba para verificar las propiedades preliminares registradas anteriormente.

Hormigones de Prueba

Se prepararon dosificaciones según el Método Faury y ACI, para dos tipos de hormigones, uno reciclado y otro natural, confrontándose e igualando las bandas granulométricas de cada uno de ellos.

Los parámetros considerados para cada tipo de dosificación son los siguientes: nivel de confianza 90%, condiciones de confección muy buena o excelente, descenso de cono 5 cm (aunque bajo, fue el valor alcanzado en los ensayos), tamaño máximo del árido 40 mm, igual cemento, las únicas diferencias se presentan en el agua libre y atrapada. Todas estas características se aplican en hormigones de tipo H20, H25, H30 y H32.

En base a los resultados anteriores se prepararon varias fracciones de

hormigón, utilizando los áridos reciclados en estado superficialmente seco (debido a que poseían mayor porosidad y obtendrían parte del agua de amasado para su reacción química con el cemento) y los áridos naturales en forma normal.

Luego de esperar los días necesarios se procedieron a reventar las muestras registradas según los métodos normados a los 7 y 28 días, entregando los resultados mostrados en las Tablas 2 y 3, respectivamente.

A pesar de que a temprana edad las resistencias alcanzadas son prometedoras, las resistencias finales demuestran que es realmente utilizable el hormigón reciclado. Estos resultados fueron comparados con curvas de madurez de hormigones empleados por empresas de premezclado de Temuco, los cuales se explicarán más adelante.


Bibliografía

- Publicación «Demolición y Reciclaje crecen en Armonía», 1997.
- Ley 19300: Bases Generales del Medio Ambiente, 1994. CONAMA-Chile
- Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos y Política Ambiental de la Araucanía, 2000. CONAMA-Chile.
- Gestión de los Residuos Sólidos de la Construcción, 1999. CChC-Chile.
- Estadísticas del Medio Ambiente 1996-2000, 2002. INE-Chile.
- Guía de Restauración de Graveras, 1996. IGM-España.
- Industria del Árido en Chile, 2001. CDT-Chile.
- Normas Chilenas para la Construcción. INN-Chile.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Ingeniería de Obras Civiles de la Universidad de La Frontera, Fondo Nacional de Desarrollo Regional, Instituto Nacional de Estadísticas, Instituto del Cemento y el Hormigón, Instituto Nacional de Normalización, Constructora Ferrovial Agroman, Cámara Chilena de la Construcción, Cementos Bío-Bío y Cementos Melón, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Procesadora de áridos René Pizarro Wolf y Laboratorio IngeControl,

En el caso del hormigón reciclado dosificado según ACI, el H32 a los 7 días debía alcanzar un 67% de la resistencia especificada, la probeta reventada alcanzó un 59%. Asimismo a los 28 días debería alcanzar un 100% y a los 90 un 120%, proyectando estos valores el hormigón alcanzaría un 89% a los 28 y un 107% a los 90 días.

Para el caso del hormigón reciclado dosificado según Faury, el H25 a los 7 días debía alcanzar un 55% de la resistencia especificada, la probeta reventada alcanzó un 62%. Asimismo a los 28 días debería alcanzar un 100% y a los 90 un 131%. Proyectando estos valores, el hormigón con material reciclado alcanzaría un 113% a los 28 y un 148% a los 90 días. 

La escasa fiscalización produce una masificación en la extracción de áridos naturales desde los lechos de los ríos en la IX Región. Entonces, los áridos reciclados resultan una alternativa válida para la producción de hormigón, ya que sus características cumplen en gran mayoría con las normas chilenas y las resistencias allí especificadas. Se recomienda para la elaboración del hormigón reciclado que los áridos deben ser lavados previamente debido a que cuentan con gran cantidad de finos y mortero. Además, se debe alcanzar la propiedad de saturación superficialmente seca para no tener problemas en la mezcla, ya que existe la posibilidad de que el árido seco utilice parte del agua dispuesta para la dosificación.

Su producción es bastante simple, ya que se utiliza maquinaria similar con la que se extrae el árido natural y se produce el hormigón normal. Por esto, constituye un sector productivo totalmente desarrollable. La dificultad económica se supera si los mandantes y el Gobierno tienen la voluntad de invertir en la protección del medioambiente como se realiza en países donde estos temas ya están más desarrollados y existe una amplia conciencia ambiental.

El mayor aporte de este estudio consiste en dar a conocer el uso del árido reciclado como material agregado en la elaboración de una mezcla de hormigón. Además se da un primer paso, de varios, para seguir estudiando una fuente que en el largo plazo se transformará en necesaria para el desarrollo de la construcción.

hector_montoyaj@yahoo.com