

ISSN: 2007-2112

PUBLICACIÓN SEMESTRAL
AÑO 3/ NUMERO 5/2011
REVISTA DE DIVULGACIÓN
CIENTÍFICA DE LA FACULTAD DEL
HÁBITAT DE LA U.A.S.L.P.
PRECIO EN MÉXICO: \$60.00
EN EL EXTRANJERO: 8.00 USD

H+D

HÁBITAT MÁS DISEÑO

Colaboradores en este número

Magdalena Jaime Cepeda
Ma. Del Rosario Valdez Huerta
Jorge Lainez Jamieson
Eduardo Santos Perales
Eustaquio Ceballos Dorado
Mónica Susana De La Barrera Medina
Ricardo Carrillo Maciel
Salvador Espinosa Muñoz
Jorge Aguillón Robles
Gerardo Javier Arista González
Guadalupe Eugenia Nogueira Ruiz
Francisco Javier Quirós Vicente
Alejandra Torres Landa López



FACULTAD
DEL HÁBITAT

Directorio

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Mario García Valdez
Rector

Manuel F. Villar Rubio
Secretario general

Luz María Nieto Caraveo
Secretaría académica

Dr. Fernando Toro Vázquez
Secretario de investigación

Facultad del Hábitat
Anuar Abraham Kasis Ariceaga
Director

María Dolores Lastras Martínez
Secretaría académica

Fernando García Santibáñez Saucedo
Coordinador del posgrado de la Facultad
del Hábitat

Jesús Victoriano Villar Rubio
Coordinador de Investigación de la Facultad
del Hábitat

Carla de la Luz Santana Luna
Editora

Eulalia Arriaga Hernández
Redacción

Ana Luisa Oviedo Abrego
Traducción y corrección del inglés

Luis Rosendo Martínez Rangel
Ismael Posadas Miranda García
Diseño editorial
CEDEM, Centro de Diseño Editorial
y Multimedia, Facultad del Hábitat

H+D HÁBITAT MAS DISEÑO, año 3, número 5, Enero-Junio 2011, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Álvaro Obregón #64, Centro Histórico, C.P. 78000. San Luis Potosí, S.L.P. A través de la Facultad del Hábitat por medio del Instituto de Investigación y Posgrado del Hábitat. Con dirección en: Niño Artillero # 150, Zona Universitaria C.P. 78290. San Luis Potosí, S.L.P. Tel. 448-262481. <http://habitat.uaslp.mx>. Editora responsable: Carla de la Luz Santana Luna. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-120716055100-102. ISSN: 2007-2112. Licitud de Título y Licitud de Contenido: en trámite. Impresa en los Talleres Gráficos Universitarios, Av. Topacio esq. Blv. Río Española s/n, Fracc. Valle Dorado, C.P. 78399, San Luis Potosí, S.L.P. Este número se terminó de imprimir el 1 de Octubre de 2011 con un tiraje de 1000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a través de la Facultad del Hábitat.

Colaboradores en este número

Magdalena Jaime Cepeda
Ma. Del Rosario Valdez Huerta
Jorge Lainez Jamieson
Eduardo Santos Perales
Eustaquio Ceballos Dorado
Mónica Susana De La Barrera Medina
Ricardo Carrillo Maciel
Salvador Espinosa Muñoz
Jorge Aguillón Robles
Gerardo Javier Arista González
Guadalupe Eugenia Nogueira Ruiz
Francisco Javier Quirós Vicente
Alejandra Torres Landa López

Comité editorial y de arbitraje

Dr. Felix Beltrán Concepción
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. Silvia Fernández Hernández
Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Silvia Verónica Ariza Ampudia
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dra. Mercedes B. Rosell Lam
Universidad de la Habana. Cuba

MCM. Gabriel de Jesús Fonseca Servin.
Universidad de Colima

Dr. Alejandro Galván Arellano
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

MDG. Irma Carrillo Chávez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dr. Jesús Villar Rubio
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dr. Adrián Moreno Mata
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Los artículos publicados por **H+D HÁBITAT MÁS DISEÑO** son sometidos a un estricto arbitraje de pares académicos, en la modalidad de árbitros y autores desconocidos. Los pares académicos son en su mayoría externos a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Índice

Carta editorial	3
Presentación	6
Conjugando diseño gráfico y arte activista en el dogma social de las tribus urbanas de la Escuela de Artes Plásticas de la UA de C.	10
Magdalena Jaime Cepeda Eduardo Santos Perales Jorge Lainez Jamieson Ma. del Rosario Valdez Huerta	
La división de la ciudad de Zacatecas, en cuarteles, 1796	23
Eustaquio Ceballos Dorado	
Un acercamiento de la antropología social al diseño	31
Mónica Susana De La Barrera Medina	
Propiedades físicas y mecánicas de concreto que contiene agregado reciclado	39
Ricardo Carrillo Maciel	
Simulación solar para el diseño de vivienda de interés social en las zonas media y centro de San Luis Potosí	46
Salvador Espinosa Muñoz Jorge Aguillón Robles, Gerardo Javier Arista González	
Plataforma eVirtual de la UASLP: Un gran apoyo a nuestros cursos.	57
Guadalupe E. Nogueira Ruiz	
Estudio iconográfico, compositivo y de conservación del lienzo de la presentación de la virgen en el templo, anonimo del siglo XVIII	67
Francisco Javier Quirós Vicente	
La infraestructura educativa no es únicamente edificios	76
Alejandra Torres Landa López	
Semblanzas	84
Guía para los autores	87

Propiedades físicas y mecánicas de concreto que contiene agregado reciclado

Physical and mechanical properties of the concrete that contains recycled materials.

Ricardo Carrillo Maciel

Recibido: 30 noviembre 2010/ Dictaminado: 12 febrero 2011

RESUMEN

El estudio de las propiedades del agregado grueso reciclado, es de suma importancia, sin embargo en algunas ocasiones se desprecia su estudio por considerar que es económico, y que no afecta el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido; una mala selección puede tener consecuencias graves en la estructura de concreto. El uso de agregado reciclado proveniente de la demolición de estructuras de concreto, aparece como una buena alternativa ante la falta de disponibilidad de materiales, además con esta acción, se sanearían los lugares donde comúnmente se depositan, como son lechos de ríos y terrenos baldíos, generando con esto, un impacto ambiental positivo, además de conocer sus principales características físicas y mecánicas, que es el objetivo principal de esta investigación.

Palabras Clave: Concreto, agregado reciclado, absorción de agua, resistencia a la compresión.

Summary

Although sometimes it can be considered a waste of time because it is cheap and it does not affect the performance of the concrete, while fresh or hardened, the study of the properties of the agregado grueso reciclado is quite important; moreover an improper selection can have serious consequences in the concrete structure. The use of the agregado reciclado comes from the demolition of concrete structures, and it appears to be a good alternative in view of the lack of materials; besides, with this action, the places where they are commonly placed such as the rivers and solar waste lands would be cleaned up, resulting in a positive environmental impact. The main objective of this research is to know the main physical.

Key words: Concrete, water absorption, compression resistance, agregado reciclado.

Introducción

No se puede preciar la fecha exacta del reciclado de los materiales aplicados a la industria de la construcción, sin embargo se presume que desde que el hombre comenzó a edificar formalmente espacios arquitectónicos, comenzó con la industria del reciclado aplicado a la construcción.

El problema del concreto demolido no es solo local, sino por el contrario es del orden mundial, en Japón solo por mencionar un ejemplo, se generan anualmente 40 millones de toneladas y se espera se incremente de 300 a 400 millones de toneladas para el año 2040 (NAGATAKI, 2005:306), considerando la gran cantidad de desperdicio que se genera y que éste tipo de agregado, al igual que el agregado sano no entra en reacciones químicas completas con el agua, puede tratarse como un material inerte de relleno en el concreto (MEHTA, 1998:165), este concreto viejo puede incluirse en la construcción de pavimentos lo cual se vislumbra como un ahorro de energía (KOSMATKA, 2004:129).

La escasez de recursos naturales, las necesidades crecientes de la materia prima y fundamentalmente la preservación del medio ambiente con la consecuente necesidad de disposición de los residuos sólidos, propician la búsqueda de nuevas opciones para el reciclado de desechos (Di MATO, 2002:38), la demanda de los recursos naturales, ha impulsado las técnicas y tecnologías del reciclaje, ya que anualmente se producen 11 billones de toneladas de concreto empleando para ello 8 billones de toneladas de agregado

sano (SUÁREZ et al, 2006:13), en todo el mundo, la industria de la construcción es la consumidora más grande de recursos naturales, para mitigar esta demanda creciente de agregados, es necesario implementar nuevos procesos constructivos durante la ejecución de las obras, de inicio a fin, la recuperación del concreto tiene dos ventajas principales: 1. Reduce el uso de agregados sanos y el costo ambiental asociado a su explotación y transporte; 2. Reduce el desperdicio de material valioso que puede ser recuperado y reutilizado (CEMPEDS, 2009:2).

El presente trabajo trata la reutilización del concreto demolido como agregado pétreo artificial en la elaboración de mezclas de concreto y tiene como finalidad conocer las características físicas, mecánicas y de durabilidad. Para lograr el objetivo se realizarán pruebas al concreto con agregado pétreo artificial en estado fresco y endurecido.

1. Metodología

El experimento consistió en elaborar cilindros de concreto de 100 milímetros de diámetro por 200 milímetros de alto; tomando en cuenta las características del concreto demolido como agregado pétreo artificial; el diseño de mezclas se elaboró por el método de Volúmenes Absolutos (ACI 211).

Para poder tener un parámetro más preciso del diseño del experimento, se diseñaron tres mezclas de concreto una mezcla la primera se elaboró con agregado pétreo sano al cual se llamó Mezcla Control (M.C.), se le asignó este nombre para poder comparar

Tabla N° 1. Características físicas del agregado					
Prueba realizada	Norma aplicada	Unidad	G.T.	C.R.S.C.	C.R.C.
Peso volumétrico seco y compacto	NMX-C-73	Kg/m ³	1600	1605	1650
Módulo de Finura	NMX-C-111	M.F.	7.92	7.65	7.91
Densidad y Absorción del Agregado	NMX-C-073	% hum	0.48	5.58	7.52
		% abs.	6.47	5.55	7.39
Peso Especifico Saturado y Superficialmente Seco	NMX-C-073	--	2.63	2.32	2.16

Tabla 1.
Fuente: Del autor.

Tabla N° 2. Cantidades para elaborar 10 cilindros de concreto							
Agregado	Cemento (kg)	Arena (kg)	Grava (kg)	Agua		Revenimiento	
				Diseño	Corregida	Laboratorio	Real
G.T.	5.69	14.31	16.09	3.92	4.10	10.00	8.00
C.R.S.C.	5.03	13.59	16.86	4.29	5.55	10.00	9.00
C.R.C.	5.03	13.31	17.93	4.27	8.90	10.00	9.00

Tabla 2.
Fuente: Del autor.

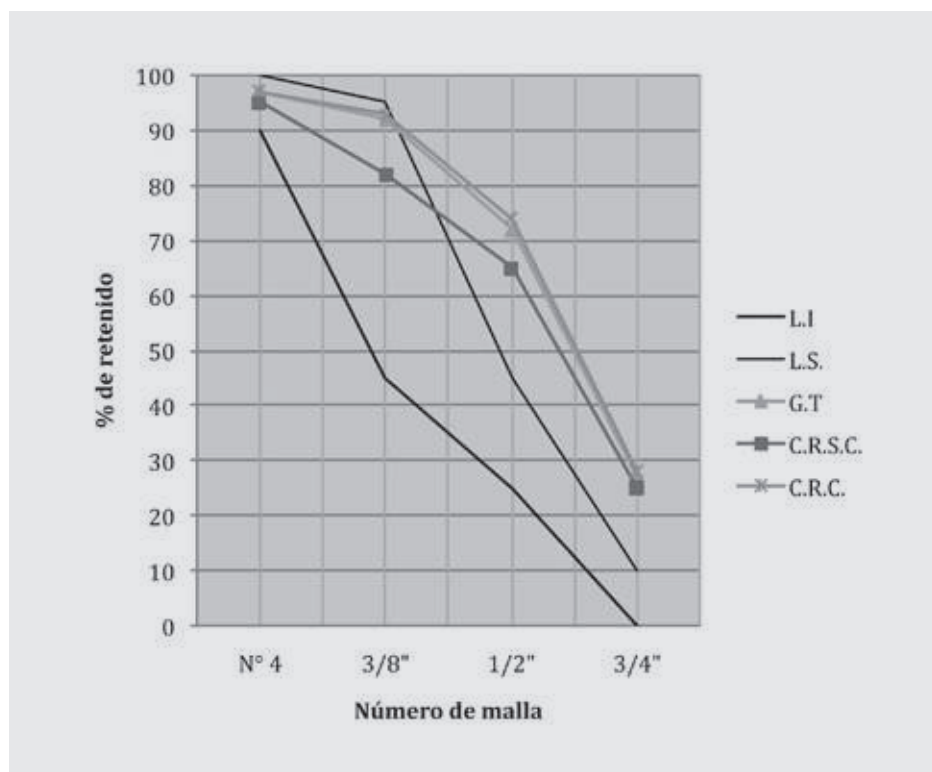


Fig. N° 5.1
Curva Granulométrica de los agregados
Fuente: del autor.

el comportamiento del concreto elaborado con el agregado pétreo artificial y el concreto elaborado con piedra natural triturada, la segunda mezcla se elaboró con Concreto Reciclado sin Control (C.R.S.C.), se le asignó este nombre por ser una mezcla elaborada con concreto reciclado que se recogió de diferentes tiraderos de concreto, sin conocer las características del mismo, y la tercera mezcla se le denominó Concreto Reciclado Controlado, (C.R.C.), por ser una mezcla en la que el agregado triturado artificial provenía de cilindros de concreto estándar, donde se conocía su $f'c$ dado por el laboratorio.

Para la elaboración de las tres mezclas de concreto se empleo cemento CPP 30R, marca Cruz Azul, con un $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ y una relación $a/c = 0.4$; además el tamaño máximo del agregado (t.m.a.) fue de $3/4"$.

Para tener un parámetro de durabilidad, se realizó la prueba de absorción capilar por inmersión, el puede ser considerado como el mejor indicador en la evaluación potencial del concreto que la absorción capilar, la cual solo ocurre bajo circunstancias especiales, en la cual el concreto no está saturado y está en la presencia de agua (NMX-C-109, 2004).

Para la realización de estas pruebas se tomó como referencia la prueba para el índice de la absorción de agua de los morteros de la albañilería (*Standard Test Method for Rate of Water Absorption of Masonry Mortars*).

Para conocer su resistencia a la compresión de cada una de las mezclas anteriormente descritas, se elaboraron nueve especímenes de concreto; de los cuales tres se curaron a tres días, otros tres se curaron

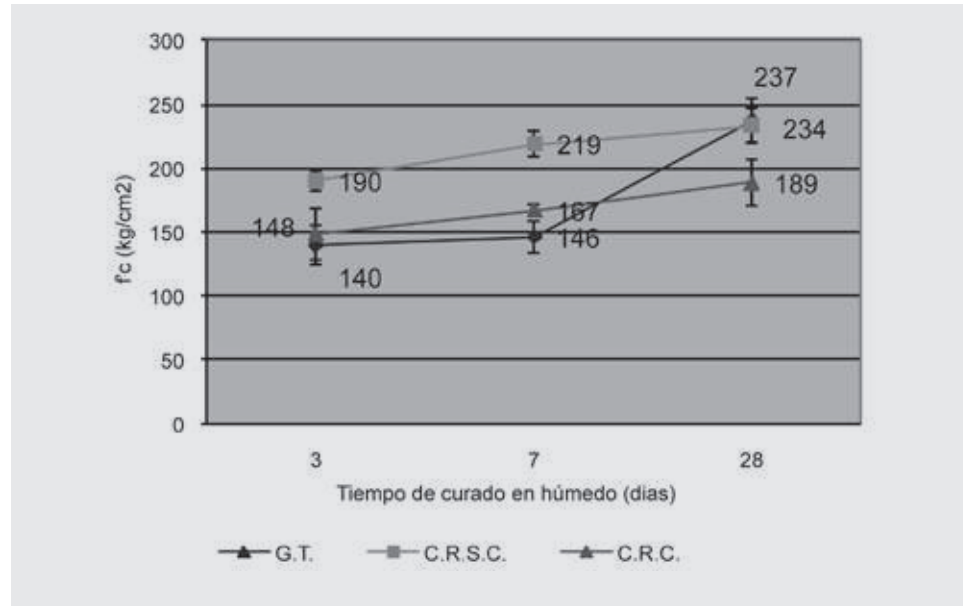


Fig. N° 5.2 Resistencia a la compresión
Fuente: del autor.

siete días, estos seis especímenes después de curarse, se expusieron al medio ambiente y por ultimo tres mas se curaron a 28 días y se ensayaron a la misma edad; haciendo un total de 27 especímenes de concreto.

2. Resultados

En la Tabla N° 1 se presentan los resultados obtenidos de las características físicas y mecánicas del agregado pétreo tanto sano como reciclado, de conformidad con las normas vigentes en la materia.

2.1. Granulometría de la grava

Para la G.T., la curva granulométrica obtenida, queda fuera de la indicada por la norma para la grava de ¾”, lo que indica que este material tiene el tamaño máximo de 1” y no el de ¾”; además de ser una grava mal graduada. Por no existir una curva granulométrica para el agregado artificial, se tomó como referencia el procedimiento de la norma NMX-C-077, la curva granulométrica de estos agregados quedo fuera de los límites que se indican en la norma.

Los datos de la granulometría se presentan en la Figura N° 5.1, de los tres agregados que se estudiaron, el C.R.C., es el que quedo

más apartado del límite superior de la curva granulométrica y su comportamiento fue similar al de la G.T., lo que indica que tiene un alto contenido de material fino, este comportamiento es normal para el C.R.C., ya que se observó durante el proceso de esta prueba que el material se continúa disgregando en partículas más pequeñas.

2.2. Concreto endurecido

Se observa que el comportamiento de los cilindros elaborados con la G.T., a los tres días de curado en húmedo alcanzaron una resistencia en promedio de 140 kg/cm², los de siete días de curado en húmedo alcanzaron una resistencia promedio de 180 kg/cm², y el promedio de los cilindros elaborados a 28 días de curado en húmedo fue de 237 kg/cm², el comportamiento de éstos cilindros fue el esperado, ya que a los tres tuvieron un porcentaje de diseño del 56%, a los siete días se alcanzo el 72% de la resistencia a la compresión, y a los 28 días se alcanzó el 95% de la resistencia a la compresión. Por tal motivo, este diseño de mezcla cumplió con su cometido de ser “control” para las otras dos que le sucedieron.

De los cilindros elaborados con el C.R.S.C., a los tres días presentaron una resistencia a la compresión promedio de 195 kg/cm², a los

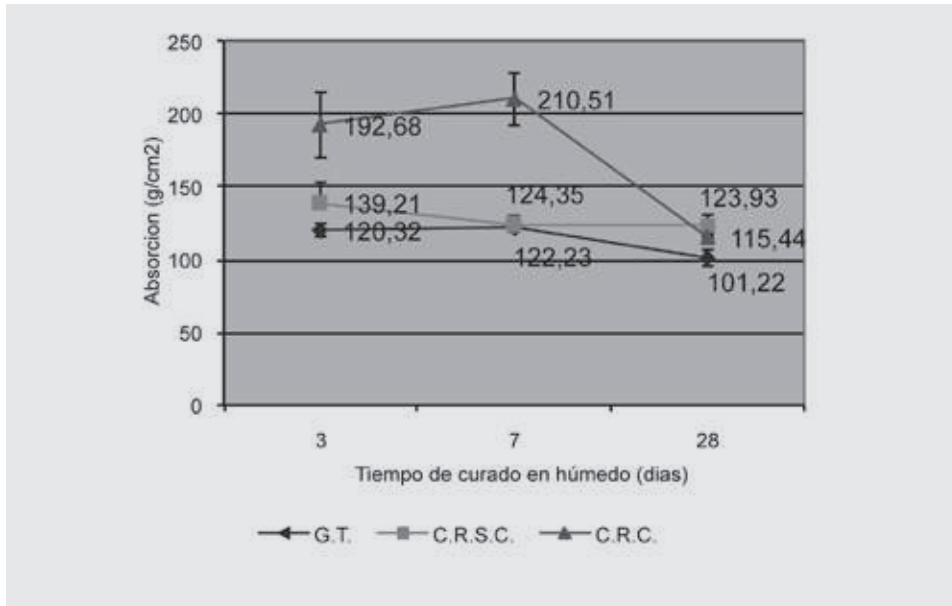


Fig. N° 5.3 Prueba de Absorción Capilar
Fuente: del autor.

siete días su resistencia promedio fue de 242 kg/cm², y a los 28 días el promedio fue de 153 kg/cm²; de esta mezcla se desprende el hecho de que los cilindros a siete días hayan tenido la mayor resistencia, que los cilindros de tres y 28 días.

Los cilindros elaborados con C.R.C., a los tres días presentaron una resistencia a la compresión promedio de 159 kg/cm²; a los siete días su resistencia promedio fue de 171 kg/cm²; y a los 28 días la resistencia promedio fue de 196 kg/cm².

De las mezclas elaboradas con concreto producto de la demolición, la elaborada con C.R.C., fue la que presentó una menor resistencia a la compresión, debido al hecho de que presentó un porcentaje mayor de absorción, lo que ocasiono que al momento de elaborar la mezcla, fuera necesario incrementar la cantidad de agua requerida para alcanzar el revenimiento deseado.

En la Figura N° 5.2, se presenta un análisis comparativo del comportamiento a la compresión de estas tres mezclas, destacando que la mezcla elaborada con agregado de C.R.S.C., fue superior que la mezcla elaborada con C.R.C. y a la mezcla control elaborada con G.T.

2.3. Absorción capilar

Con esta prueba se determinó la absorción de agua en el concreto elaborado con agregado sano y reciclado. En la Figura N° 3.3, donde se puede observar que los especímenes elaborados con G.T., y C.R.S.C., presentan un comportamiento similar en cuyos valores de absorción se encuentran entre 100 y 150 gramos en todos los especímenes, mientras que los especímenes elaborados con el C.R.C., los valores de absorción a los tres y siete días se encuentran entre 180 y 220 gramos teniendo un descenso brusco en los especímenes de 28 días donde el valor es similar para los tres grupos de muestras. De lo anterior se deduce que el concreto elaborado con C.R.C., tiene una velocidad de absorción más alta al curado en húmedo de tres y siete días, mientras que el concreto elaborado con G.T. y C.R.S.C., tienen un comportamiento similar al mismo tiempo de curado en húmedo; y a los 28 días después de haberse saturado, el comportamiento de absorción es similar a las tres mezclas (Fig. N° 5.3).

3. Conclusiones

Después de haber realizado la caracterización del agregado reciclado, que es el objetivo principal de esta investigación, se concluye lo siguiente:

- El agregado grueso de C.R.C. y C.R.S.C., no cumplen con la norma NMX-C-077-1997-ONNCCE, pero ello no impide que puedan ser utilizados en diseños de mezcla de concreto, ya que al reducir la masa de concreto recolectada a tamaños convencionales se le debe dar el mismo tratamiento que al agregado grueso natural, sólo que para encontrar una curva granulométrica de concreto reciclado, tendrían que realizarse mucho más experimentos para poder determinarla.
- El C.R.C., tiene un mayor peso volumétrico respecto al C.R.S.C. y la G.T., tiene un peso dentro de los límites especificados.
- El concreto elaborado utilizando C.R.C., como agregado pétreo no alcanza la resistencia de diseño a los 28 días debido al incremento de agua que se requiere para alcanzar el revenimiento de diseño.
- El porcentaje de absorción capilar del C.R.C., es mayor a las edades de tres y siete días que el de la G.T. y del C.R.S.C., lo que demuestra que a mayor tiempo de curado en húmedo de los especímenes, es menor la absorción de agua.
- El concreto elaborado con C.R.C., es más poroso que las otras dos mezclas, de ahí que absorba más agua en las dos primeras edades de prueba.
- El concreto elaborado con C.R.C., requiere más agua de amasado y un mayor tiempo de curado en húmedo para alcanzar la resistencia de diseño.
- Se observa que el C.R.C. y C.R.S.C., no cumplen con los valores normales de los agregados sanos, por lo tanto es necesario el relajamiento de las normas vigentes para este tipo de agregado.

Bibliografía

CEMPEDS, Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento. *Reciclando concreto*. Atar Roto Presse S.A., Suiza, ISBN: 978-3-940388-50-6, 2009.

Di MAIO, G. Giaccio. "Hormigón con agregados reciclados. Resistencia, módulo de elasticidad y fluencia bajo cargas de compresión." *Hormigón 40/40*, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. 2002.

KOSMATKA, H. Stevens, Kerhoff Beatrix, Panarese C. Williams y Tanesi Jussara, *Diseño y control de mezclas de concreto*, Ed. Portland Concrete Association, trad. del inglés, México, 2004, ISBN 0-89312-233-5.

METHA, Kumar y Monteiro Paulo, *Concreto estructura, propiedades y materiales*, ed. Instituto Mexicano del Concreto y del Cemento A.C., México, 1998, ISBN 968-464-083-8, 165 p.

NAGATAKI, Shigeyoshi. "Durabilidad del concreto con agregado reciclado." *Raymundo Rivera International Symposium on Durability of Concrete*. Monterrey, 2005.

Norma Mexicana NMX-co77-1997. ONNCCE, Industria de la Construcción "Agregados para concreto.- Análisis granulométricos. Método de prueba", ed. Organismo Nacional de Normalización Certificación de la Construcción y Edificación. México.

Norma Mexicana NMX-co77-1997. ONNCCE, Industria de la Construcción - Concreto - "Determinación del revenimiento del concreto fresco - Método de prueba", ed. Organismo Nacional de Normalización Certificación de la Construcción y Edificación. México.

Norma Mexicana NMX-C-109. ONNCCE-2004, Industria de la Construcción - "Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos", ed. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. México.

Norma Mexicana NMX-C-111-1997. ONNCCE, Industria de la Construcción - "Agregados - Especificaciones de los agregados".

ed. Organismo Nacional de Normalización Certificación de la Construcción y Edificación. México.

Norma Mexicana NMX-C73-1997. ONNCC-CE, Industria de la Construcción – “Agregados para Concreto – Masa Volumétrica - Método de prueba”, ed. Organismo Nacional de Normalización Certificación de la Construcción y Edificación. México.

Standard Test Method for Rate of Water Absorption of Masonry Mortars.

SUAREZ, M., Defagot, C., Carrasco, F., Marcipar, A., Miretti, R. y Saus, H., *Estudio de hormigones elaborados con residuos de ladrilleras y de demolición.* Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Santa Fe, Argentina, ISBN: 950-42-0056-7, 2006.

