

ISSN: 2007-2112

PUBLICACIÓN SEMESTRAL  
AÑO 5 / NÚMERO 10/2013  
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 MAS  
DISEÑO



## Directorio

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

**Manuel F. Villar Rubio**

Rector

**David Vega Niño**

Secretario general

**Luz María Nieto Caraveo**

Secretaría académica

**Fernando Toro Vázquez**

Secretario de investigación

Facultad del Hábitat

**Anuar Abraham Kasis Ariceaga**

Director

**María Alejandra Cocco Alonso**

Secretaría académica

**María Elena González Sánchez**

Coordinadora del posgrado de la Facultad del Hábitat

**Benjamín Fidel Alva Fuentes**

Coordinador de Investigación de la Facultad del Hábitat

**Dora María Mares Ochoa**

**Ismael Posadas Miranda García**

Diseño editorial

CEDEM, Centro de Diseño Editorial

Multimedia, Facultad del Hábitat

**Carla de la Luz Santana Luna**

Editora

**Eulalia Arriaga Hernández**

Redacción

**Ana Luisa Oviedo Abrego**

Traducción y corrección del inglés

**H+D HÁBITAT MAS DISEÑO**, año 5, número 10, Julio-Diciembre 2013, 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: 15577. 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. Distribuida por la Facultad del Hábitat con dirección en Niño Artillero # 150, Zona Universitaria C.P. 78290. San Luis Potosí, S.L.P. Este número se terminó de imprimir el 30 de Diciembre de 2013 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

Luz del Carmen Vilchis Esquivel  
Eréndida Cristina Mancilla González  
Josué Rivas Recio  
Manuel Guerrero Salinas  
Ricardo Mendoza Anguiano  
Fernando García Santibáñez  
Ricardo Carrillo Maciel  
Esteban López Vázquez  
Silvia Olivia Ramírez Martínez  
Carla de la Luz Santana Luna  
Irma Carrillo Chávez  
Alejandro I. Galván Arellano  
Félix Beltrán Concepción

### Comité editorial y de arbitraje

Dr. Félix Beltrán Concepción  
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. Lucila Arellano Vázquez  
Universidad Autónoma de Puebla

Dra. Alma Pineda Almanza  
Universidad de Guanajuato

Mtra. Magdalena Jaime Cepeda  
Universidad Autónoma de Coahuila

Dr. Pablo Antonio Chico Ponce de León  
Universidad Autónoma de Yucatán

Mtro. Jorge Aguillón Robles  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dr. Gerardo Arista González  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

MEGST. Norma Alejandra González Vega  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Los artículos publicados por **H+D HÁBITAT MAS 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 de la Coordinadora editorial	3
Presentación	6
<b>El pensamiento sustentable en el proceso de diseño</b>	<b>11</b>
Luz del Carmen Vilchis Esquivel	
<b>El discurso de la sustentabilidad en el imaginario turístico alternativo de Amaitlán</b>	<b>17</b>
Eréndida Cristina Mancilla González	
Josué Rivas Recio	
Manuel Guerrero Salinas	
Ricardo Mendoza Anguiano	
<b>La expresión en las formas de las letras</b>	<b>31</b>
Fernando García Santibáñez	
<b>Comportamiento físico y mecánico del concreto elaborado con agregado residual y triturado</b>	<b>39</b>
Ricardo Carrillo Maciel	
Esteban López Vázquez	
Silvia Olivia Ramírez Martínez	
<b>La publicidad en la prensa Potosina de finales del siglo XIX y principios del siglo XX</b>	<b>47</b>
Carla de la Luz Santana Luna	
Irma Carrillo Chávez	
<b>Dos enfoques diferentes para conservar el patrimonio arquitectónico: México y Estados Unidos de Norteamérica</b>	<b>69</b>
Alejandro I. Galván Arellano	
<b>El diseño gráfico una historia única</b>	<b>85</b>
Entrevista a Enric Satué	
Félix Beltrán Concepción	
Semblanzas	88
Guía para los autores	91

# Comportamiento físico y mecánico del concreto elaborado con agregado residual y triturado

Physical and Mechanical Behavior of Concrete made of residual and crushed aggregate.

Ricardo Carrillo Maciel  
Esteban López Vázquez  
Silvia Olivia Ramírez Martínez

Recibido: 09 de abril 2013 Dictaminado: 13 de mayo 2013

## Resumen

Los desperdicios de la construcción provenientes de demolición de estructuras de concreto actualmente tienen un uso limitado la ciudad de Oaxaca de Juárez, en algunos casos solamente se aprecia su aprovechamiento en obras pequeñas como muros de contención o firmes, sin algún estudio técnico formal lo que sigue marginando este material. En la presente investigación se mezcló agregado triturado y agregado residual en un porcentaje de 20% y 80% respectivamente, se apreció un comportamiento aceptable en el concreto elaborado con este material tanto en estado fresco como endurecido. Los resultados obtenidos con este estudio, posibilitan el aprovechamiento del agregado residual, además de disminuir la contaminación ocasionada por este al medio ambiente.

**Palabras Clave:** Concreto reciclado, resistencia a la compresión, revenimiento, análisis granulométrico

## Abstract

*The construction waste from demolition of concrete structures currently have limited use in the city of Oaxaca de Juárez, in some cases only appreciate their use in small works as retaining walls or floor, without any formal technical study which continues to marginalize this material. In the present investigation was mixed residual aggregate crushed aggregate and a percentage of 20% and 80% respectively, was observed acceptable behavior in concrete made with this material both in fresh and hardened state. The results obtained with this study, allow the use of residual added, in addition to reducing the pollution from the environment.*

**Key words:** Recycled concrete, compressive strength, slump, sieve analysis

## Introducción

La industria de la construcción es considerada por muchos como el motor de la economía de cualquier país, sin embargo, esta industria también es la que más recursos naturales consume para su desarrollo y así mismo es la que más materiales contaminantes arroja al medio ambiente, los cuales sólo en algunos casos se reutilizan cuando en realidad se pueden reutilizar mas, los metales, materiales cerámicos, papel, cartón y plástico son los que más demanda tienen en el mercado del reciclaje, dejando de lado las estructuras de concreto que en volumen son más que los anteriores y su aprovechamiento es nulo, su uso y aprovechamiento de este material debe verse como una medida de ayuda al medio ambiente, disminuir la contaminación y con estudios apropiados obtener resultados satisfactorios que puedan competir con el concreto elaborado con materiales vírgenes. Los desperdicios de esta industria además de contaminar ocupan grandes espacios visibles por todos lados.

## Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio primeramente se utilizó grava triturada proveniente de la empresa VOGOSA, ubicada en Rojas de Cuauhtémoc por ser la que cumple con las normas mexicanas vigentes; el material residual, al estar expuesto a la intemperie en muchas ocasiones presenta materiales como limos, arcillas y materia orgánica cuya presencia es indeseable (CFE TI, 1998: 110), por tal razón el material residual provino de la demolición del Centro de Información del Instituto Tecnológico de Oaxaca, el cual estaba en proceso de demolición al momento de realizar la presente investigación además de que se consideró que el origen de la roca madre ofrece mejores resultados al concreto (Metha, 1998:) éste agregado proviene de la demolición de una estructura de concreto de buena calidad, por lo

tanto se espera un buen comportamiento con resistencia similar a al original (Maio *et al*, 2004: 37); por ser un material formado por pasta de cemento y agregado triturado, la resistencia de este tiende a ser gobernada por la resistencia de la pasta y/o por su adherencia de esta al agregado (CFE T3, 2001: 11), además de las resistencia, el agregado puede afectar considerablemente su durabilidad y desempeño (Neville, 1998: 38); este material se trituró manualmente hasta llegar a un tamaño convencional de  $\frac{3}{4}$ ", su aprovechamiento se convierte en un ahorro de material y de energía (Kosmatka, *et al*, 2004: 128, Metha, 1998: 172), y aparece como una buena opción en lugares densamente poblados (Maio *et al*, 2004: 37) donde se han sobreexplotado los bancos de material natural.

A ambos materiales se le realizaron las pruebas pertinentes para conocer su comportamiento físico y poder determinar las cantidades necesarias para elaborar las mezclas de prueba y definitivas empleando para ello el método de volúmenes absolutos del ACI 211.

Para este estudio se realizó una mezcla elaborada con Grava Triturada (GT), una más con Grava Reciclada (GR), estas dos elaboradas al 100% con dichos materiales; considerando que el método del ACI 211 en una parte de su proceso establece que para agregado sano no se debe reducir la cantidad de agua y para agregado residual ésta debe incrementarse en 21 kilogramos, se diseñaron las mezclas de concreto que contienen Grava Compuesta 1 (GC-1) la cual no tiene incremento de agua; y Grava Compuesta 2 (GC-2), con incremento de agua; para estas dos mezclas se sustituyó un 20% de agregado triturado por residual, ya que así lo establece la literatura consultada que para obtener mejores resultados este porcentaje no debe ser mayor o igual al 50% para obtener buena calidad del concreto (Castilla, 2009: 3).

El agregado fino, proviene del banco ubicado en Lachixolana, municipio de Suchilquitongo, Etl.

## Resultados y discusión

Después de haber realizado las pruebas a los agregados conforme a la normativa mexicana vigente los resultados son los siguientes:

**Peso Volumétrico Seco y Suelto (PVSS)**, para la realización de esta prueba se realizó el método descrito en la norma NMX-C-73, para tener un mejor parámetro del comportamiento del material, se realizaron seis ensayos; de ahí se puede observar primeramente que el comportamiento del PVSS de la G.T., es de 1482 kg/m<sup>3</sup>; el de la G.R., es de 1,278 kg/m<sup>3</sup>; y el de la G.C., es de 1454 kg/m<sup>3</sup>; de los resultados anteriores, se aprecia que la G.R., presenta un menor PVSS, ocasionado por el mortero adherido al agregado natural y el comportamiento de la GC es superior al de la GT, ocasionado posiblemente por ser un material artificial o compuesto.

**Peso Volumétrico Seco y Compacto (PVSC)** también lo establece la norma NMX-C-73; siguiendo la metodología anterior, se observa que el PVSC de la G.C., es de 1580 kg/m<sup>3</sup>; la G.R., tiene un peso de 1360 kg/m<sup>3</sup>, y el de la G.C. es de 1585 kg/m<sup>3</sup>; de lo anterior, se aprecia que la G.T. tiene un PVSC mayor que las otras dos muestras de agregado, esto es ocasionado posiblemente por la menor cantidad de vacíos, esto se comprueba considerando que al momento de realizar el varillado se apreció que el mortero adherido se pulverizaba.

**Granulometría gruesa.** Para la realización de esta prueba se realizaron cinco ensayos de conformidad con el método establecido en la norma NMX-C-077. Los resultados de este ensayo se presentan en las Figuras N° 1, 2 y 3.

**Granulometría fina.** Para la realización de esta prueba se realizaron cinco ensayos, utilizando una balanza electrónica con precisión de 0.01 gr. En la Figura N° 4 se presentan los resultados obtenidos.

En la Fig. N° 1, se aprecia la curva granulométrica de la GT, de acuerdo a su comportamiento ahí se observa que es un material

fino y que queda fuera de los límites superior e inferior establecidos en la norma correspondiente a esta prueba, los resultados son muy similares en cuanto a su comportamiento en la curva granulométrica; esto indica que el ensayo se realizó correctamente, sin embargo esta grava se debe considerar como mal graduada por no encontrarse dentro de la curva granulométrica. En México por no existir una normatividad para el agregado residual se tomaron los valores descritos para el agregado de ¾" establecidos en la Norma NMX-C-077, y por ser un agregado grueso se le da el mismo tratamiento que para un agregado natural; en la Fig. N° 2, se aprecia su comportamiento el cual es muy similar en cada uno de los ensayos, lo que indica que el material esta mal graduado; en la Fig. N° 3, se aprecia el comportamiento

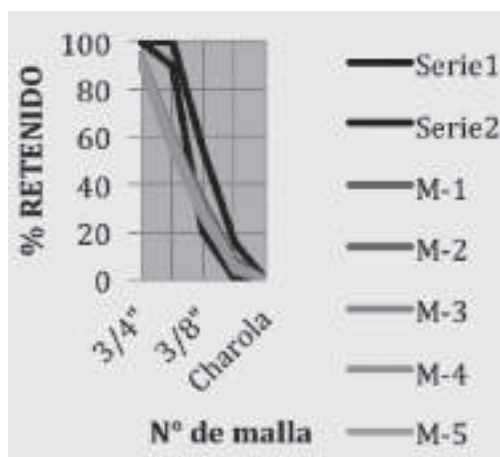


Fig. N° 1  
Granulometría de la G.T.

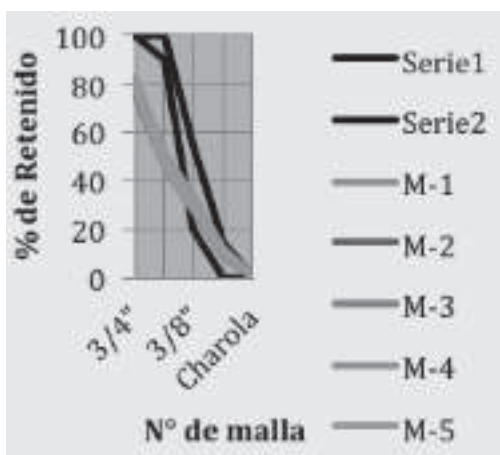


Fig. N° 2.  
Granulometría de la G.R.

de la GC, el cual en cada uno de los ensayos es muy distinto, esto puede ser ocasionado por la mezcla de GT y GR que lo componen y el porcentaje de cada uno de ellos; a diferencia de los anteriores que por ser un material homogéneo tenía un comportamiento similar en cada uno de los ensayos, de la GC, se aprecia que es una grava mal graduada.

En la Fig. N° 4, que es la correspondiente a la granulometría de la arena, se puede apreciar que queda fuera de la curva y se considera como un agregado grueso, además de mal graduado, sin embargo, esto no impide que pueda ser empleado en el diseño de mezcla.

**Módulo de finura del agregado grueso y fino (MF).** El módulo de finura, se obtiene del mismo ensayo de granulometría; los rangos obtenidos en seis ensayos, presentan

los siguientes rangos para cada uno de los agregados: G.T., 5.72-5.83; G.R. entre 5.86-5.93 y G.C. entre 5.75-6.13; de lo anterior se observa que el M.F. es grueso de acuerdo a la clasificación de la norma NMX-C-077.

**Densidad y absorción del agregado grueso NMX-C-165** para la realización de esta prueba al igual que las anteriores, se ejecutaron seis ensayos, los resultados son los esperados para la GT, mientras que para la GR por ser una mezcla de agregado homogénea, la absorción similar a la GT, y su densidad fue mayor en un 8%, para la GC, la absorción fue similar a los dos casos anteriores y la densidad se incremento en un 5%.

**Diseño de mezclas de concreto.** Para este diseño se empleó el método de volúmenes absolutos descrito por el ACI-311, se consideró un  $f'c$  de diseño de 250 kg/cm<sup>2</sup> y una relación a/c 0.5.

Para este experimento se definió una nomenclatura a cada uno de las mezclas GT a la compuesta por grava triturada, GR, a la elaborada con la trituración de concreto y GC formada en un 80% de GT y 20% de GR.

Considerando que en un punto del procedimiento se menciona que se debe agregar más agua al agregado residual, se tomó la decisión de etiquetar como GC-1 a la mezcla a la cual se no se le adicionó mas agua y GC-2 a la que se le adicionó mas agua. Quedando en total cuatro mezclas GT, GR, GC-1 y GC-2. Todas ellas se trabajaron con los valores de diseño y relación a/c, antes mencionados.

**Revenimiento.** Después de haber realizado los ajustes en las cantidades necesarias de material para elaborar 1m<sup>3</sup> de concreto, se procedió a realizar la prueba de revenimiento, de conformidad con lo establecido en la norma NMX-C- 156. Para conocer mejor el asentamiento por la pérdida de humedad se tomó una lectura cada cinco minutos al cono de concreto hasta apreciar una disminución mínima entre las lecturas.

En esta prueba se observa que el revenimiento de la GT, tiene un comportamiento normal, la GC-1, descendiendo un poco durante los primeros 15 minutos y después se mantiene constante, mientras que la GR y GC-2 no presentan asentamiento, para el primer

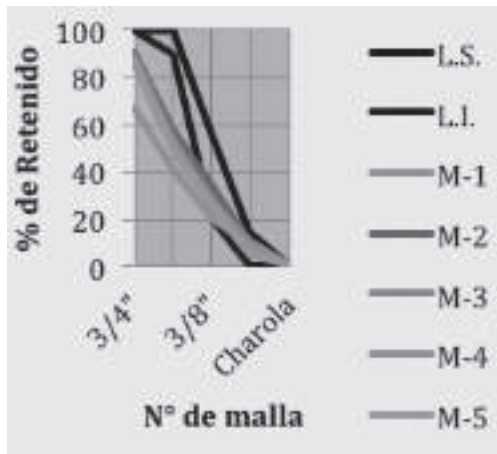


Fig. N° 3.  
Granulometría de la G.C.

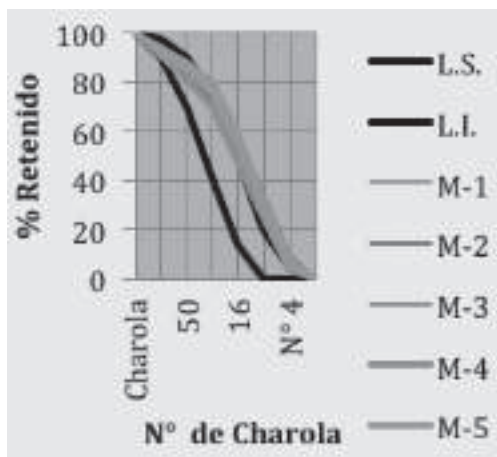


Fig. N° 4.  
Granulometría de la arena.  
Fuente: Del autor

caso, este comportamiento posiblemente es ocasionado por la alta absorción de agua del agregado, lo que indica que no tiene un exudado, dando como resultado un revenimiento cero, es decir, sin asentamiento alguno, para el segundo caso, solo tiene un ligero asentamiento durante los primeros minutos, y posteriormente se mantiene constante, pudiéndose considerar también como asentamiento cero.

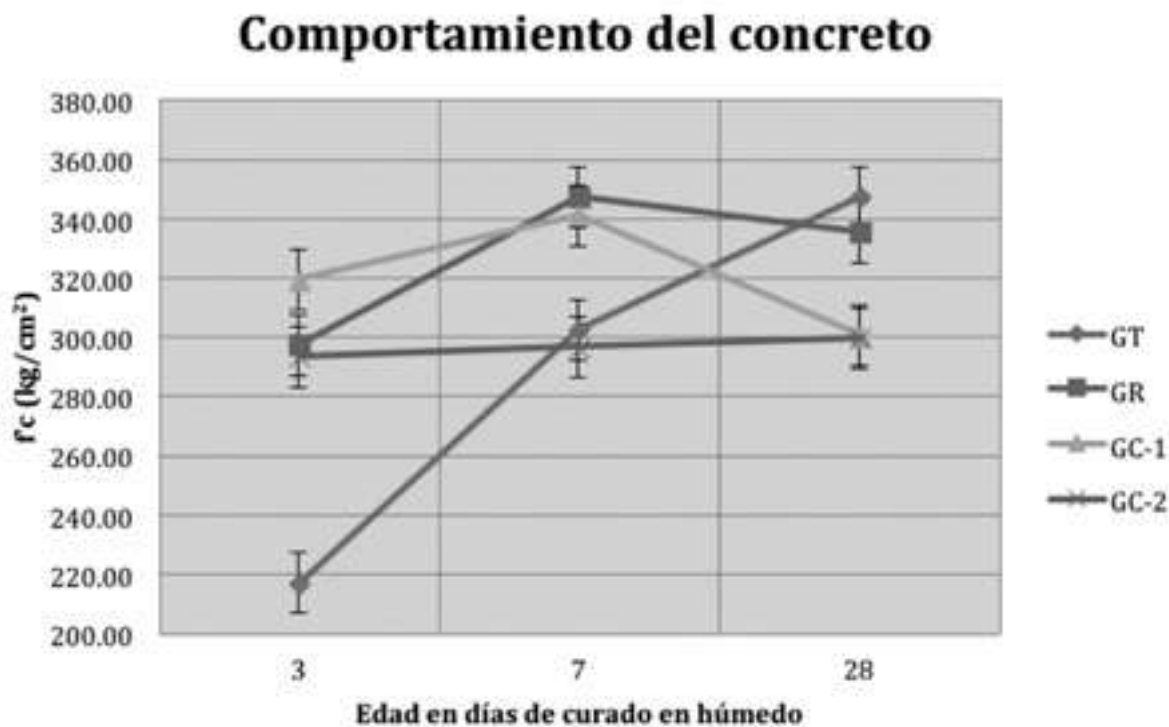
**Curado de los especímenes de concreto.** El método de curado que se utilizó fue el de baño de inmersión en piletas de curado a edades de tres, siete y 28 días. Al cabo de cada una de las edades, los especímenes se expusieron al medio ambiente, esto con la finalidad de igualar las condiciones de exposición del concreto elaborado en obra; a los 28 días se ensayaron todos los cilindros de

cada uno de los diferentes agregados. (GT, GR, GC-1 y GC-2).

**Resistencia a la compresión ( $f'_c$ ),** es considerada por los diseñadores como la propiedad más apreciada por los ingenieros de control de calidad (METHA, 1998: 33) también se toma como medida de su endurecimiento y como índice de sus propiedades mecánicas en general (CFE, T2, 1994: 13).

Para el cabeceo de los cilindros de concreto se utilizó mortero de azufre y esta prueba se llevo a cabo conforme al método descrito en la norma NMX-C-083, para este fin, se utilizó una prensa hidráulica accionada por un motor eléctrico de 100 toneladas de capacidad, cabe resaltar que ningún cilindro fue llevado hasta su límite de falla, los resultados se aprecian en la Fig. N° 5.

Fig. N° 5  
Comportamiento de los especímenes de concreto  
Fuente: Del autor.





## Conclusiones

Después de haber terminado el experimento, a manera de conclusión se comenta lo siguiente:

Al no existir normatividad que regule el comportamiento del agregado grueso reciclado, lo obtenido en esta investigación comparada con la normatividad vigente, es aceptable.

La densidad en los tres agregados es similar, esto es bueno considerando la composición de GR y GC, que al estar compuesta por dos materiales distintos su comportamiento es aceptable.

El porcentaje de absorción para la GT es el normal, mientras que para GR y GC, tomando en cuenta que al ser el agregado reciclado un material artificial compuesto por pasta de cemento y agregado natural es aceptable.

El porcentaje de humedad es distinto para los tres agregados, la GT, tiene un comportamiento normal, y es tomado como índice, mientras que la GR es muy superior con un 5%, seguida de la GC, con un 2% de absorción, lo que conlleva a considerar el agua de amasado requerida.

En lo referente al diseño de mezcla, lo que llama la atención y donde se debe poner más cuidado es en la relación a/c, debido a que este material por ser artificial absorbe mayor agua como ya se demostró anteriormente, para reducir la cantidad de agua requerida, puede utilizarse un aditivo reductor de agua, sin embargo en esta investigación no se empleo para conocer su comportamiento en un estado natural.

El revenimiento obtenido es bueno, considerando que se obtuvo el deseado por el diseño del laboratorio, y se pudo apreciar que las mezclas GR y GC-2 tuvieron revenimientos similares, dando esto pie a otros posibles usos dentro de la industria de la construcción. La GT tiene un comportamiento aceptable, lo mismo que la GC-1.

En cuanto a la resistencia a la compresión considerada por algunos como la prueba índice, se aprecia que la mezcla GT, cumplió

su cometido al ser el parámetro de medición para este experimento, las mezclas GC-1 Y GR, adquirieron una resistencia rápida a edades tempranas, sin embargo a los 28 días se redujo considerablemente su resistencia, por lo tanto quedan descartadas para ser empleadas en elementos estructurales, a pesar de haber sobre pasado lo esperado, la mezcla GC-2, es la que tuvo un mejor desempeño, ya que adquirió una resistencia de manera paulatina, pudiéndose comparar con la mezcla GT, por tal razón, es la que mejor comportamiento tuvo al final de este experimento.

## Bibliografía

Castilla, Gómez Jorge. *Fabricación de hormigón reciclado*. Demoliciones y reciclados S.L. Madrid, 2009.

CFE, Comisión Federal de Electricidad, *Manual de Tecnología del Concreto*, Secc. 1, Ed. Limusa Editores S.A. de C.V., Noriega Editores, México, 2001, ISBN 968-18-4980-9, 258 p.

CFE, Comisión Federal de Electricidad, *Manual de Tecnología del Concreto*, Secc. 3, Ed. Limusa Editores S.A. de C.V., Noriega Editores, México, 2001, ISBN 968-18-4980-9, 382 p.

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, 456 p.

MAIO, A Di, G. Giaccio y R. Zerbino, *Hormigón con agregados reciclados: Resistencia, módulo de elasticidad y fluencia bajo cargas de compresión*, Hormigón 40/04, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, Argentina, 2004, 50 p.

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, 381 p.

NEVILLE A.M., *Tecnología del Concreto*, ed. Trillas, México, 1998, ISBN 968-24-

0461-4, 329 p. NMX-C-073-1997-ONNCCE, *Industria de la Construcción-Agregados para concreto-Masa Volumétrica-Método de prueba*. Ed. Organismo Nacional de Normalización Certificación de la Construcción y Edificación. México.

NMX-C-077-1997-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.

NMX-C-083-1997-ONNCCE. *Industria de la Construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto*. Ed. Organismo Nacional de Normalización Certificación de la Construcción y Edificación. México.

NMX-C-156-1997-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.

**Colaboradores en este número:**

Luz del Carmen Vilchis Esquivel  
Eréndida Cristina Mancilla González  
Jesús Rivas Recio  
Manuel Guerrero Salinas  
Ricardo Mendoza Angulano  
Fernando García Santibáñez  
Ricardo Carrillo Maciel  
Esteban López Vázquez  
Silvia Olivia Ramírez Martínez  
Carla de la Luz Santana Luna  
Irma Carrillo Chávez  
Alejandra I. Galván Arellano  
Félix Beltrán Concepción