



12-14 de Noviembre del 2012  
Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa

## CONTROL DE CALIDAD Y COMPARATIVA ENTRE EVALUACIONES EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE 10 X 20 Y 15 X 30

M. A. Mondragón Ornelas<sup>1</sup>, H. L. Chávez García<sup>2</sup>, W. Martínez Molina<sup>2</sup>, E. M. Alonso Guzmán<sup>2</sup>, M. A. Navarrete Seras<sup>1</sup>, J. A. Guzmán Torres<sup>1</sup>, N. Díaz González<sup>1</sup>, A. A. Torres Acosta<sup>3</sup>, A. L. Del Valle Moreno<sup>3</sup> y M. Arreola Sánchez<sup>1</sup>

1. Ingenieros del Posgrado de la Maestría en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías Terrestres, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México 58040; 2. Cuerpo Académico Consolidado-147, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México 58040; 3. Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro, México.

### RESUMEN

Se presentan los resultados de la correlación entre valores de resistencia obtenidos en especímenes cilíndricos de concreto de 15cm Ø x 30 cm H respecto a los cilindros de 10cm Ø x 20 cm H, para lo cual se mantuvo constante el MF, y se varió en TM de la grava (1", ¾" y ½"). La mezcla para la experimentación se diseñó por el método de las curvas de Abrams, para una resistencia  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , usando cemento CPC 30. Los resultados de los dos tamaños de especímenes se resumen contrastados contra los valores indicados en la normativa vigente. Se concluye que no es posible substituir los especímenes de 15cm Ø por 30 cm H por especímenes de 10 cm Ø por 20 cm H en aquellos casos en que los agregados pétreos presenten un TM mayor que un  $1/5 \text{ Ø}$ , es decir para especímenes de 10 cm Ø, el TM permisible será hasta ¾".

**Palabras clave:** Correlación, Módulo de finura, Tamaño máximo, Resistencia, Esfuerzo mecánico.

### ABSTRACT

The results of the correlation between resistance values obtained in cylindrical specimens of concrete 15 cm Ø x 30 cm H regard to cylinders of 10 cm Ø x 20 cm H, for which the MF remained constant and varied in TM of gravel (1", ¾" and ½"). Experimentation mix designed by Abrams curves method, for resistance  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , using CPC 30 cement. The results of the two sizes of specimens summarizes contrasted against the values indicated in the regulations in force. It is concluded that it is not possible to replace the 15 cm Ø or 30 cm H specimens for specimens of 10 cm Ø or 20 cm H in those cases where TM is bigger than  $1/5 \text{ Ø}$ , i.e. for specimens of 10 cm, or the allowable TM will be until ¾".

**Key words:** (correlation, module of delicacy, maximum size, resistance, mechanical Effort).

## INTRODUCCIÓN

A través del tiempo el hombre siempre ha buscado la forma de realizar sus construcciones cada vez más seguras, económicas y resistentes. Es por eso que las ha realizado con diversos materiales, piedra, arena, madera, acero, aglutinantes, etc. En la actualidad uno de los materiales más utilizados es el concreto armado o simple. El concreto es un material cerámico artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agua y agregados pétreos finos y gruesos; naturales ó artificiales<sup>1</sup>. El ingeniero civil tiene conocimiento sobre los principales materiales estructurales que se usan en la construcción de la obra civil, como es el caso de el cemento y el acero de refuerzo. En ocasiones desempeñan papeles complementarios uno respecto del otro, y a veces compiten entre sí, debido a que algunas estructuras pueden construirse tan sólo con alguno de los dos materiales. En obra, el acero de refuerzo se debe de especificar con respecto a la norma adecuada, y el ingeniero supervisor solo se limita a verificar que se cumpla. La función del acero de refuerzo es absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas de tensión, cambios volumétricos por temperatura y para quedar ahogado dentro de la masa de concreto. Tanto el acero como el cemento están garantizados por el fabricante de manera similar, si se elige el cemento adecuado, este no podrá ser la causa de fallas en la estructura de concreto. Los elementos estructurales pueden producirse en la obra, y su calidad depende de la mano de obra en los procesos de elaboración y colocación del concreto. Por lo tanto resulta evidente la importancia del control de calidad de los materiales y de los trabajos de concreto en la obra. Puesto que los obreros que elaboran el concreto en la obra carecen de la preparación suficiente y de otros oficios de la construcción, es indispensable la supervisión del ingeniero, durante la cual debe realizar diversas pruebas para verificar la calidad a los materiales de construcción, por ejemplo; en el caso del concreto se elaboran cilindros para determinar la resistencia a la compresión para saber si cumple con las especificaciones del proyecto. El concreto con cemento Portland hidráulico, está presente como el material de la industria de la construcción más utilizado, debido a que se adapta a cualquier molde o cimbra. En el presente trabajo se analiza la posibilidad de elaborar cilindros de concretos con dimensiones más pequeñas con respecto a los que se utilizan normalmente, con la finalidad de reducir el desperdicio de concreto y hacer más fácil el manejo al reducirlos en tamaño y en peso. Se usarán diferentes tamaños máximos de grava para comparar su comportamiento y saber si es factible aplicar el cambio de las dimensiones de los cilindros.

## EXPERIMENTACIÓN

Para la experimentación se elaboraron 70 cilindros de concreto con dimensiones de 10cm x 20 cm y de 15cm x 30 cm, para cada uno de los tamaños máximos del agregado pétreo (1", ¾", ½"), para someter a compresión 5 cilindros de cada tamaño a su edad correspondiente (1, 2, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 45, 60 y 90). El diseño de la mezcla de concreto utilizada en los especímenes para las pruebas que se realizaron, fue siguiendo el método de las Curvas de Abrams<sup>2</sup> para un concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , con un revenimiento de 12 cm. Se utilizó cemento tipo CPC-30. Para el caso de este caso se presentan los resultados obtenidos a 90 días de edad.

Los agregados pétreos, tanto fino como grueso que se utilizaron para la elaboración del concreto para los especímenes proceden del Banco de Materiales<sup>3,4</sup> “Joyitas” ubicado en la carretera Morelia-Zamora, km 14+300, el Municipio de Morelia Michoacán, México. A los cuales se les realizaron pruebas de % Humedad Actual<sup>5</sup>, % de Humedad de Absorción<sup>6</sup>, Densidad<sup>7</sup>, Masa Volumétrica Seca varillada<sup>8</sup>, Masa Volumétrica Seca Suelta<sup>8</sup>, Granulometría<sup>9</sup> en finos y gruesos para obtener el Módulo de Finura (MF) y el Tamaño Máximo (TM) respectivamente<sup>9</sup>, colorimetría<sup>10</sup> entre otras pruebas no obligadas para el diseño pero muy importantes para determinar la calidad del agregado. Al cemento utilizado se le realizaron pruebas de Tiempos de Fraguado, Consistencia Normal y Densidad para poder observar sus características del cemento basándose en las normas, NMX-C-059-1997-ONNCCE<sup>11</sup>, NMX-C-057-1997-ONNCCE<sup>12</sup>, NMX-C-152-ONNCCE-2010<sup>13</sup> y verificar que cumpla con la norma. Al agua se le realizaron análisis como Color, Sabor, Olor y pH de acuerdo a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004<sup>14</sup>, esto para garantizar su pureza y proceder a realizar la mezcla de los materiales para obtener un concreto de la mejor calidad. Los resultados de los análisis físicos de laboratorio a los que fueron sometidas la arena y grava, así como el cemento se muestran en la Tabla 1.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
MATERIAL	CEMENTO	ARENA	GRAVA
TIPO DE MATERIAL		VOLCÁNICO	VOLCÁNICO
DENSIDAD	3.1	2.33	2.13
P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	1490	1398	1149
P.V.S.V. (kg/m <sup>3</sup> )		1522	1252
T.M. (")		----	1.00
M.F.		3.12	----
ABSORCIÓN (%)		3.20	3.10

**TABLA 1.** Características de los agregados utilizados para la elaboración del concreto.

Las cantidades de los agregados, cemento y agua obtenidos por el método de Abrams<sup>2</sup>, para un metro cúbico de concreto se muestran en la Tabla 2, dosificación por peso. El peso de los materiales varió de acuerdo al tamaño máximo con el que se realizó el diseño.

MATERIAL Kg/m <sup>3</sup>	T.M. ½"	T.M. ¾"	T.M. 1"
CEMENTO	346.77	322.58	314.52
ARENA	797.66	769.55	707.15
GRAVA	626.36	698.91	771.46
AGUA	263.94	250.35	245.55

**TABLA 2.** Materiales en peso necesarios para elaborar 1 m<sup>3</sup> de concreto para cada tamaño máximo.

Para cada uno de los diseños del concreto, el arena se usó tal como la suministraron del banco de material, la cantidad de grava se fue variando de acuerdo al tamaño máximo con el que se diseñó cada una de las coladas. El peso de la grava que resultó, se distribuyó de acuerdo a la curva granulométrica para que cumpla con los porcentajes retenidos en cada una de las mallas.

No. De malla	% Retenido
1"	10%
3/4"	20%
1/2"	20%
3/8"	25%
No 4	25%

No. De malla	% Retenido
1"	0%
3/4"	22%
1/2"	28%
3/8"	25%
No 4	25%

No. De malla	% Retenido
1"	0%
3/4"	0%
1/2"	45%
3/8"	25%
No 4	30%

**TABLA 3.** Distribución de la grava para cada tamaño máximo empleado.

Una vez que se tienen las cantidades de los materiales calculadas, se procedió a la elaboración de la mezcla, a la cual se le verificó que cumpliera con el revenimiento<sup>15</sup> de proyecto (12 cm), para proceder a la elaboración de los cilindros<sup>16</sup>. A las 24 horas se desmoldaron y se mantuvieron sumergidos en agua a una temperatura de 18° a 22°. De acuerdo a las edades de prueba, los especímenes se sacaron de la pila de curado para cabecearlos<sup>17</sup> y poder realizar la prueba de compresión<sup>18</sup>.



**FIGURA 1.** Elaboración y curado de los especímenes cilíndricos.

## RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos, en las primeras gráficas, se observa que el comportamiento de los cilindros de 10 x 20 cm es inferior un 25% a la edad de 28 días y a los 90 días la diferencia es del 30% en el caso del T.M. de 1", para el caso de T.M. de 3/4" a

los 28 días el comportamiento no es significativo debido a que varía solo el 5%, y conforme se reduce el T.M. de la grava el comportamiento es casi similar y es mucho más claro en la gráfica de 1/2", en la cual los cilindros más pequeños logran una resistencia igual a los 28 días y a los 90 días la resistencia es poco mayor que los cilindros de 15 x 30 cm.

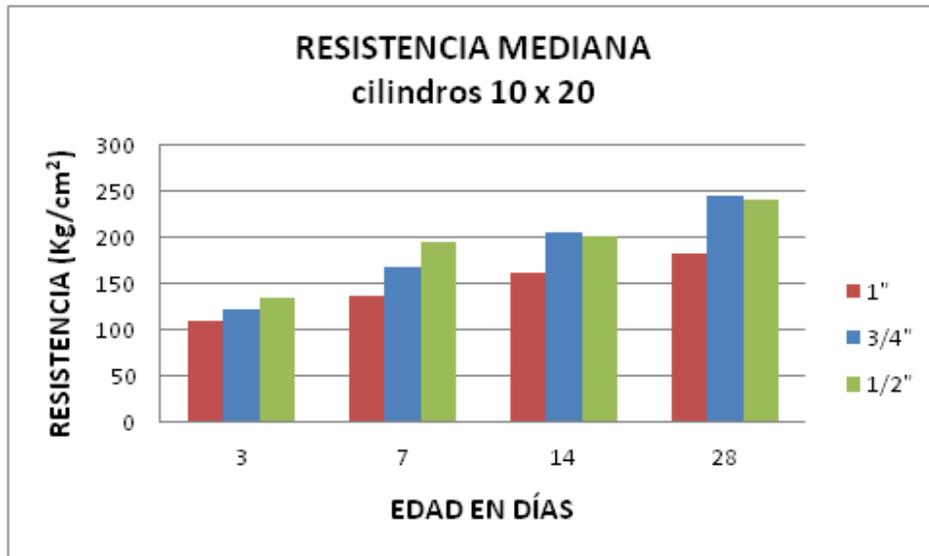


FIGURA 2. Resistencia mecánica a la compresión de los cilindros de 10cm diámetro x 20cm altura.

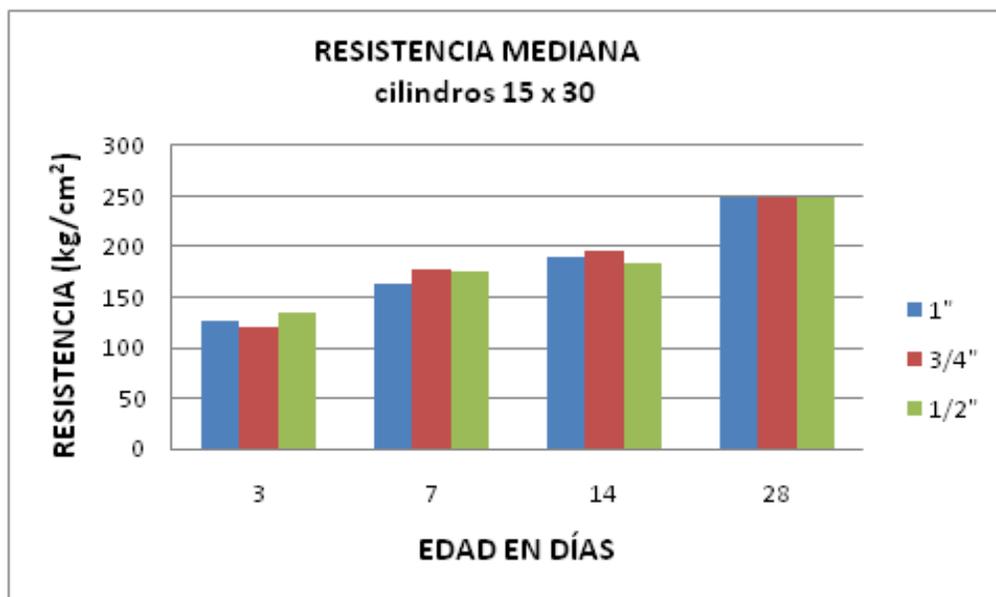


FIGURA 3. Resistencia mecánica a la compresión de los cilindros de 15cm diámetro x 30cm altura.

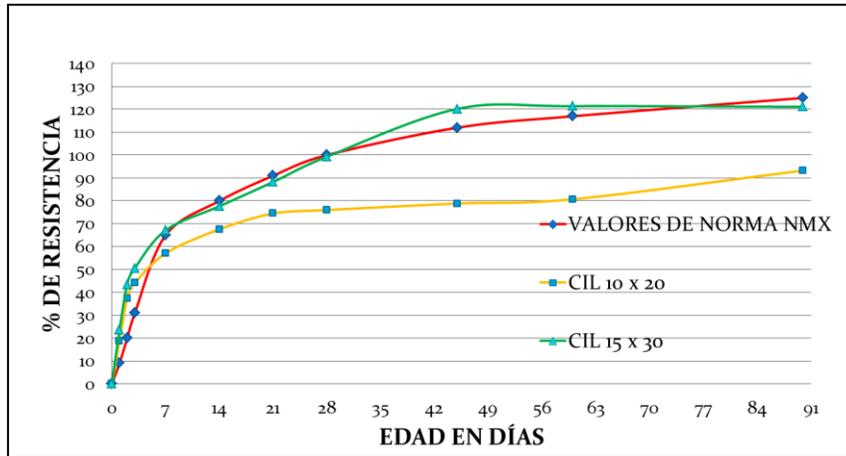


FIGURA 4. Comparacion de resultados con la Norma NMX-C-83-ONNCCE para un TM de 1"

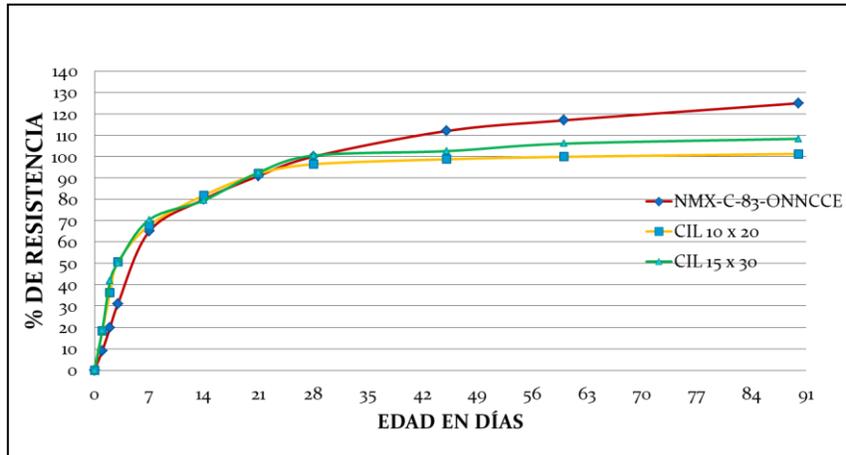


FIGURA 5. Comparacion de resultados con la Norma NMX-C-83-ONNCCE para un TM de 3/4"

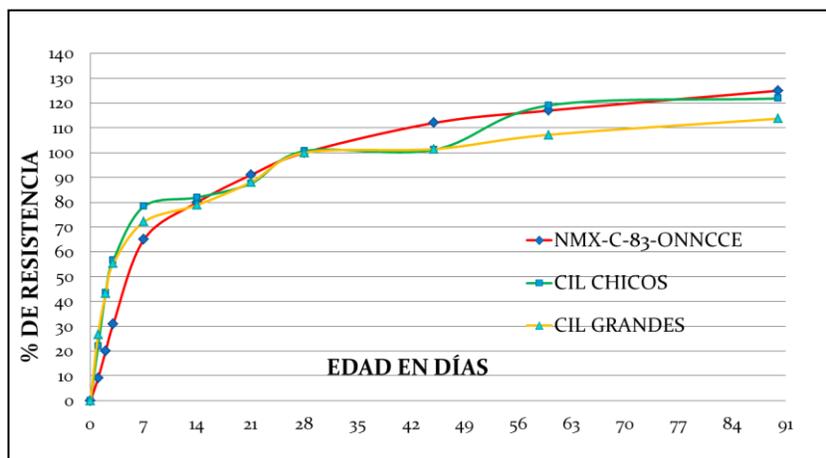


FIGURA 6. Comparacion de resultados con la Norma NMX-C-83-ONNCCE para un TM de 1/2"

## CONCLUSIONES

Uno de los datos más importantes en el diseño de concretos es conocer su resistencia a compresión simple a los 28 días de edad, de acuerdo a los resultados de las gráficas se puede concluir que para la elaboración de especímenes cilíndricos con Tamaños Máximos de 1",  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " es factible la utilización de los especímenes de 15cm diámetro x 30cm altura, pero para el caso de los cilindros de 10cm diámetro x 20 cm altura, el Tamaño Máximo deberá ser de  $\frac{3}{4}$ ", debido a que los cilindros que se elaboraron con T.M. de 1" resistieron solamente  $202 \text{ kg/cm}^2$  lo que representa el 80% de la resistencia. Así mismo con los resultados obtenidos se corrobora que para usar especímenes de 10cm diámetro x 20 cm altura, el tamaño máximo es de  $\frac{3}{4}$ ", debido a que el diámetro del cilindro no debe ser mayor a 5 veces que el T.M. usado.

Para el caso del T.M. de 1" se propone una correlación al 80% de la resistencia, con lo cual podemos definir que el 80% de la resistencia de los cilindros de 10cm diámetro x 20 cm altura, representa el 100% del esfuerzo de compresión que debe de soportar a la ruptura, esto se debe a que el TM se excedió con respecto a las dimensiones del espécimen. Aún y cuando las especificaciones se sigan cuidadosamente y el proceso se realice por operadores experimentados, los resultados no serán uniformes, siempre existirá variación en los datos. Estas variaciones pueden ser por errores accidentales al elaborar el concreto o porque no hubo uniformidad en el material ensayado, tales como variación en la época y horario de las mediciones, cambio de operador, variación en la elección de rango de cuantificación, forma de cabeceo, material nuevo para cabeceo, tipo de aceite, moldes, tiempo de secado de los especímenes después de extraídos de la pila, la temperatura del agua de curado, la forma de curado, que se hayan golpeado los especímenes, pequeña hidratación del cemento que no sea percibida a simple vista, el tiempo y forma de llenado de los especímenes, la extracción del aire atrapado en forma accidental, velocidad de la carga, etc.

El laboratorio juega un papel muy importante en el control de calidad en las obras civiles, ya que nos permite analizar, controlar y encontrar los materiales más idóneos, para producir estructuras económicas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y del Proyecto de Redes SEP-PROMEP, Nombre de la Red: Red Temática Promep para la Conservación de Materiales de Interés Histórico y Artístico, el soporte técnico del personal del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Ruelas" de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

## REFERENCIAS

- [1] “Tecnología del concreto” De Adam M. Neville, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. Editorial IMCYC, 1992
- [2] Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Proporcionamiento de Mezclas Editorial IMCYC.
- [3] NMX-C-030-ONNCCE-2004 Industria de la construcción -Agregados - Muestreo.
- [4] NMX-C-170-1997-ONNCCE. Industria de la construcción -Agregados - Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo, al tamaño requerido para las pruebas.
- [5] NMX-C-166-ONNCCE-2006 Industria de la construcción – Agregados - Contenido total de humedad por secado método de prueba.
- [6] ASTM C 128-01 Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados finos
- [7] ASTM C 127-01 Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados gruesos
- [8] NMX-C-073-ONNCCE-2004 Industria de la construcción - agregados - masa volumétrica - método de prueba
- [9] NMX-C-077-1997-ONNCCE Industria de la construcción - agregados para concreto - análisis granulométrico - método de prueba
- [10] ASTM C-40-99 Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto.
- [11] NMX-C-059-1997-ONNCCE Industria de la construcción - determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (método de Vicat).
- [12] NMX-C-057-1997-ONNCCE Industria de la construcción- cementantes hidráulicos - determinación de la consistencia normal.
- [13] NMX-C-152-ONNCCE-2010. Industria de la construcción -Cementantes hidráulicos- Método de prueba Para la determinación del masa específico de cementantes hidráulicos.
- [14] NMX-C-122-ONNCCE-2004. Industria de la construcción – Agua para concreto
- [15] NMX-C-156-1997-ONNCCE Industria de la construcción - concreto - determinación del revenimiento en el concreto fresco.
- [16] NMX-C-159-2004-ONNCCE Industria de la construcción - Concreto -Elaboración y curado, en el laboratorio de especímenes.
- [17] ] NMX-C-109-2004-ONNCCE Industria de la construcción -Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos.
- [18] NMX-C-083-ONNCCE Industria de la construcción -Concreto - Determinación de la resistencia la compresión de cilindros de concreto.