

# IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO PARA DETERMINAR LA CONTRACCIÓN AUTÓGENA DE PASTAS DE CEMENTO

Benítez, Graciela Alejandra<sup>1</sup>; Graneros, Gustavo<sup>1</sup>; Soto, Santiago<sup>1</sup>; Polzinetti, Matías<sup>2</sup>; Curria, María<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Tecnología del hormigón-Construcciones, <sup>2</sup>División Tecnología del Hormigón, Departamento Técnico, Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA)  
alemir@inti.gob.ar

## Introducción

A edades tempranas, las mezclas cementíceas desarrollan un fenómeno denominado contracción autógena, que consiste en una reducción relativa de su volumen durante las reacciones de hidratación y autodesecación. La restricción a estos cambios volumétricos induce la aparición de tensiones internas que pueden devenir en fisuración del material si su resistencia a la tracción es superada. Por tal motivo, se planteó implementar un método de ensayo preciso, repetible y de adecuada reproducibilidad que permita profundizar su estudio en forma cuantitativa.

## Objetivo

-Adaptar a nivel local el método de ensayo de la norma estadounidense ASTM C1698-09, para la medición en laboratorio de la contracción autógena de pastas de cemento.  
-Implementar este procedimiento, con un conjunto de mejoras para lograr adecuada precisión, repetibilidad y reproducibilidad

## Descripción

El presente trabajo se realizó en el marco de un convenio específico entre INTI Construcciones y el Instituto del Cemento Portland Argentino en un espíritu de colaboración mutua, fortaleciendo ambas instituciones y difundiendo el comportamiento de los cementos y adiciones.

### Características del método de referencia ASTM C1698

De acuerdo con la norma ASTM C1698, los moldes a emplear consisten en tubos flexibles de polietileno, de 420 mm de largo y superficie corrugada "triangular". Ambos extremos son sellados con tapones rígidos a presión. Para su moldeo, cada probeta se coloca dentro de un tubo cilíndrico, para mantenerlo vertical. La compactación depende de la consistencia.

La temperatura debe ser constante  $\pm 1$  °C. Las probetas se almacenan horizontales. Para asegurar la repetibilidad de las lecturas, la barra de referencia en el dilatómetro debe ser de aleación de bajo coeficiente de dilatación térmica (INVAR).

La primera lectura del largo debe realizarse a partir del fin de fragüe de cada pasta y, luego a las edades de 1, 3, 7, 14 y 28 días. La contracción autógena ( $\epsilon$ ) se calcula de acuerdo con las ecuaciones (1) y (2).

$$\epsilon = \frac{R(t) - R(t_{ff})}{L(t_{ff})} \cdot 10^6 \mu\text{m/m} \quad (1)$$

$$L(t_{ff}) = R(t_{ff}) + L_{ref} - L_{tapón1} - L_{tapón2} \quad (2)$$

Donde: R(t): lectura del reloj comparador en el instante "t"

R(t<sub>ff</sub>): lectura del reloj comparador al instante del fin de fragüe

L(t<sub>ff</sub>): largo total de la probeta al instante del tiempo de fin de fragüe

L<sub>ref</sub>: largo de la barra de referencia, en mm

L<sub>tapón1,2</sub>: largo de cada tapón, en mm



Figura 1: Dilatómetros y tubos en ensayo.

### Implementación del método y propuestas de mejora

Las modificaciones propuestas surgieron de la necesidad de adaptarlo a la disponibilidad local y las condiciones operativas. Se utilizó tubos flexibles de 790 mm de largo con corrugaciones "cuadradas", que aumentó la sensibilidad de las lecturas y redujo el error relativo de cada medición. El llenado se ejecutó en capas, sobre una mesa vibratoria (3600 rpm) con una manga plástica para reducir las burbujas y evitar obturaciones, variando el tiempo de vibrado de acuerdo con la consistencia y viscosidad de cada pasta.

La norma de referencia propone mover las probetas cada vez que se debe realizar una lectura. Esto produce desviaciones estándar para un mismo operador de 700  $\mu\text{m/m}$ .

Para mitigar esto, se mantuvieron en posición estacionaria sobre el dilatómetro durante las primeras 44 horas. Para las lecturas

posteriores, se respetó la posición original, mediante marcas indelebles disminuyendo la desviación estándar por operador a 20  $\mu\text{m}/\text{m}$  luego de las 44 h.

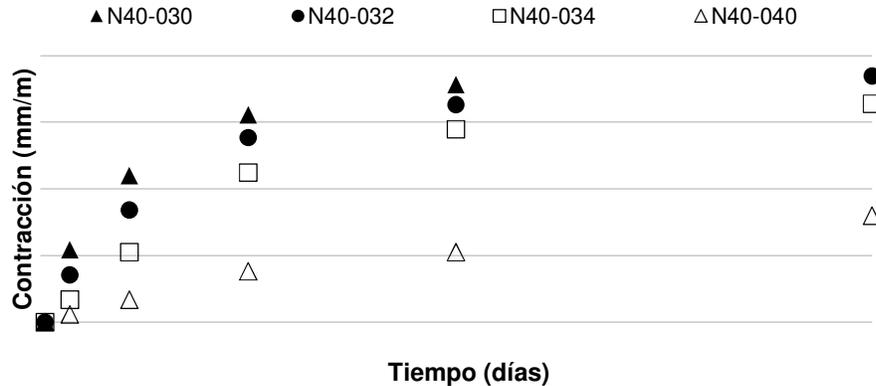


Figura 2: Resultados obtenidos para la pasta de CPN 40 distintas relaciones agua / cemento

El uso de tapones de cierre preformados no garantizaban un sellado hermético. En reemplazo se moldeó tapones con una masilla epoxi de fragüe rápido y se registró su largo para calcular  $L(t_{ir})$  de cada probeta.

El manipuleo de las probetas en estado fresco se realizó sobre un perfil L. En la Figura 1 se observan los dilatómetros y las probetas en posición de lectura.

#### Medición y cálculo

La primera lectura del largo de cada probeta se hizo dentro de los  $(45 \pm 15)$  min desde el momento de contacto entre el material cementíceo y el agua. Luego se realizaron lecturas cada 30 min hasta el fin de fragüe. Se continuaron a 1, 2, 7, 14 y 28 días. El “error del cero” del reloj comparador, determinado mediante la medición de la barra de referencia, resultó ser menor a  $20 \mu\text{m}$ . La temperatura se mantuvo en  $(22,0 \pm 1,0) ^\circ\text{C}$ . Se calcularon la contracción autógena  $\epsilon(t)$  y la desviación estándar de cada serie de ensayo  $s(t)$ .

#### Resultados

La Figura 2 presenta algunos de los resultados de contracción autógena para las edades arriba mencionadas, para 4 pastas de Cemento Portland Normal (CPN40) y 4 relaciones agua/cemento.

La norma ASTM C1698, indica que la repetibilidad del ensayo para pastas de relación agua/cemento entre 0,35 y 0,37 exhibe una desviación estándar por operador de  $110 \mu\text{m/m}$ . Con las mejoras introducidas, ésta se redujo a  $20 \mu\text{m/m}$ . Con respecto a la reproducibilidad del método, se ensayaron 4 muestras de CPN40 con relación agua/cemento 0,34, obteniéndose una desviación estándar de  $70 \mu\text{m/m}$ . El coeficiente de variación para este caso fue mayor que los restantes casos, por la intervención de operadores distintos, en días diferentes.

Al mismo tiempo, la desviación estándar de las pastas ensayadas fue menor que  $100 \mu\text{m/m}$  en el 90 % de los casos.

Como control de la pérdida de humedad, se determinó la variación de masa de las probetas entre la primera lectura y los 2 días, siendo inferior a la incertidumbre de la balanza con un desvío de 0,12 g.

#### Conclusiones

Este trabajo propone un método confiable, repetible y de mejor reproducibilidad que el método de la norma ASTM C1698 para la determinación de la contracción autógena en pastas de cemento que puede implementarse con equipamiento existente en laboratorios de ensayo de cementos.

Para evitar variaciones por manipulación de las probetas a edades tempranas se requiere mantenerlas en posición estacionaria sobre el dilatómetro, durante las primeras 24 a 44 h.

Es necesario mantener un control riguroso de la temperatura para evitar variaciones significativas en las lecturas.

La efectividad del método de sellado se considera satisfactoria de acuerdo con los controles de masa de las probetas.

El grado de repetibilidad logrado con las modificaciones implementadas es mayor al informado por la norma de referencia.

En el futuro, se ha propuesto extender esta investigación comparando este método con otros también empleados para la determinación de la contracción autógena de pastas cementicias.

#### Bibliografía

- ASTM C1698 Standard Test Method for Autogenous Strain of Cement Paste and Mortar, American Society of Testing Materials (ASTM), 2009.
- Checmarew R.L., Mansilla G.P., Fernández Luco L., Benítez G.A., “Método INTI para medir cambios de volumen en pastas y morteros en estado fresco”. Memorias Congreso: XII Reunión Técnica “Dra. Haydée V. Armándola”, AATH, 253-261, 1995