

# DISPOSITIVO PARA UNA MEDICION DIRECTA DE LA PRESIÓN DEL GEL DE RAS

J. M. Cosentino    GIIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional  
F. A. Avid        Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com  
P. Moreira  
J.D. Sota

## Resumen

El producto de la reacción álcali-sílice es un gel (membrana osmótica), que origina tensiones de tracción que llevan al desarrollo de fisuras en el hormigón. En este trabajo se mide la presión del gel álcali-sílice en probetas de morteros de 2.5x2.5x25cm con un dispositivo desarrollado en el laboratorio, comparando la reactividad medida en los mismos morteros con el método IRAM 1674 con el fin de establecer correspondencia entre los dos métodos con resultados experimentales. En las etapas de medida del método con el nuevo equipamiento la probeta esta sumergida también en una solución 1 N de NaOH a 80°C. En las primeras experiencias se midieron las presiones de hinchamiento de dos muestras: una altamente reactiva y una no reactiva calificadas previamente con el método IRAM 1674. Con este dispositivo, que guarda muy buena correlación con el método normalizado, se acortan los tiempos de medición y se optimiza la visualización de los efectos debido a la medición directa de las variables.

**Palabras clave:** árido reactivo; la reacción álcali-sílice; presión gel álcali-sílice

## INTRODUCCIÓN

La reacción álcali-sílice es una patología deletérea en los hormigones de cemento portland. Se produce en el hormigón entre los álcalis presentes en el hormigón (Na, K) en presencia de  $(OH)_2Ca$  y la sílice amorfa o criptocrystalina o cuarzo tensionado de los agregados con alta humedad,

para formar el gel álcali-sílice (GAS) [1,2]. El gel una vez formado absorbe agua de la solución de los poros, aumentando el volumen, generando presión expansiva (tracción) sobre el hormigón que lo rodea, causando fisuras y deterioro [3].

Varias hipótesis se conocen sobre esta acción, una manera sencilla de explicarla es que la expansión y el fisuramiento del hormigón son simplemente debido al crecimiento de zonas afectadas y/o agregados, causada por la presión hidrostática del gel existente.

Alternativamente, la hipótesis de la presión unidireccional atribuye el agrietamiento a la expansión inducida por la absorción de agua por el gel durante el período de su formación cuando permanece suficientemente rígido para ejercer una presión unidireccional; finalmente, la hipótesis de presión osmótica postula que la pasta de cemento alrededor de una partícula reactiva actúa como membrana semipermeable, permitiendo la difusión de los hidróxidos alcalinos se difundan, pero evitando que los productos de reacción de silicato de difundan fuera de la membrana, resultando en una acumulación de presión interna [2]. La última hipótesis es generalmente aceptada por muchos investigadores [3-7].

El primer estudio que mide la PGAS en el mortero lo llevó a cabo Pike en 1958 [8]. En ese estudio, una probeta cilíndrica de mortero se colocó en un recipiente de acero cerrado, la deformación del recipiente se midió por medidores sensibles de deformación, que fueron envueltos en espiral

alrededor de la superficie exterior. En el estudio de Pike, las muestras fueron realizadas con un cemento de alto álcali, utilizando un agregado con un contenido del 6% de ópalo. Se midió una presión de alrededor de 2,76MPa en 190 días. La desventaja de este método es que se debe realizar con un nuevo contenedor en cada prueba.

Un nuevo método fue desarrollado por Ferraris et. al. [9], que determina la PGAS entre 2MPa y 9MPa en cilindros de mortero con una marco de acero sumergido en un baño de agua de 50°C. En este método, la temperatura del baño de agua afecta a las mediciones de presión. Sin embargo, la estructura de acero en el baño de agua caliente expande más que el cilindro causando la compresión del mortero con pérdida de presión.

Se utilizó un conjunto experimental idéntico por Kawamura y Iwahori [7] pero ellos pusieron su marco en una cámara húmeda a 38 °C y una humedad relativa del 95% midiendo la presión expansiva en condiciones de confinamiento.

Basándonos en estas investigaciones, y teniendo en cuenta la necesidad de sumar posibilidades de detectar y cuantificar la RAS, se desarrolló una metodología de ensayo usando las características de elaboración y curado de la norma IRAM 1674. [11,13]

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Los materiales de ensayo

Se estudiaron dos agregados, uno de origen basáltico y otro de rodados del Río Uruguay, el cemento usado fue el especificado en la Norma IRAM 1674. [10,12]

### Dispositivos de prueba y moldes

Dispositivo de medición de presión del gel uniaxial (PGAS). El mismo fue diseñado en base a la bibliografía y con las posibilidades de la Facultad de Ingeniería.

### Descripción del equipo

El dispositivo de medición de presión gel alcali-silíce (PGAS) consta de tres partes principales (Figura 1), y estas son:

Una parte consistente en un marco metálico

rígido entre dos planchas de acero, en el centro del mismo encontramos la guía y sostén de una celda de carga, regulada por tuercas de ajuste.

La segunda parte consta de recipientes independientes para contener el hidróxido de sodio y un baño de agua para una distribución uniforme del calor, la cubierta de acero inoxidable colocada en la superficie superior de la olla previene el escape de vapor y la pérdida de temperatura durante el período de prueba.

La última parte del dispositivo consta de la celda de carga y el indicador digital como la unidad de medición.

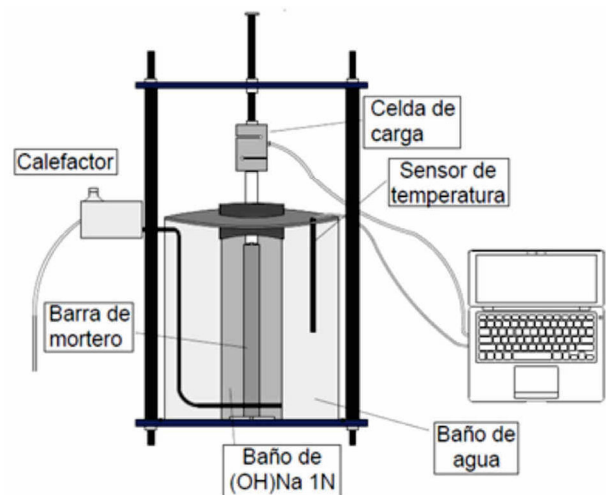


Figura 1. Dispositivo de medición.

La capacidad de la celda de carga "tipo" S es de  $500 \pm 0,5$ kg, con capacidad de medir tanto la fuerza de compresión como la fuerza de tracción. La fuerza expansiva generada por GAS fue transmitida a la celda de carga a través de un cojinete, el programa informático fue diseñado por los autores para leer y almacenar datos diarios (de presión y temperatura) desde el indicador digital utilizando una conexión USB. Antes de iniciar una prueba, todo el sistema se calibra con una celda de carga de referencia tarada. (Figuras 2 y 3).

### Moldes

En este estudio, se adoptó como probeta de ensayo, la correspondiente a la utilizada en la Norma IRAM



Figuras 2 y 3. Equipo PGAS.

1674, para establecer una comparación entre la expansión medida por el método normalizado y la medida de la presión registrada en el nuevo equipo.

### MÉTODO DE ENSAYO Método de prueba PGAS

Se procedió, según la metodología de la Norma IRAM 1674, con el llenado de tres moldes; dos para ensayar según la normativa mencionada y la tercera para ensayar con el nuevo dispositivo.

Luego del curado en agua a 80°C por 24 horas las dos primeras barras se colocan en la solución de OHNa 1N en estufa a 80°C, siguiendo las instrucciones de la Norma y la restante en el reactor con la celda de carga en las mismas condiciones.

Las lecturas se tomaron hasta la misma edad del ensayo en ambas experiencias.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Gráficos 1 y 2 se vuelcan los resultados obtenidos sobre el promedio de dos probetas ensayadas siguiendo la metodología de la Norma IRAM 1674.

Las lecturas se continuaron hasta los 28 días y se realizaron sobre un agregado reactivo según la Norma IRAM 1674 y uno que no mostraba reactividad.

En los Gráficos 3 y 4 se observan los resultados obtenidos de la probeta colocada en el equipo que permitió medir la presión del gel de RAS.

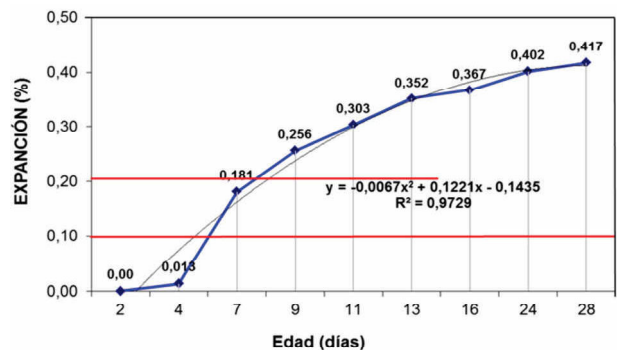


Gráfico 1. Norma IRAM 1674  
Agregado Basáltico.

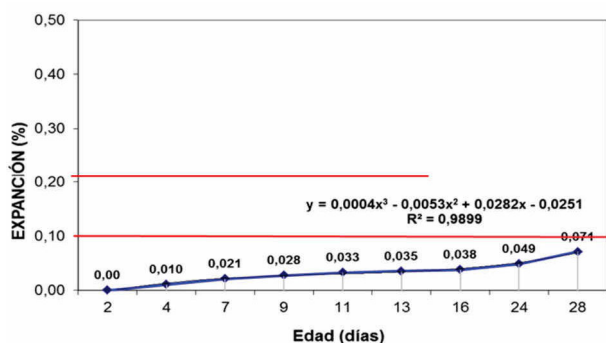


Gráfico 2. Norma IRAM 1674  
Agregado Gravas del Río Uruguay.

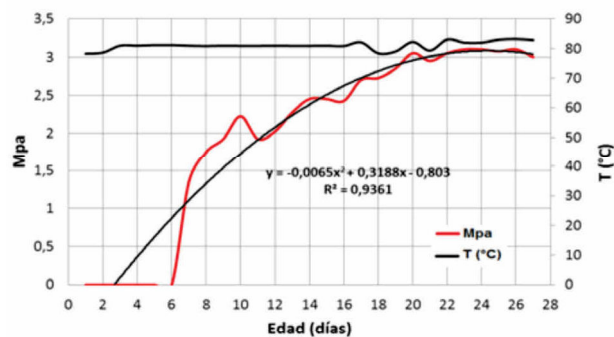


Gráfico 3. Método de prueba PGAS  
Agregado Basáltico.

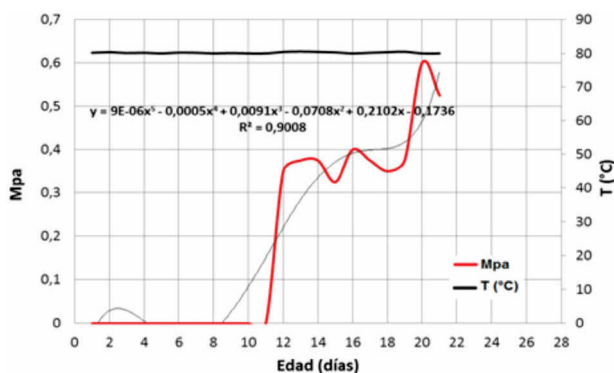


Gráfico 4. Método de prueba PGAS  
Agregado Grava del Río Uruguay.

Las lecturas muestran la presión del gel del orden de 2,5 MPa para la muestra reactiva y del orden de 0,5 MPa para la no reactiva.

En las barras se observaron fisuras muy evidentes y numerosas para las del agregado reactivo e insignificantes para el que no lo es.

Finalmente, estas experiencias permiten contar con una posibilidad de medir en forma directa la presión del gel de la reacción álcali sílice.

## CONSIDERACIONES FINALES

Estos resultados preliminares permiten hacer las siguientes consideraciones:

- 1) Es factible medir diferenciadamente la presión del gel de RAS en agregados inocuos y reactivos.
- 2) Si bien se usó como probeta la de la Norma 1674 y con el curado de esta metodología, se debería tener en cuenta que la presión del gel no es unidireccional. Teniendo en cuenta esto la forma de la probeta debería ser motivo de nuevas experiencias.
- 3) Con relación a la temperatura, en este caso se usó un control automático, independiente del sistema de medición de la presión, pero dicha variable puede ser integrada al sistema.

4) También con este equipo se puede estudiar las diferencias de afectación de la presión del gel de la RAS cuando se varía la relación agua/material cementicio (a/mc).

5) Finalmente se pueden estudiar hormigones con o sin armaduras.

Es propósito de los autores continuar con las variables mencionadas en estas consideraciones.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo de becarios del GIICMA; en particular al becario alumno Ignacio Bossano y al Sr. Jorge Benito personal no docente de la facultad; que colaboraron en la realización de las experiencias como así también en el diseño y confección del equipamiento para realizarlo.

## REFERENCIAS

- [1] O.R.Batic, J.D. Sota. Durabilidad del Hormigon Estructural. Reacciones deletéreas internas

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón Argentina - ISBN: 987-99797-5-9 2001- pp 157-217. Reedición 2013.

[2] West G. Alkali-aggregate reaction in concrete roads and bridges. London: Thomas Telford; 1996.

[3] Strubble L. Diamod S. Unstable swelling behaviour of alkali-silica gels. *Cem Concrete Res* 1981;11:611-7.

[4] Stanton TE. Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate. *Pro Am Soc Civil Eng* 1940;66:1781-811.

[5] Hobbs DW. Expansion of concrete due to alkali-silica reaction: an explanation. *Mag Concrete Res* 1978;30(105):215-20.

[6] Glasser LSD. Osmotic pressure and the swelling of gels. *Cem Concr Res* 1979;9:515-7.

[7] Kawamura M, Iwahori K. ASR gel composition and expansive pressure in mortars under restraint. *Cem Concr Res* 2004;26:47-56.

[8] Pike RG. Pressures developed in cement pastes and mortars by the alkali-aggregate reaction. *Bull High Res Board* 1958;171:33-4.

[9] Ferraris CF, Garboeci EJ, Davis FL, Clifton JR. Stress due to alkali-silica reactions in mortars. In: Chong KP, editor. *Proceedings of the 4th materials engineering conference*, Washington, DC, 1996. p. 1379-87.

[10] F. A. Avid, J.M. Cosentino, J.D. Sota Paragénesis y alteraciones en basaltos usados en hormigones para grandes obras XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad en la Construcción CONPAT-Colombia-2013

[11] Sota J., Falcone D., Batic, O. Reaccion Alkali Silice. una Patologia Interna del Hormigon. PATORREB 2009, 3er. Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios. Porto, Portugal, Marzo 2009.

[12] Cosentino J., Avid F., Machado P., Saad E., Sota J.D. Estudio de los Aridos Aluvionales en Explotación de la Pcia. de Entre Rios, frente a la

RAS. Estudios Interlaboratorios. 17 RT AATH. Córdoba. Octubre 2008

[13] Falcone, D. D., Sota, J. D. y Batic, O.R., Discucion sobre Métodos para Evaluar Agregados Potencialmente Reactivos. 17 RT AATH. Córdoba. Octubre 2008