

## LAS AMA Y EL CONTROL DE LA RAS EN HORMIGONES DE LA MESOPOTAMIA CON AGREGADOS DE HORMIGONES RECICLADOS REACTIVOS

Andrea S. Pereyra, Darío M. Wendler, Alberto J. Palacio, Fabián A. Avid, Jorge D. Sota, Angel Oshiro

*GIICMA - Grupo de Investigación en Ingeniería Civil, Materiales y Ambiente. UTN - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Concordia, Salta 277 Concordia, E.R., ARGENTINA Teléfono/Fax: (0345) 421-4590, academica@frcon.utn.edu.ar.*

### RESUMEN

---

La extracción de agregados naturales en la Mesopotamia, genera cavas a cielo abierto que alteran el entorno natural. Paralelamente, el aumento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es un condicionamiento importante del ambiente que debe ser considerado. El reciclado del hormigón como agregado fino se presenta como una solución a estas problemáticas. Las experiencias con los hormigones de la zona indican la existencia y el desarrollo de la reacción álcali-sílice (RAS), lo que debe ser considerado al tiempo de encarar su reciclado en los hormigones convencionales. En este trabajo se estudia el efecto de mitigación de las adiciones minerales activas (AMA), con diferentes porcentajes según la adición, en hormigones reciclados reactivos analizados en investigaciones anteriores. En la primera etapa se usó el método acelerado de la barra de mortero según norma IRAM 1674/97. Los resultados obtenidos con este método demuestran el buen comportamiento de las AMA con estos hormigones frente al posible desarrollo de la reacción, una segunda etapa consistirá en usar el método de la Norma IRAM 1700 y su Anexo.

**Palabras claves:** RAS, hormigones reciclados, AMA, mitigación.

### INTRODUCCIÓN

La región mesopotámica argentina es una fuente de provisión de agregados naturales para la construcción. Su extracción y utilización es intensiva debido a las características geológicas de la zona (grandes depósitos aluvionales de material meteorizado: cantos rodados, arenas de ríos y arroyos). Esto genera la proliferación de grandes cavas a cielo abierto que impactan tanto a nivel visual como ambiental. A su vez, los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) van en franco aumento, y su consecuencia es el vertido en zonas legalmente habilitadas por los respectivos municipios o en zonas bajas sin ningún tipo de control público.

El reciclaje de RCD es una solución a esta doble problemática, debido a que se reutiliza una gran cantidad de residuos sin aprovechamiento, y se obtiene una nueva materia prima, reduciendo la cantidad de recursos naturales primarios a extraer.

Las experiencias con hormigones reciclados en la zona han sido efectuadas en forma esporádica en hormigones pobres. En un estudio hecho en el laboratorio de la Facultad, se adicionó hasta un 70% de hormigón reciclado como agregado fino, estudiándose su incidencia estructural, midiendo las características de resistencia y módulo de elasticidad de ellos, resultando un buen comportamiento, sin tener en cuenta la incidencia de esta sustitución en la RAS [1].

Las estructuras de hormigón pueden sufrir diferentes patologías. La RAS es una de ellas y es característica de los hormigones de la zona, que se halla vinculada al uso de agregados deletéreos (por presencia de ópalo, calcedonia, etc.) que reaccionan con los álcalis contenidos en el hormigón de cemento portland en presencia de humedad, causando inconvenientes técnicos y económicos en las obras afectadas, incidiendo en la durabilidad de las estructuras. Los hormigones reciclados afectados por la RAS o que tienen en su composición agregados potencialmente reactivos, pueden desarrollar la reacción en las nuevas mezclas, ya sea por el potencial deletéreo remanente del hormigón reciclado, por la renovación de la cantidad de álcalis de alta solubilidad por el nuevo contenido unitario de cemento (CUC) y/o por exposición de las estructuras en ambientes con humedad [2].

En trabajos de investigación anteriores se han analizado los sitios de provisión de la provincia de Entre Ríos y sus productos, identificando específicamente su comportamiento frente a la reacción álcali-sílice [3]. Más adelante se estudió la reacción en basaltos de toda la Mesopotamia [4]. Finalmente se analizaron las incorporaciones de reciclados de hormigón en diferentes porcentuales de reemplazo y su comportamiento frente a la RAS. Se determinó el porcentaje efectivo de reemplazo de agregado fino para el cual las propiedades mecánicas de hormigón no presentan una variación significativa.

En función de los resultados obtenidos, donde la presencia de esta reacción está demostrada, se pretende atender a su mitigación mediante la incorporación de AMA, materiales que proveen propiedades cementíceas similares al cemento portland. Ellas imparten diversos beneficios tales como la reducción de costos y mejoras en las propiedades del hormigón fresco y endurecido.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la acción de las AMA para la mitigación de los efectos de la RAS en hormigones con agregados de hormigones triturados (reciclados). Para ello se incorporaron distintos porcentuales de adiciones disponibles. Se analiza el comportamiento de agregados reciclados en su valoración de la probabilidad de desarrollo de la RAS, utilizando el método de la Norma IRAM 1674/97 [5].

## **METODOLOGÍA**

Los materiales utilizados para la elaboración de las barras de mortero para el estudio del desarrollo de la RAS (Norma IRAM 1674/97) fueron arena natural proveniente de una cantera regional y cemento de alto uso comercial en la zona (CPC40). Se utilizaron agregados finos obtenidos de la trituración de hormigones compuestos por agregado grueso de canto rodado y agregado fino silicio, materiales potencialmente reactivos frente a la RAS, que formaban parte de estructuras en altura (Tabla 1). El tamaño de las partículas del agregado utilizado, debe ser el pasante de tamiz N° 4 - abertura 4,75 mm (requisito operativo de la Norma IRAM 1674/97).

Basados en resultados de estudios anteriores sobre la influencia del reemplazo de agregado fino por agregado reciclado en los parámetros mecánicos del hormigón, se adoptó un porcentaje de reemplazo del 50%.

**Tabla 1:** Agregados: composición mineralógica.

AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Los agregados finos son silíceos, siendo el cuarzo el mineral mayoritario, con cantidades menores de ópalo y calcedonia. En conjunto, los polimorfos de sílice (cuarzo, ópalo y calcedonia) componen entre 85% y 95% de las muestras. El resto está integrado por clastos líticos de basalto y arenisca, y cantidades menores de feldespato, magnetita y otros minerales opacos.	Los canto rodados (gravas), si bien predominantemente silíceos, muestran una diferenciación marcada en su composición mineralógica. El ópalo (20-40%) y la calcedonia (15-25%) constituyen la fracción mayoritaria con respecto al cuarzo, y los clastos líticos de arenisca se ubican en proporciones superiores al 10%.

**Tabla 2:** Mezclas evaluadas.

MEZCLA	AGREGADO FINO NATURAL	AGREGADO FINO RECICLADO	ADICIÓN MINERAL	PORCENTAJE DE REEMPLAZO
M1	50%	50%	CENIZA VOLANTE TIPO F	0%
M2	50%	50%	CENIZA VOLANTE TIPO F	15%
M3	50%	50%	CENIZA VOLANTE TIPO F	20%
M4	50%	50%	CENIZA VOLANTE TIPO F	25%
M5	50%	50%	ZEOLITA	0%
M6	50%	50%	ZEOLITA	10%
M7	50%	50%	ZEOLITA	15%
M8	50%	50%	ZEOLITA	20%
M9	50%	50%	MICRO SÍLICE	0%
M10	50%	50%	MICRO SÍLICE	5%
M11	50%	50%	MICRO SÍLICE	10%

La metodología experimental consistió en elaborar barras de mortero reemplazando cemento portland por tres adiciones minerales; la primera, una ceniza volante clase F, en porcentajes de 15%, 20% y 25%; la segunda, una zeolita natural de la familia de las clinoptilolita (tamaño de poro medio, entre 5 y 6 Å) en porcentajes de 10%, 15% y 20%; y la tercera, micro sílice, en porcentajes de 5% y 10%. La Tabla 2 muestra las mezclas evaluadas.

## RESULTADOS

En las Figuras 1, 2 y 3 se grafica la expansión desarrollada por RAS de las diferentes mezclas, siguiendo la metodología de la Norma IRAM 1674/97. Cada gráfico representa una AMA, con sus respectivos porcentajes de reemplazo.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos corroboran que estos materiales reciclados manifiestan la reacción álcali-sílice en el método acelerado de la Norma IRAM 1674/97 y que la incorporación de adiciones minerales activas en hormigones con agregado reciclado mitiga la reacción.

En las gráficas se observa que el porcentaje óptimo de reemplazo de ceniza volante tipo F es del 15%, de zeolita es de 15% y de micro sílice es de 5%. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Es importante mencionar que a pesar de que la adición micro sílice presenta un bajo porcentaje de reemplazo, en el mercado es una de las opciones más costosas, por lo que debería realizarse un análisis de costos teniendo en cuenta su efectividad.

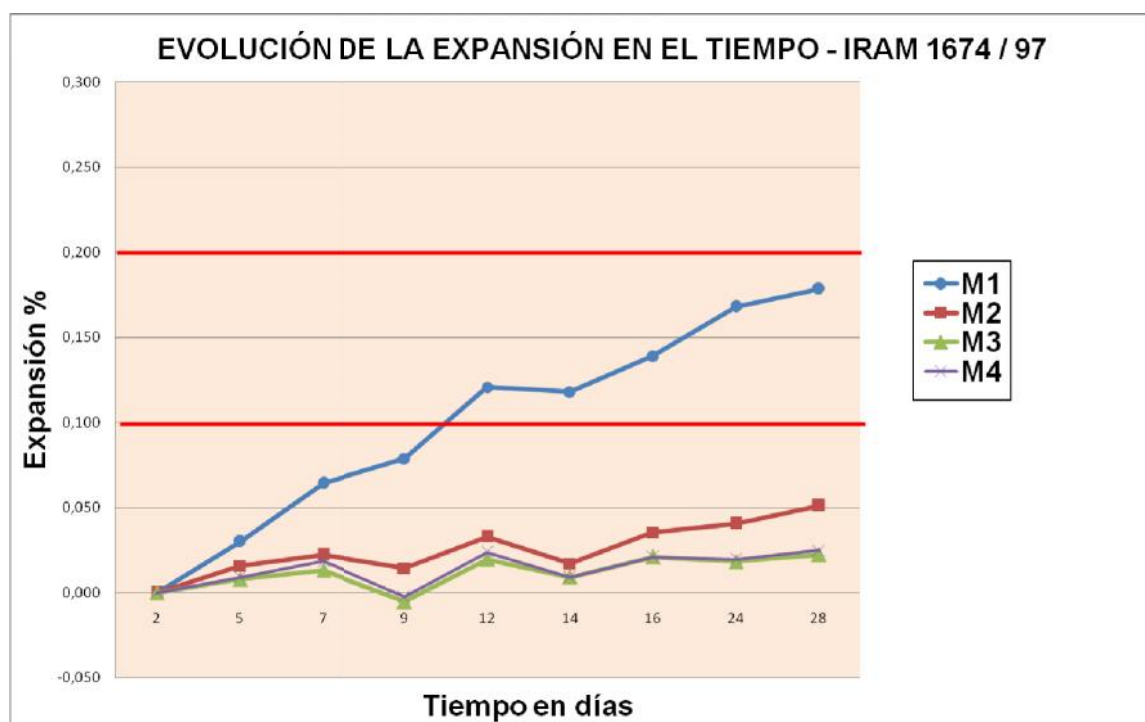


Figura 1: Expansión de las mezclas M1-M2-M3-M4.

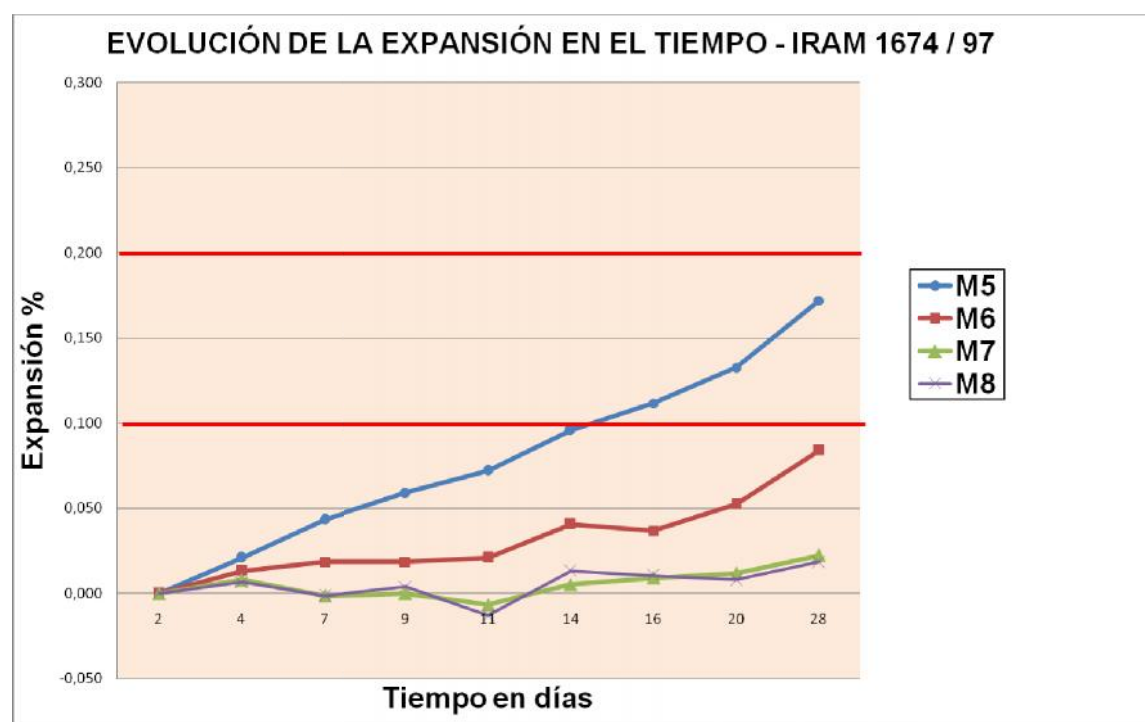
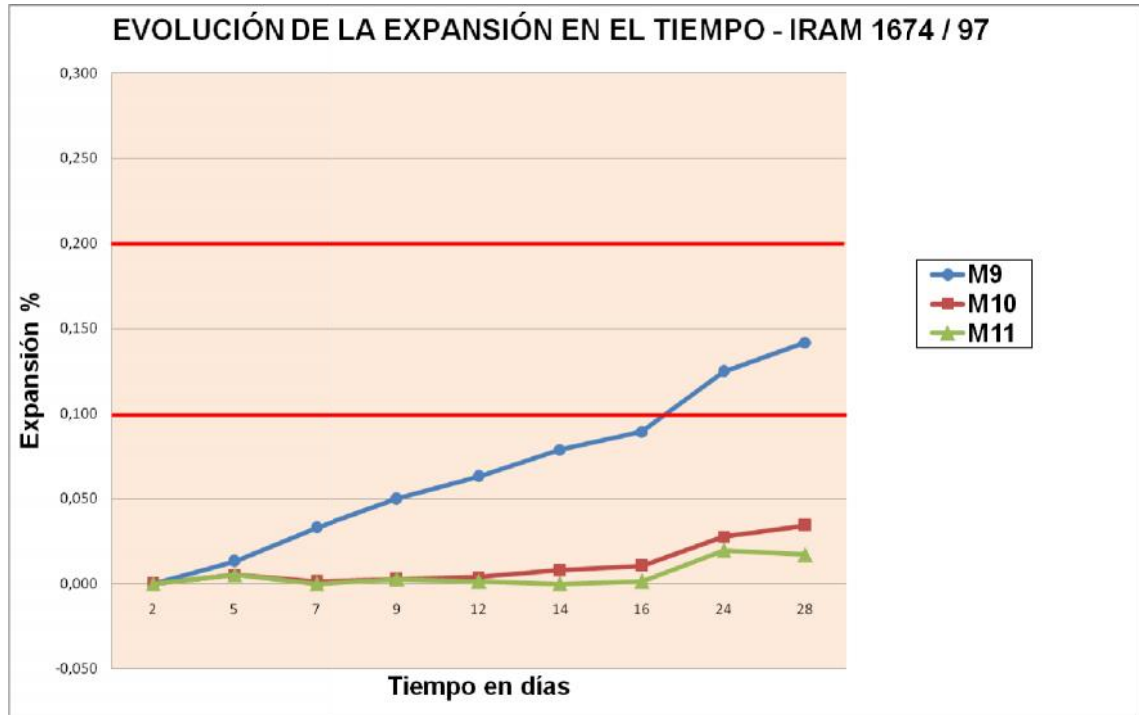


Figura 2: Expansión de las mezclas M5-M6-M7-M8.



**Figura 3:** Expansión de las mezclas M9-M10-M11.

**Tabla 3:** Porcentajes óptimos.

AMA	PORCENTAJE ÓPTIMO
<b>Ceniza Volante</b>	15%
<b>Zeolita</b>	15%
<b>Micro sílice</b>	5%

## CONCLUSIONES

Estas tareas son un aporte necesario para el conocimiento del manejo local de agregados reciclados en la elaboración de hormigones y su relación con la RAS. En nuestro caso las experiencias desarrolladas sobre hormigones tradicionales con los agregados de la zona indican fuertemente el desarrollo de la RAS, lo que debe ser considerado al tiempo de su reciclado para poder definir su utilización aplicando las metodologías necesarias para su inhibición.

Con respecto a la mitigación de la RAS en hormigones reciclados como agregado fino, se logró demostrar que la utilización de adiciones minerales como la ceniza volante clase F, la zeolita y el micro sílice es una medida efectiva, siempre y cuando se utilicen en los porcentajes adecuados.

Se determinó el porcentaje óptimo de reemplazo de cada adición mineral activa estudiada con el cual se alcanza la inhibición de la reacción en hormigones con agregado reciclado. Si bien se tomaron como antecedentes los porcentajes utilizados en hormigones convencionales, se determinaron los porcentajes óptimos necesarios para este tipo de mezcla.

## REFERENCIAS

- [1] Pereyra A., Avid F. "El control de los hormigones reciclados usados como agregados en nuevos hormigones de cemento portland. Método Norma IRAM 1674". CYTAL 2016. Villa María (2016), pp 259-264.
- [2] Sota J. D., Falcone D., Batic O.R. "Hormigones con agregados de hormigón reciclado afectado por RAS". Memorias 16ª Reunión Técnica Prof. Agrim. Antonino Bonforte. Mendoza (2006), pp 7-14.
- [3] Cosentino J.M., Avid F., Machado P., Saad E. "Estudio de los agregados aluvionales en explotación de la Provincia de Entre Ríos frente a la RAS. Estudios interlaboratorio". Memorias XII Congreso de la AATH. Ciudad de Córdoba (2008), pp 233-240.
- [4] Cosentino J.M., Avid F., Do Santos G., Sota J. D. "Paragénesis y alteraciones en basaltos usados en hormigones para grandes obras". CONPAT 2013. Cartagena de Indias, Colombia (2013), pp 387-396.
- [5] Cement and Concrete Association of New Zealand. Technical Report 3. "Alkali silica reaction. Minimising the risk of damage to concrete. Guidance notes and recommended practice". Second Edition. (2003).