

UTILIZACION DE AGREGADOS BLANCOS EN LA ELABORACION DE HORMIGON ARQUITECTONICO

Batic¹, O.; Mangin², N.; Marfil^{3*} S.; Maiza⁴ P. y Sota⁵ J.

1. Inv. Principal CIC-LEMIT. Prof. Dpto. de Construcciones. Fac. de Ing. Universidad Nacional de La Plata. 52 y 120. 1900 La Plata. TE: 0221-4831142/44. FAX. 0221-4250471. email orbatic@netverk.com.ar
2. Geólogo Técnica Cemento Cerro Blanco – Kolormax. San Juan. tecnica@cerroblanco.com.ar.
3. Inv. Independiente CIC. Prof. Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. *San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. TE: 0291-4595184. FAX. 0291-4595148. email: smarfil@criba.edu.ar
4. Inv. Principal CONICET. Profesor Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. TE: 0291-4595184. FAX. 0291-4595148. email: smarfil@criba.edu.ar.
5. Profesional Principal CIC-LEMIT. Docente Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. 52 y 120. 1900 La Plata. TE: 0221-4831142/44. FAX. 0221-4250471. email jdsota@netverk.com.ar.

RESUMEN

El objetivo es usar agregados, que además de cumplir con los requisitos establecidos por las normas para la elaboración de hormigón resistente o estructural, tengan el color adecuado para el uso arquitectónico con cementos blancos, evaluando la potencial reactividad en un medio generalmente pobre de elementos alcalinos. Se evalúa la factibilidad del uso de rocas cuarcíticas y carbonáticas.

Por otra parte, se considera de importancia conocer el comportamiento de rocas cuarcíticas que contienen cuarzo tensionado potencialmente deletéreas frente a la reacción álcali-sílice (RAS) (con cemento portland gris de contenidos medios a altos de álcali) cuando se utiliza cemento blanco, con muy bajo contenido en álcalis.

Se eligieron cuatro agregados de color claro una ortocuarcita de una cantera de la zona de Pigué de conocida reactividad potencial frente a la RAS en hormigones normales y una cuarcita de uso corriente procedente de Mar del Plata de baja reactividad. Entre los carbonatos se seleccionaron, una dolomía de Valcheta de comportamiento deletéreo, y una caliza de Córdoba de características inocuas frente a la reacción álcali – sílice (RAS) y álcali carbonato (RAC).

Se realizaron los ensayos físicos para conocer la reactividad frente a los álcalis: barras de mortero (método convencional y acelerado) y examen petrográfico. Se puso especial énfasis en la petrografía de los agregados, sobre todo para definir la textura, mineralogía, y en el caso de las cuarcitas evaluar la deformación y tensión de los granos mediante la medición del ángulo de extinción ondulante.

Además de buscar agregados blancos aptos para la elaboración del hormigón, se propone un uso alternativo de materiales que tienen problemas frente a la RAS y/o RAC cuando se utiliza cemento portland normal de alto álcali.

Se comparan los resultados obtenidos en los ensayos de las barras de mortero confeccionados con los agregados mencionados y cementos portland gris de alto álcali y un portland blanco.

Se confirmó que algunos de los agregados estudiados son potencialmente reactivos frente a los álcalis, y que las reacciones con cemento portland blanco tienen una dinámica más lenta, atribuible a la composición de este cemento.

Palabras Clave: hormigones blancos – agregados blancos

ABSTRACT

The potential use of quartzitic and carbonate rocks in white concrete elaboration is evaluated. The objective is to use aggregates that not only meet standard requirements for the manufacturing of high performance or structural concrete but also have the adequate color for their architectural use with white cement. Their potential reactivity in an environment that is generally poor in alkaline elements is assessed.

Furthermore, it is important to know the behavior of quartzitic rocks containing strained quartz, which are potentially deleterious with respect to the alkali-silica reaction (with gray portland cement with an average to high alkali content), when white cement is used. The latter should cause a lower deleterious reaction due to its very low alkali content.

An orthoquartzite from a quarry in the Pigué area, of known ASR (alkali-silica reaction) potential in normal concretes, and a commonly used low-reactive quartzite from Mar del Plata were utilized.

From the carbonates a dolomite from Valcheta, of deleterious behavior, and a limestone from Córdoba, of innocuous characteristics with respect to ASR and ACR (alkali-carbonate reaction), were selected.

The physical tests performed were: mortar bars (traditional and accelerated methods) and petrographic examination. Special attention was drawn to the petrography of aggregates, especially to define their texture, mineralogy and, in the case of quartzites, evaluate grain deformation and stress by measuring the undulatory extinction angle.

Besides looking for white aggregates suitable for concrete elaboration, we propose the use of materials that create problems due to ASR and/or ACR when normal portland cement is used.

The results from tests on mortar bars made with the above-mentioned aggregates and gray high-alkali portland cements, and white portland cement are compared.

It was determined that some of the aggregates studied are potentially alkali reactive and that the reactions with white portland cement are slower probably due to its lower contribution of alkalis.

Key words: white concretes – white aggregates

INTRODUCCIÓN

El hormigón blanco es fabricado con cemento portland blanco como ligante, junto con una mezcla de áridos normales cuyos principales requerimientos son conservar el color, mantener sus propiedades físicas y brindar una morfología final apta para obras arquitectónicas. También es conocido como hormigón arquitectónico por su aplicación en obras y premoldeados, ya que permite nuevos diseños respecto a los hormigones tradicionales con cemento portland gris. También se suelen incorporar pigmentos inorgánicos para dar otros colores al hormigón

En estos hormigones es necesaria la utilización, tanto de agregados gruesos como de finos blancos.

En la mayoría de los casos se emplean rocas carbonáticas, principalmente mármoles, arenas calcáreas blancas bien graduadas y granulados blancos para la fabricación de premoldeados con morteros blancos (bloques y mampuestos en todas sus variedades; tabiques y muros de medianera; premoldeados arquitectónicos en general columnas, balaustres, losetas para piletas, etc.).

En los últimos años se observa un aumento progresivo en el uso de hormigones preparados con cemento blanco, para la realización de obras de relevancia estética, un ejemplo es el pilar del puente de Calatrava en Puerto Madero. Uno de los factores que deciden su empleo es la disponibilidad de agregados, que además de reunir los requisitos de inocuidad, deben estar en concordancia con las características del color del cemento. Los ensayos y estudios realizados a la fecha, de estos hormigones, indican que poseen características mecánicas y de durabilidad que permiten emplearlo en elementos estructurales.

Entre las características químicas del cemento blanco, es relevante el tenor muy bajo de elementos alcalinos, por lo que no es de esperar el desarrollo de procesos reactivos y menos expansivos. Como no existen antecedentes sobre la utilización de estos cementos sobre los procesos de RAS y RAC, es necesario realizar un minucioso estudio de estos materiales. Además debe considerarse que a pesar de los estudios realizados sobre estas reacciones, utilizando cemento portland gris, desde hace casi 50 años, aún quedan incógnitas por resolver.

También debe tenerse presente que uno de los factores que determinará empleo del hormigón blanco, es la disponibilidad de agregados gruesos y finos blancos, donde el flete, es decir la distancia desde el yacimiento a la obra, determinará el costo final del emprendimiento y su factibilidad.

MATERIALES

Para realizar los estudios en laboratorio fue necesario obtener los materiales a usar, principalmente los agregados de coloración blanco, tanto grueso como fino y los cementos portland blanco.

Agregados

Se utilizaron rocas carbonáticas y cuarcíticas, de conocido comportamiento en hormigón con cemento portland gris.

1. Dolomía Valcheta: El yacimiento se encuentra ubicado en cercanías de la localidad homónima, a unos 10 Km al este. (Prov. de Río Negro).
2. Caliza Córdoba. Se trata de una caliza cristalina de origen metamórfico proveniente de la zona de Alta Gracia (Prov. de Córdoba).
3. Cuarzita Pigué: Se encuentra ubicada próxima a la localidad de Pigué (Prov. de Bs. As.) Se trata de una ortocuarzita con abundante cuarzo fino y minerales arcillosos.
4. Cuarzita Mar del Plata (Prov. de Bs. As.): Es una arenisca silícea compacta con escasa deformación de sus componentes mineralógicos.

Cemento Blanco

Se utilizó un cemento portland especial de color blanco que cumple con los requisitos especificados en las normas IRAM 50000 y 50001 y el reglamento CIRSOC 201(2001). La categoría de estos cementos para hormigones encuadran como CP 40 y CP 50. La categoría CP 30 se reserva para el cemento blanco con fines no estructurales. El contenido de álcali total expresado en Na_2O equivalente es 0.53 %

METODOS DE ENSAYO

Una preocupación vinculada con la durabilidad del hormigón es la posibilidad que los agregados reaccionen con los álcalis contenidos en la masa del hormigón en presencia de humedad (permanente o periódica), se conoce como reacción álcali agregado (RAA) y conduce desde el punto de vista estético a la aparición de coloraciones superficial, fisuras, saltaduras, etc. Esta situación además lleva principalmente a la disminución de la vida en servicio de la estructura del hormigón y a la necesidad de realizar mantenimiento y reparaciones no previstas inicialmente, que habitualmente alteran la estética de la obra y producen pérdidas económicas.

ESTUDIOS PETROGRAFICOS

Se realizó el estudio petrográfico siguiendo los lineamientos de las Normas IRAM 1649 y ASTM C 289, sobre secciones delgadas de los agregados carbonáticos y silíceos, poniendo especial énfasis en su mineralogía y textura. Se utilizó un sistema microscópico Olympus, con procesador de imágenes integrado con un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT; microscopio petrográfico Olympus trinocular B2-UMA, con una cámara de video Sony 151 A incorporada, monitor de alta resolución, procesador de imágenes Image Pro Plus versión 3.1. y programas computarizados para tratamiento de imágenes y cuantificaciones.

Se evaluó la presencia de especies deletéreas frente a la RAS, principalmente sílice criptocrystalina, cuarzo con extinción ondulante y minerales arcillosos.

En las rocas carbonáticas se identificó la presencia de dolomita y se realizaron ensayos para evaluar los procesos de dedolomitización.

Se realizó un análisis morfológico de la superficie, textura, acabado y color final.

Se determinó el residuo insoluble de los agregados carbonáticos por métodos químicos y su composición mineralógica por difracción de rayos X. Para ello se utilizó un difractómetro Rigaku D-max III C con radiación de Cu K alfa y monocromador. Con 35 Kv y 15 mA.

ENSAYOS FISICOS

Con el fin de estudiar el comportamiento de los agregados y el cemento portland blanco frente a la RAS y RAC se utilizaron varios métodos normalizados: IRAM 1637 (Método de la barra de mortero), 1992; IRAM 1674 (Método acelerado de la barra de mortero), 1997; IRAM 1700 (Prismas de hormigón), 1997, que han sido utilizados en otros estudios (Batic, *et al.*, 1992; 1994).

REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO. MÉTODO DE LA BARRA DE MORTERO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD ALCALINA POTENCIAL. IRAM 1637

Las probetas de morteros ensayados con la metodología de la Norma IRAM 1637 (Método de la barra de mortero), fueron estacionadas, a las 24 horas de confeccionados, en recipientes (con ambiente saturado) cerrados, en cámara a 38 °C, para su medición se retiraban 24 horas antes y se colocaban en ambiente de laboratorio, midiéndose en esas condiciones. Las lecturas se realizaron hasta la edad de un año.

AGREGADOS-DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD ALCALINA POTENCIAL. MÉTODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO. IRAM 1674

En el ensayo según IRAM 1674 (Método acelerado de la barra de mortero), las probetas de mortero se colocan en agua después de 24 hs. de confeccionadas y se eleva progresivamente la temperatura hasta 80 °C, luego de 24 hs. Se realiza la lectura inicial y se pasan a una solución de NaOH 1N a 80 °C. Se realizan mediciones de longitud periódicamente hasta los 16 días, pudiendo continuarlas hasta los 28 días de edad, además se deben observar las superficies de las probetas durante el ensayo, especialmente al finalizar, para comprobar la aparición o formación de manchas, geles y fisuras características de la RAS.

AGREGADOS-DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE LONGITUD EN PRISMAS DE HORMIGÓN, DEBIDO A LA REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO. IRAM 1700

Las mezclas para confeccionar los prismas de hormigón para estudio fueron dosificadas de acuerdo a los lineamientos de la norma IRAM 1700 (Prismas de hormigón). Estas mezclas fueron

elaboradas con 420 kg de ligante por m³ de hormigón ($a/c = 0,45$), ajustando el contenido de álcalis del cemento a 1,25 % Na₂O equivalente mediante la incorporación NaOH, en escamas, al agua de amasado en cantidades apropiadas. El estacionamiento de los prismas de hormigón se realizó manteniéndolos, envueltos en una tela de algodón saturada con agua, dentro de bolsas plásticas cerradas, con 10 ml de agua a 38 °C en recipientes de plástico cerrados, en grupos de seis probetas.

RESULTADOS

Petrografía de los agregados

1. Dolomía Valcheta: Se trata de una roca porosa, de grano muy fino (entre 10 y 30 μ), constituida por dolomita (d). (Figura 1 (luz paralela)). Se identificaron escasos clastos de cuarzo (q), feldespato (f), y fragmentos líticos de rocas volcánicas riolíticas (fl). El residuo insoluble es del 10 %. Su composición se determinó por difracción de rayos X, identificándose arcillas del tipo illita y montmorillonita.
2. Caliza Córdoba: Es una roca compacta, de textura granoblástica, con un tamaño de grano mediano a grueso, que oscila entre 1,5 y 4,5 mm, constituida principalmente por calcita (70 %) el resto es dolomita y muy escasa cantidad de cuarzo. (Figura 2). El contenido de residuo insoluble es del 3 %. No se identificaron especies deletéreas frente a los álcalis del cemento.
3. Cuarcita Pigué: Se trata de una ortocuarcita constituida por abundante cuarzo fino (el tamaño oscila entre 140 y 400 μ) de grano subredondeado, orientados, con bordes de sutura irregulares y desarrollo de microgranulación debido a procesos de deformación. Están cementados por este mismo mineral al que se asocian cristales tabulares y pequeños de illita y en menor proporción, agregados de caolín. El cuarzo presenta fuerte deformación y extinción ondulante y en algunos sectores se han observado fenómenos de policristalinidad. El ángulo de extinción ondulante (AEO) varía aproximadamente entre 20 – 22°. Presenta texturas de mortero con bordes soldados. En la Figura 3 se muestra la textura de la roca, con nicoles cruzados).
4. Cuarcita Mar del Plata. Es una roca constituida exclusivamente por cuarzo. El tamaño de grano varía entre 280 y 700 μ . El AEO es de 5 a 7° aproximadamente. En la Figura 4 se muestra las características de la roca (con nicoles cruzados).

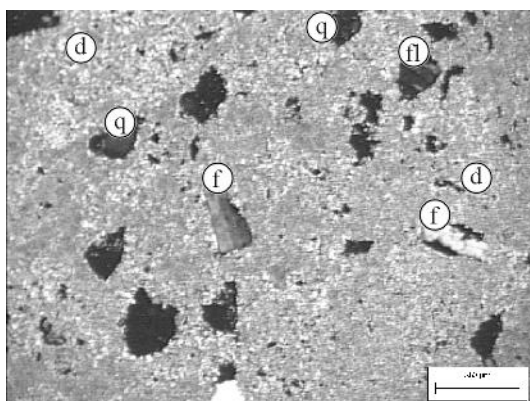


Fig. 1: Dolomía Valcheta

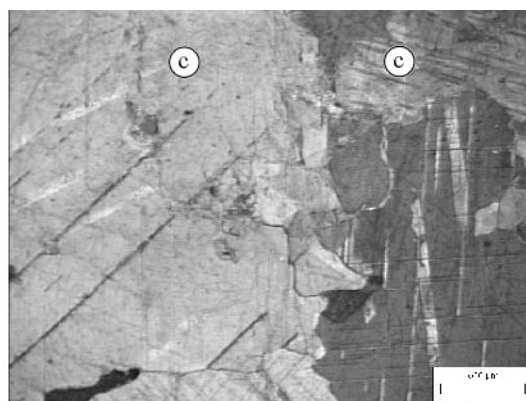


Fig. 2: Mármol Córdoba

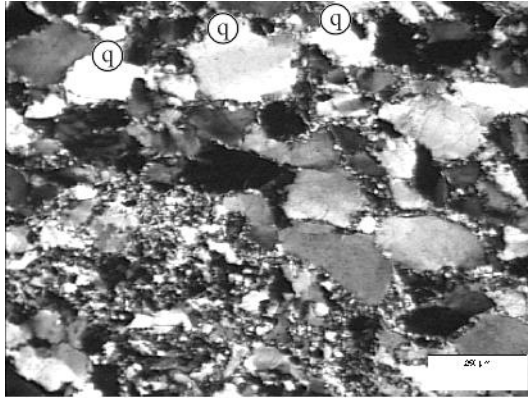


Fig. 3: Cuarcita Pigué

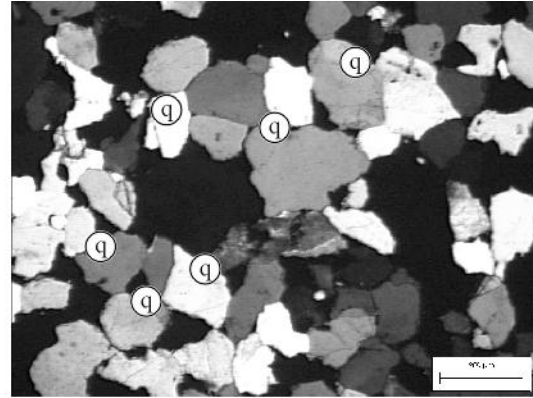


Fig. 4: Cuarcita Mar del Plata

De la interpretación del estudio petrográfico se desprende que los agregados dolomía Valcheta y cuarcita Pigué son potencialmente reactivos frente a los álcalis contenidos en el hormigón de cemento portland, la dolomía de Valcheta además de dolomita, contiene residuo insoluble que puede inducir a la RAC. En el caso de la cuarcita de Pigué contiene mineralogía rica en cuarzo deformado y tensionado que puede reaccionar desfavorablemente (RAS).

Ensayos físicos de los agregados

En la Tabla 1 se vuelcan los resultados de las mediciones realizadas sobre las barras de morteros siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 1637 (Método de la barra de mortero), con el conjunto de agregados estudiados y el cemento blanco, los valores de expansión son muy bajos para considerar que puede producirse una reacción. Los límites de la Norma están establecidos para las mediciones a tres y a los seis meses.

Tabla 1: Método de la barra del mortero Norma IRAM 1637

Edad (meses)	Caliza Córdoba	Dolomía Valcheta	Cuarcita Pigué	Cuarcita Mar del Plata
	Expansión (%)			
1	0.05	0.003	0.005	0.007
2	0.005	0.002	0.006	0.006
4	0.008	0.010	0.007	0.006
6	0.008	0.011	0.006	0.007
9	0.008	0.011	0.004	0.005
12	0.008	0.013	0.005	0.005

En la Tabla 2 se observan los resultados hasta la edad de 28 días de los morteros sometidos al ensayo del método acelerado de la barra de mortero según la Norma IRAM 1674 (Método acelerado de la barra de mortero), para el mismo conjunto de materiales. La expansión determinada a la edad de 16 días es la indicada por la Norma para calificar al agregado.

Tabla 2: Variación de la longitud de la barra de mortero Norma IRAM 1674

Edad (días)	Caliza Córdoba	Dolomía Valcheta	Cuarcita Pigué	Cuarcita Mar del Plata
	Expansión (%)			
4	0.007	-0.013	0.014	-0.006
7	0.003	0.001	0.065	0.003
9	-0.001	0.007	0.097	0.012
11	-0.003	0.013	0.121	0.011
15	-0.006	0.019	0.169	0.044
16	-0.005	0.022	0.177	0.051
22	-0.006	0.026	0.206	0.079
28	-0.008	0.025	0.234	0.112

La Tabla 3 resume los resultados obtenidos en las mediciones de expansión sobre los prismas de hormigón confeccionados con el mismo conjunto de agregados y utilizando un cemento gris y el cemento blanco, siguiendo la metodología de la Norma IRAM 1700 (Prismas de hormigón). Estos resultados pueden visualizarse en el gráfico de la figura N° 5.

Tabla 3: Determinación del cambio de longitud en prismas de hormigón. Norma IRAM 1700

Edad (semanas)	Expansión (%). Con cemento portland gris			
	Caliza Córdoba	Dolomía Valcheta	Cuarcita Pigué	Cuarcita Mar del Plata
1	0.004	0.000	0.005	0.003
4	0.018	0.004	0.014	0.013
8	0.014	0.010	0.003	0.010
13	0.017	0.029	0.016	0.016
18	0.016	0.033	0.022	0.018
39	0.016	0.038	0.048	0.017
52	0.018	0.052	0.068	0.013
Edad (semanas)	Expansión (%). Con cemento portland blanco			
	Caliza Córdoba	Dolomía Valcheta	Cuarcita Pigué	Cuarcita Mar del Plata
1	0.018	0.005	0.006	0.005
4	0.020	0.005	0.016	0.015
8	0.016	0.009	0.006	0.013
13	0.017	0.026	0.016	0.019
18	0.016	0.027	0.018	0.018
39	0.016	0.031	0.035	0.023
52	0.016	0.054	0.034	0.014

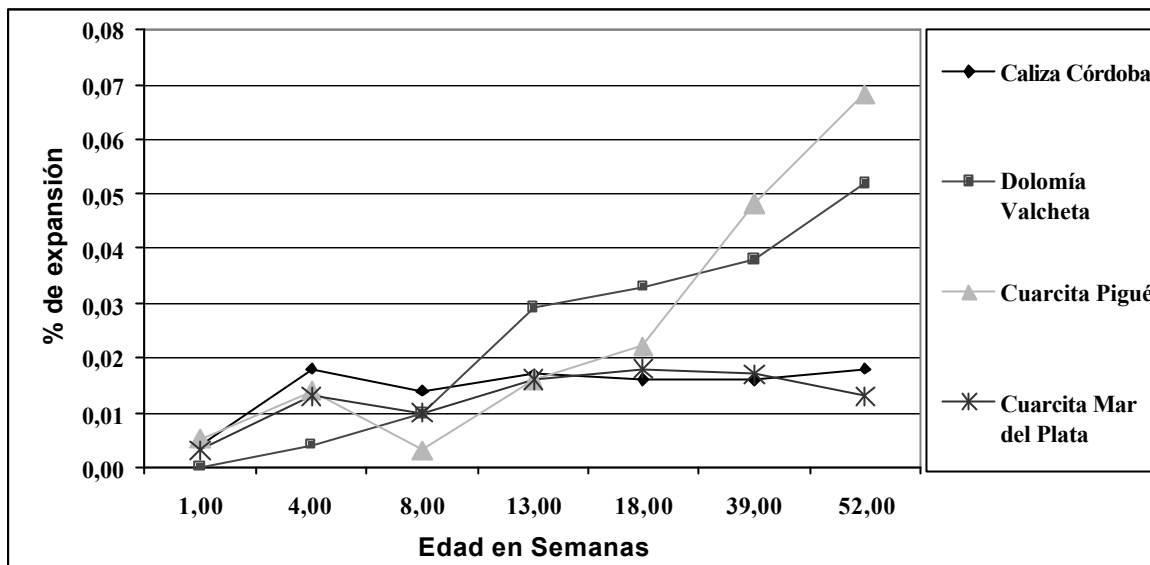


Figura N° 5: Cambio de longitud en prismas de hormigón vs. edad en semanas

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los estudios petrográficos en principio indican que las muestra de caliza de Córdoba y cuarcita de Mar del Plata, no son potencialmente reactivas frente a los álcalis presentes en mezclas que contengan cemento portland.

Por el contrario las muestras de dolomía Valcheta y cuarcita Pigüé son potencialmente reactivas al contener en el primer caso arcillas del tipo Montmorillonita (Batic, *et al.*, 1992) y en caso de la cuarcita Pigüé la presencia de cuarzo deformado y fuertemente tensionado, con extinción ondulante (Batic, *et al.*, 1999).

Con relación a las consideraciones sobre los métodos físicos utilizados para determinar el grado de reactividad de los agregados debemos hacer los siguientes comentarios:

- La aplicación del método IRAM 1637 (Método de la barra de mortero), a estos materiales se comportan como agregados no reactivos. (Batic, *et al.* 2000)
- El estudio de los agregados aplicando el método de la Norma IRAM 1674 (Método acelerado de la barra de mortero), muestra que solo la cuarcita de Pigüé se ubica en la zona que la norma indica como intermedia (entre 0.100 y 0.200%) o de duda, que es la que generalmente ocupan los agregados de reacción lenta o diferida. Estudios recientes que modifican esta metodología ayudan a lograr mayor efectividad en la calificación de agregados de reacción lenta o diferida. (Batic, *et al.* 2003)
- Los resultados de los ensayos según IRAM 1674 (Método acelerado de la barra de mortero), muestran que el agregado de Pigüé produce una expansión elevada que supera el límite máximo de expansión especificado y debe considerarse que puede producir RAS sino se toman precauciones para evitarla.
- El método del prisma de hormigón Norma IRAM 1700, aplicado a los agregados en estudio confirma que las muestras indicadas como potencialmente reactivas en el estudio petrográfico, dolomía Valcheta y cuarcita Pigüé se comportan como agregados reactivos al superar los límites de expansión Para interpretar los resultados obtenidos en la Tabla 3 se observa que los hormigones hechos con cemento blanco tienen un comportamiento algo diferente en caso de la cuarcita Pigüé, la expansión medida a la edad de un año es menor

cuando se usa el cemento blanco en la confección de los prismas, pero igualmente supera el límite que sugieren las especificaciones, por lo que no sería conveniente el uso de esta mezcla, sin tomar precauciones especiales para evitar la RAS. Las mismas consideraciones tienen validez para la mezcla con dolomía Valcheta.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el estudio nos permiten establecer las siguientes conclusiones para este conjunto de materiales:

1. No es suficiente la utilización de un solo método para evaluar la reacción álcali sílice de un conjunto de materiales. Es necesario complementar los resultados obtenidos, en varios de ellos, para este tipo de agregados en particular.
2. La utilización del método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674) puede ser aplicado como complementario de las identificaciones petrográficas de los agregados. Pero no en todos los casos define la característica de los agregados frente a la RAS; no es de aplicación para evaluar RAC.
3. Existe una buena correlación entre la identificación petrográfica y el método de los prismas de hormigón para calificar la reactividad de los agregados y el grado.
4. A pesar del contenido menor de álcali equivalente en el cemento blanco con relación al cemento gris utilizado no hay un comportamiento general mejor de este cemento frente a la reactividad de los agregados. Debe tenerse en cuenta que en la RAS no solo interviene el álcali equivalente del cemento, sino que también lo hacen los álcalis que pueden provenir de los agregados, aditivos, etc. (Batic, *et al.* 1990)
5. La dolomía produce reacción álcali carbonato (RAC) al ser ensayada con el método del prisma de hormigón (IRAM 1700) Es para destacar que esto sucede aun en el caso de usar el cemento blanco con bajo tenor de álcalis.
6. Cuando se prevea emplear un cemento blanco para elaborar un hormigón estructural deberán hacerse las mismas consideraciones que para un cemento gris cuando, teniendo en cuenta el tipo y origen del agregado, ambiente al que estará expuesta la estructura y solicitaciones de servicio de la misma.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la UNS, CONICET y CIC de la Prov. de Bs. As. por el apoyo brindado y al Sr. Rodolfo Salomón por la colaboración en la obtención y compaginación de las fotomicrografías.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BATIC, O. R., SOTA, J. D., IASI, R., 1990. Contribution of alkalies by aggregates to alkali aggregate reaction in concrete. Petrography applied to concrete and concrete aggregates, ASTM STP 1061, Bernard Arlin and David Stark, Editors, American Society for Testing and Materials, Philadelphia. 159-170.
- BATIC O.R., SOTA, J.D., MAIZA, P., 1992. Montmorillonite included in some aggregates a principal factor of A.A.R. The 9th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete Londres. 53-60.
- BATIC, O.R., MAIZA, P., SOTA, J.D., 1994. Alkali Silica Reaction in Basaltic Rocks. Method NBRI. Cement and Concrete Research Vol. 24 N° 7. 1317-1326.

- BATIC O. R., MILANESI, C. A. Y SOTA J. D., 1995 Método de ensayo acelerado de la barra de mortero (NBRI). Una revisión crítica con miras a su normalización. Revista Hormigón N° 29. AATH. 29-42.
- BATIC, O. R., SOTA, J. D., MILANESI C. A., PAVLICEVIC, R., CORTELEZZI, C. R., 1999. Estudio de rocas graníticas de la Provincia de Buenos Aires desde el punto de vista de la reactividad con los álcalis del hormigón. Revista Hormigón N° 33. AATH. 11-39.
- BATIC, O. R., SOTA, J. D., MILANESI, C. A., 2000. Condiciones de estacionamiento ideales para el estudio de la RAS. Revista Hormigón N° 35. AATH. 50-61.
- BATIC O. R., SOTA J. D., FALCONE D. D., 2003. Reacción álcali-sílice. Comparación de resultados en métodos acelerados para detectar agregados reactivos . 15ta. Reunión Técnica Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Santa Fe. Octubre 2003. Editado en CD.
- IRAM 1637, 1992- Reacción álcali-agregado. Método de la barra de mortero para la determinación de la alcalinidad alcalina potencial.
- IRAM 1674,1997. Agregados-Determinación de la reactividad alcalina potencial. Método Acelerado de la barra de mortero.
- IRAM 1700, 1997. Agregados-Determinación del cambio de longitud en prismas de hormigón, debido a la reacción álcali-agregado.