

## COMPORTAMIENTO FRENTE A LA RAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS COMO AGREGADO GRUESO EN LA ZONA DE BAHÍA BLANCA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Juan J. Berezosky<sup>(1,2)</sup>, Darío Falcone<sup>(3)</sup>, Leticia Lescano<sup>(2)</sup>, Lenís Madsen<sup>(2,4)</sup>, Silvina A. Marfil<sup>(2,4)</sup>, Pedro J. Maiza<sup>(2)</sup>

(1) Vialidad Nacional, Distrito N° 19, Bahía Blanca, [jberezosky@uns.edu.ar](mailto:jberezosky@uns.edu.ar)

(2) Dpto. de Geología - Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, [smarfil@uns.edu.ar](mailto:smarfil@uns.edu.ar)

(3) LEMIT – CIC de la provincia de Buenos Aires, UNLP, [durabilidad@lemit.gov.ar](mailto:durabilidad@lemit.gov.ar)

(4) CIC de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

**Palabras clave:** RAS, petrografía, cuarzo tensionado, ensayos físicos

### RESUMEN

Los agregados gruesos de trituración utilizados actualmente para la construcción en la zona de Bahía Blanca provienen principalmente de dos canteras ubicadas en las sierras australes de la provincia de Buenos Aires, y las rocas que se explotan son cuarcitas y granitos. En trabajos previos se evaluó la potencial reactividad frente a la RAS utilizando el método de la barra de mortero (IRAM 1637). La expansión medida en las cuarcitas superó el límite máximo establecido por la norma a 1 año mientras que el granito se comportó como no reactivo. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos en el ensayo acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674), el prisma de hormigón (IRAM 1700) y el examen petrográfico (IRAM 1649). En la cuarcita se identificó cuarzo tensionado (con extinción ondulante), microcristalino, con granulación periférica y grosera estratificación. En el granito, existen evidencias de deformación tectónica y cuarzo microcristalino con textura sacaroide. Los resultados de expansión a 16 días con el método según IRAM 1674 y a 1 año con el prisma de hormigón dieron 0,17 % y 0,03 % para la cuarcita y 0,08 % y 0,02 % para el granito respectivamente.

### INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires, es proveedora de grandes volúmenes de roca para su uso como agregado, tanto en la propia provincia como en el resto del país. Los centros de producción más importantes se ubican en la zona centro, en cercanías a las ciudades de Olavarría, Tandil, Mar del Plata (Sierras Septentrionales), y en las Sierras Australes próximos a las localidades de Tornquist y Pigüé.

En esta última región, objeto de estudio en el presente trabajo, las rocas ígneas afloran en el flanco occidental y en general se disponen a lo largo de una faja delgada que acompaña la parte cóncava del arco noroccidental (1). Dentro de los afloramientos graníticos, el más occidental se encuentra en el área de Cerros Colorados, al sur de la

laguna de Los Chilenos, en el partido de Saavedra. Las canteras abiertas en los afloramientos cuarcíticos se localizan a unos pocos kilómetros de la localidad de Pigüé.

Las unidades sedimentarias parcialmente metamorfizadas de edad paleozoica dominan espacialmente el complejo litológico del área de Sierra de la Ventana. Los granitos de Cerros Colorados y Agua Blanca son leucomonzogranitos de bajo calcio y están restringidos composicionalmente a elevados contenidos de sílice. Ambos pertenecen al mismo ciclo intrusivo de edad cámbrica inferior (2). En la zona de Pigüé se explota una ortocuarcita de edad silúrica, constituida por granos subredondeados de cuarzo, intensamente deformados con fenómenos cataclásticos y de mortero, cementados por este mismo mineral. A ellos se asocian cristales tabulares pequeños de illita y núcleos de caolinita. El cuarzo presenta fuerte extinción ondulante y en algunos sectores es posible hallar fenómenos de policristalinidad (3).

Ambos tipos de rocas, son actualmente explotadas a cielo abierto y comercializadas como agregado para hormigón y ha sido motivo de estudio relacionado a su potencial reactividad frente a la reacción álcali-sílice. Marfil y Maiza (1993) (4) evaluaron su reactividad potencial utilizando los métodos de ensayo IRAM 1637 (método de la barra de mortero), IRAM 1650 (método de ensayo químico) e IRAM 1649 (examen petrográfico). Los valores de expansión obtenidos para las canteras de granito y cuarcita fueron 0,02 % - 0,04 % y 0,05 % - 0,14 % respectivamente (a los 6 meses y un año de edad). Estos resultados indican un comportamiento inocuo para el granito mientras que la cuarcita, si bien a los 6 meses la expansión no superó el límite establecido (0,05 %) si lo hizo al año (el valor límite es 0,10 %) (ASTM C33/07) (5, 6). Estos resultados son frecuentes para agregados denominados "de reacción lenta" como es el caso de la cuarcita. Sin embargo, no se conocen antecedentes del comportamiento de estas rocas en el método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674).

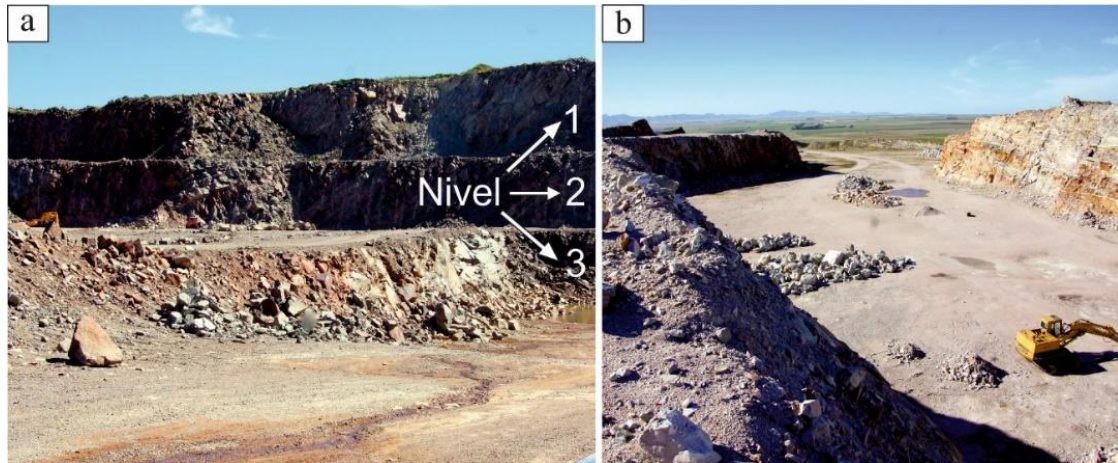
El propósito del presente trabajo es evaluar la potencial reactividad de las rocas graníticas y cuarcitas utilizadas como piedra partida en estructuras de hormigón en la zona de Bahía Blanca utilizando el método acelerado de la barra de mortero y prismas de hormigón y comparar los resultados con las características petrográficas de las rocas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El desarrollo de la cantera de granito presenta 3 niveles. Las muestras estudiadas fueron tomadas del material que actualmente se comercializa (pilas de acopio) y corresponden al nivel 2 de aproximadamente 15 m de espesor (Fig. 1a). Se están realizando trabajos de profundización de la cantera (nivel 3) que aún no se encuentra en etapa de explotación. En la cantera de cuarcita, (Fig. 1b) al igual que en la anterior, se muestreó el material de acopio.

Para el estudio de los agregados se trabajó con un microscopio petrográfico Olympus B2-UMA trinocular. Para evaluar la reactividad alcalina potencial se utilizó el método acelerado de la barra de mortero según lo establecido en la norma IRAM 1674 (7) y el ensayo de prismas de hormigón según los requerimientos de la norma IRAM 1700, curado a 38 °C y a 60 °C (8). En la dosificación del hormigón se utilizaron 420 kg/m<sup>3</sup> de cemento portland con 0,9 ± 0,1% de álcalis expresado en Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> y una razón a/c 0,42 a 0,45. Se agregó NaOH en el agua de mezclado para que el contenido total de álcalis del cemento alcance 1,25% (5,25 kg/m<sup>3</sup> de álcalis en el hormigón). Con el método del prisma de hormigón curado a 38 °C, se califica el agregado como no reactivo, si la expansión al término de 1 año es inferior a 0,040%. Al aplicar el método acelerado del prisma de

hormigón, curado a 60 °C, los límites dependerán de la petrografía del agregado y serán evaluados a las 13 semanas. Los límites establecidos en la norma de agregados (IRAM 1531)(9) es de 0,080% cuando los agregados contienen cuarzo tensionado y/o microcristalino (reacción lenta) y de 0,040% para el resto de los agregados. El método acelerado (IRAM 1674) consiste en moldear barras de mortero de 25x25x285mm. Se curan en cámara húmeda durante 24 hs, se desmoldan, se efectúa una lectura preliminar, se colocan en agua a 23 °C en un recipiente con tapa y se lleva a estufa a 80 °C durante 24hs. Se determina la longitud inicial de las barras a esa temperatura y se sumergen en una solución de NaOH (1N) a 80 °C, continuando con las mediciones hasta los 16 días de edad. Para considerar a un agregado como no reactivo la expansión a 16 días debe ser menor a 0,10% (10).



**Figura 1.** a: Cantera de granito donde se muestran los diferentes niveles. b: Vista de la cantera de rocas cuarcíticas.

## RESULTADOS

### Cantera de granito

Macroscópicamente la roca es un granito de grano mediano a grueso, predominan las partículas color rosado claro a rojizo con cantidades subordinadas de color grisáceo. Está constituida por feldespato potásico (30%), cuarzo (30%), plagioclasa (20%), con cantidades menores de micas (biotita y muscovita) y minerales accesorios tales como fluorita, circón, apatito, allanita y biotita (1).

El estudio petrológico y geoquímico realizado por Grecco (1990) (1) consideró el área identificada en este trabajo como nivel 1 de la cantera de granito, expuesto por el desarrollo minero. Este alcanzaba aproximadamente 10 metros de profundidad desde la superficie. La litología definida en los afloramientos analizados le permitió concluir que la roca es un granito de grano mediano a grueso, porfiroide con sectores diferenciados aplíticos y pegmatoideos. El cuerpo intrusivo presenta evidencias de cataclasis, fajas milonitizadas y un diaclasamiento importante, además de procesos de alteración superficial característicos de niveles relacionados con el ambiente exógeno.

Al microscopio óptico (sobre secciones delgadas) se observa que la roca presenta textura granular hipidiomórfica, destacándose la presencia de cristales subhedrales de plagioclasa, deformados, feldespato potásico y abundante cuarzo microgranular anhedral, intercrystalino. Los feldespatos presentan buen desarrollo cristalino (con formas

euhedrales a subhedrales) y están levemente alterados a illita. Son muy frecuentes las pertitas y mirmequitas. El cuarzo es anhedral, de tamaño variable y presenta extinción ondulante aunque el ángulo es bajo ( $14^\circ$  en promedio medido con microscopio óptico sobre secciones delgadas) (Figura 2a). Además se observaron cristales flexurados y cuarzo microcristalino con texturas en mortero, este último constituye el 10 % de la muestra y su valor promedio es superior a 100 micrones. Los granos de cuarzo menores de 62 micrones no superan el 4 %.

Grecco (1990) menciona que las microestructuras presentes son el resultado de esfuerzos tectónicos y representan una clara evidencia de la deformación dúctil de los cristales. La Figura 2b muestra dos fenocristales de cuarzo suborientados con extinción ondulante separados por cuarzo microgranular fino y escasa cantidad de muscovita y biotita desferrizadas. Además se observa plagioclasa sin alterar y ortosa alterada a illita.

### **Cantera de cuarcita.**

La roca es una ortocuarcita, constituida por granos subredondeados de cuarzo, cementados por este mismo mineral. A ellos se asocian pequeños cristales de illita y caolinita.

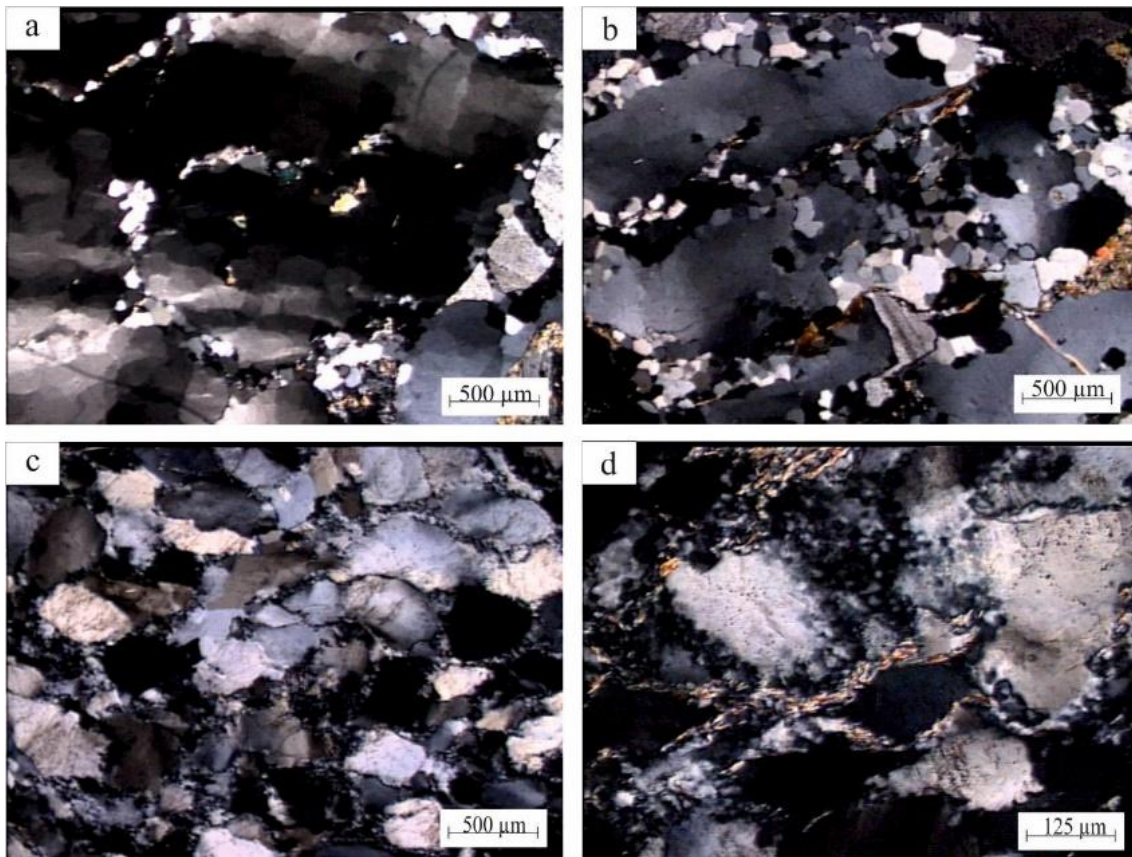
Al microscopio se observa que el cuarzo presenta fuerte extinción ondulante (con un ángulo de aproximadamente  $21^\circ$ ), granulación periférica, con orientación preferencial desarrollando una pobre estratificación. En algunos sectores es posible hallar fenómenos de policristalinidad. El tamaño de cuarzo microcristalino es de 30 micrones en promedio y el contenido de granos menores de 62 micrones supera el 6 %. Del estudio de los cortes delgados se observó gran cantidad de illita orientada entre los granos de cuarzo, adoptando disposición planar coincidente con los lineamientos tectónicos, pequeña cantidad de caolinita dispuesta en nidos, agrupados en los espacios intergranulares y esporádicas venillas de montmorillonita. El contacto entre los granos es irregular, dando texturas cataclásticas tipo mortero. En la Figura 2c se muestra los granos de cuarzo con extinción ondulante, con bordes suturados, cementados por cuarzo fino e illita. En la figura 2d se muestra un detalle del contacto entre los granos del cuarzo del sedimento original, y el cemento principalmente síliceo (cuarzo microgranular, a veces fibroso con illita asociada).

### **Método acelerado de la barra de mortero y prismas de hormigón**

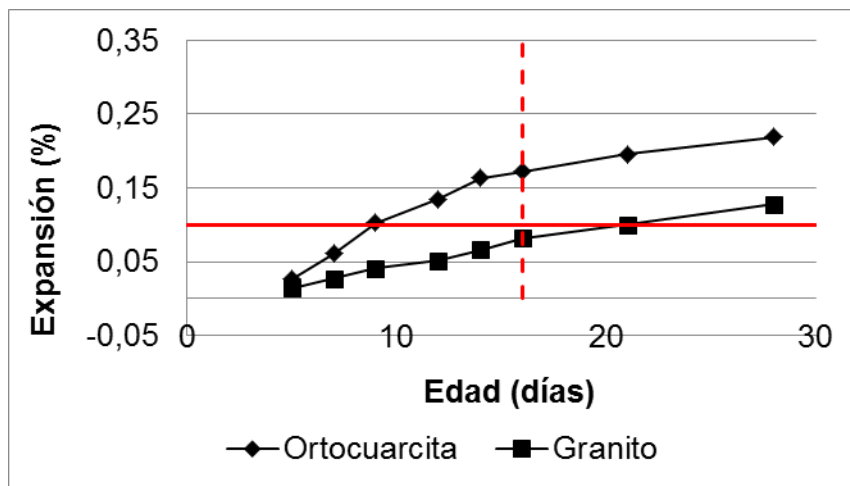
En la tabla 1 y figura 3 se muestran los resultados hasta la edad de 28 días con el método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674) donde es posible observar que el granito se comporta como inocuo mientras que los valores de expansión en la cuarcita superan el límite máximo establecido a la edad de 16 días (7). Debe considerarse que según la norma IRAM 1531 (9) este método no es apropiado para caracterizar agregados que contienen cuarzo tensionado.

**Tabla 1:** Método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674)

Agregados	Expansión (%) a la edad de (días)							
	5	7	9	12	14	16	21	28
Ortoquarcita	0,026	0,061	0,103	0,135	0,164	<b>0,172</b>	0,196	0,219
Granito	0,014	0,027	0,041	0,052	0,066	<b>0,082</b>	0,100	0,128



**Figura 2.** *Granito* a: Extinción ondulante. b: cuarzo microcristalino. *Cuarcita* c: granos de cuarzo con extinción ondulante. d: detalle del contacto de los granos.



**Figura 3:** Expansión (%) en función de la edad, según el ensayo acelerado de la barra de mortero.

En la figura 4 y tabla 2 se muestran los resultados obtenidos con el ensayo del prisma de hormigón a 38 °C hasta la edad de un año donde es posible observar que ninguno de los materiales analizados alcanza el valor límite de 0,040 % por lo que se califican como inocuos.

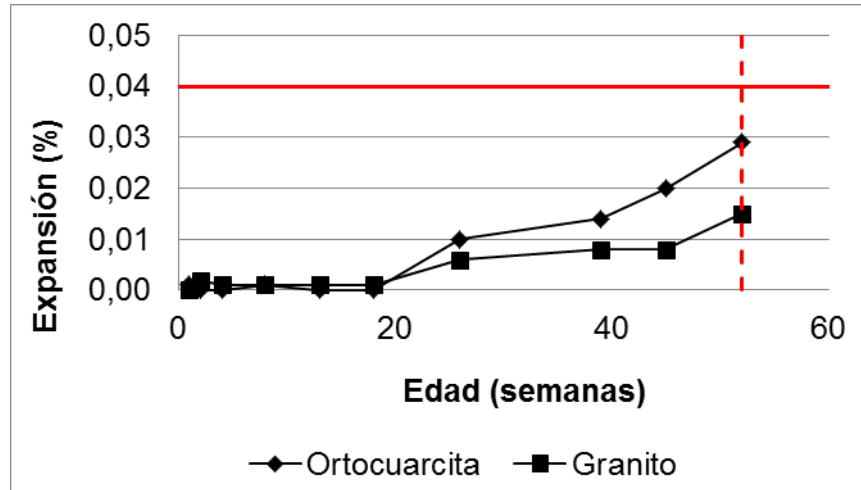


Figura 4: Expansión del hormigón según IRAM 1700 ( 38 °C).

Tabla 2: Método del prisma de hormigón a 38 °C

Agregados	Expansión (%) a la edad de (semanas)									
	1	2	4	8	13	18	26	39	45	52
Ortocuarcita	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,010	0,014	0,020	<b>0,029</b>
Granito	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,008	0,008	<b>0,015</b>

Batic y Falcone (2010) (11) concluyeron que el método IRAM 1700 (ASTM C1293) no cataloga como reactivos algunos agregados de reacción lenta a la edad especificada de 1 año, lo que en obra ha provocado deterioros importantes al cabo de 10 a 12 años y sugieren prolongar el período de estudio, por lo menos, hasta los 2 años o bajar el límite de la expansión para los agregados con mineralogía que producen reacción lenta.

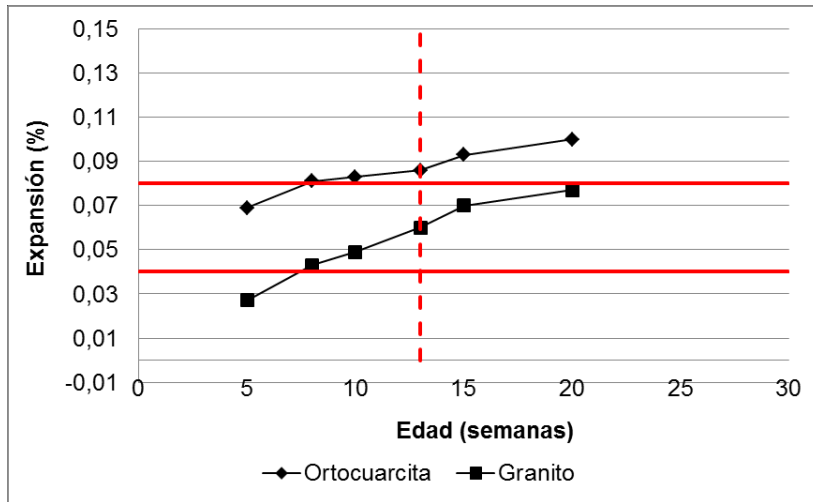
Las rocas estudiadas en el presente trabajo son consideradas de reacción lenta por lo que se realizó además el ensayo acelerado del prisma de hormigón a 60 °C. Los resultados se muestran en la tabla 3 y figura 5.

Tabla 3: Método acelerado del prisma de hormigón a 60 °C.

Agregados	Expansión (%) a la edad de (semanas)					
	5	8	10	13	15	20
Ortocuarcita	0,069	0,081	0,083	<b>0,086</b>	0,093	0,100
Granito	0,027	0,043	0,049	<b>0,060</b>	0,070	0,077

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis petrográfico del granito objeto de este estudio es coincidente con el realizado por Grecco (1). Además, por las características mineralógicas y texturales se coincide con sus conclusiones genéticas, es decir, se trata de un cuerpo granítico porfiroide, levemente heterogéneo con sectores puntuales aplíticos y pegmatíticos afectado por procesos hidrotermales poco relevantes. Su origen se adjudica a fundidos corticales con asimilación metasedimentaria. Si bien, localmente pueden identificarse sectores litológicamente distintos, globalmente originan un material homogéneo.



**Figura 5:** Expansión (%) a la edad (en semanas) según el ensayo acelerado del prisma de hormigón a 60 °C.

Al analizar los resultados de los ensayos de prisma de hormigón, se observa que el método acelerado califica al agregado granítico como no reactivo, en función de los nuevos límites establecidos en la normativa de agregados (8), existiendo coincidencia con el método curado a 38°C de larga duración y además con el examen petrográfico. En cambio en la ortocuarcita, no hay coincidencia en su calificación sobre la potencial reactividad del agregado, dado que el método acelerado del prisma de hormigón la considera potencialmente reactiva ( $>0,08\%$ ) y el de larga duración no reactiva ( $<0,04\%$ ). Este agregado en particular, según los antecedentes de estudios previos, siempre se comportó como potencialmente reactivo, con lo cual si se observa la figura 4 se puede apreciar la pendiente de la curva positiva, indicando que la expansión seguirá en aumento con el tiempo.

La norma IRAM 1531 (9) establece que el contenido de cuarzo fuertemente tensionado microfracturado + cuarzo microcristalino (tamaño de grano promedio menor que  $62\ \mu\text{m}$ ) no debe superar el 5 %. De los resultados obtenidos se observa que el comportamiento en los ensayos físicos es coincidente con las determinaciones realizadas al microscopio sobre secciones delgadas ya que el contenido de cuarzo microcristalino (menor de 62 micrones) en la cuarcita de Pigüé supera el 6 % mientras que en el granito el tamaño promedio es mayor a 100 micrones. Además solo se observó cuarzo fuertemente tensionado en la cuarcita (AEO 21 °).

## CONCLUSIONES

- A partir de los estudios realizados en los dos materiales expuestos, se puede evidenciar que la ortocuarcita arrojó valores por debajo del límite en el ensayo del prisma de hormigón a la edad de 52 semanas, mientras que en el ensayo del prisma acelerado (a 13 semanas y a 60 °C) y en el método acelerado de la barra de mortero superó el valor máximo.
- Los granos de cuarzo de la roca cuarcítica tienen extinción ondulante con un valor promedio de 21°. Se identificó 6 % de cuarzo microgranular con un tamaño promedio de 30 micrones.
- La roca granítica se calificó como no reactiva con todos los métodos de ensayo utilizados (físicos y petrográfico).

- Se identificó cuarzo microcristalino como mineral deletéreo aunque su tamaño promedio supera los 100 micrones. Los granos de cuarzo tienen extinción ondulante con un AEO promedio de 14 °.
- Si bien el desarrollo de la cantera de granito no ha alcanzado aún profundidades importantes desde el inicio de los trabajos laboreo y no se han observado diferencias mineralógicas ni texturales relevantes en los materiales extraídos y considerando, según lo evidenciado en las labores de campo, que se está comenzando con la profundización de la cantera, se recomienda el análisis de los acopios del nivel 3 para evaluar el grado de deformación o cambios litológicos que puedan surgir.
- Los resultados obtenidos en el presente trabajo son coincidentes con las conclusiones obtenidas en trabajos previos utilizando el método convencional de la barra de mortero (4). El método del prisma acelerado se considera el más adecuado para la calificación de este tipo de agregados.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Los autores agradecen a la Dirección Nacional del Vialidad Distrito 19, al Dpto. de Geología de la UNS-INGEOSUR y a la CIC de la Prov. de Bs. As.

## **REFERENCIAS**

1. Grecco L. "Geoquímica y petrología de los intrusivos graníticos Cerros Colorados y Aguas Blancas, Sierras Australes, Provincia de Buenos Aires, Argentina". Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, (1990), 159 pp.
2. Rapela C., Kostadinoff J. "Geología y recursos minerales de la provincia de Buenos Aires". XVI Congreso Geológico Argentino. Relatorio. Buenos Aires. Capítulo V. Ed. De Barrio, R.; R. Etcheverry; M. Caballé y E. Llambías, (2005), 69-84.
3. Marfil S., Maiza P. "Agregados de la provincia de Buenos Aires". Capítulo 4. En: Agregados pétreos de las Provincias de Buenos Aires y Córdoba. Editorial ASAGAI (Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, (2011), 25-66.
4. Marfil S., Maiza P. "Los agregados gruesos utilizados en la zona de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As.), en relación con la reacción álcali agregado". Congreso Internacional de Ingeniería Estructural y Tecnología del Hormigón. Córdoba. Memorias, (1993), Vol. I, 1-10.
5. ASTM C33/07. "Standard Specification for concrete aggregate", (2007), 11 pp
6. Batic, O. R., Sota, J. D. "Reacciones deletéreas internas". Durabilidad del Hormigón Estructural. Editado por Fabián Irassar, AATH, Capítulo 4, (2001) 157-216
7. IRAM 1674. "Agregados. Determinación de la reactividad alcalina potencial. Método acelerado de la barra de mortero", Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1997), 14 pp.
8. IRAM 1700. "Agregados. Determinación del cambio de longitud en prismas de hormigón, debido a la reacción álcali-agregado", Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2013), 16 pp.
9. IRAM 1531. Agregado grueso para hormigón de cemento-Requisitos y métodos de ensayo, (2016), 36 pp.
10. Reglamento CIRSOC 201-2005. Presidencia de la Nación. Secretaría de Obras Públicas. "Reglamento argentino de estructuras de hormigón", (2005).
11. Batic, O., Falcone D. "RAS. Antecedentes para normalizar un método acelerado de prismas de hormigón a 60 °C". VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. CINPAR, Córdoba, (2010), 10 pp.