

11a REUNION TECNICA DE LA A.A.T.H.

LOS AGREGADOS GRUESOS UTILIZADOS EN LA ZONA DE BAHIA BLANCA (Prov. de Bs. As.), EN RELACION CON LA REACCION ALCALI-AGREGADO

Marfil S. A.¹ y P. J. Malza²

Dpto. Geología UNS. Bahía Blanca. FAX (091)551447

RESUMEN

Se estudiaron los cantos rodados y piedra partida utilizados como agregados gruesos en la zona de Bahía Blanca, (Prov. de Bs. As.), determinándose su reactividad alcalina potencial en el nivel de explotación de los yacimientos al momento del muestreo.

Se emplearon técnicas convencionales como son: el método de ensayo químico (IRAM 1650), barras de mortero (IRAM 1637) y agregados para hormigones exámen petrográfico (IRAM 1649).

Los rodados estudiados provienen de las canteras de Bajo San José (1), Villalonga Norte (2), Villalonga Sur (3), Médanos (4), Arroyo Seco (5) y el material utilizado como piedra partida de las canteras Cerros Colorados (6), Agua Blanca (7) y Pigué (8).

Por el método de las barras de mortero, se calificaron los agregados de las canteras N° 1, 5, 6 y 7 como inocuos y los pertenecientes a las canteras N° 2, 3 y 4 como potencialmente reactivos. El material de la cantera N° 8, no superó el límite establecido en la norma a la edad de 6 meses, aunque al año la expansión fue mayor de 0.1 %.

Si bien no se detectaron materiales reactivos por el método de ensayo químico, las muestras de las canteras 2, 3 y 4, liberaron gran cantidad de sílice en presencia de NaOH, determinándose además que existe una relación directa entre la sílice disuelta y la expansión en barras de mortero.

Las muestras que resultaron reactivas, contienen rocas volcánicas alteradas y/o con pastas vítreas como componentes deletéreos. El material de la cantera N° 8 está constituido por cuarzo tensionado, por lo que debería ser considerado como de reacción lenta.

Como complemento de los ensayos se considera de importancia estudiar al microscopio petrográfico, en secciones delgadas, las barras de mortero que resultaron reactivas, a fin de determinar principalmente los agregados deletéreos, su relación con el mortero, identificar productos de reacción, estado y grado de fisuramiento de la pasta, etc. Los resultados permitirán establecer las causas del comportamiento de los materiales y predecir la evolución futura.

1. Investigador CIC. UNS.
2. Investigador COMICET. UNS.

Introducción

Se estudiaron los materiales de las principales canteras proveedoras de agregados gruesos utilizados en la zona de Bahía Blanca desde el punto de vista de su reactividad alcalina potencial.

Cantera N° 1: Bajo San José. Está ubicada en la intersección de la ruta Prov. N° 51 con el río Sauce Grande. El material que se extrae corresponde a la fracción arena y grava de sedimentos fluviales emplazados en las terrazas del río mencionado, el cual se selecciona por tamizado, eliminándose la fracción limo-arcillosa por lavado. Se separan tres fracciones.

Cantera N° 2: Villalonga Norte. Ubicada a 24 Km al este de la localidad de Villalonga. Se trata de depósitos de origen marino constituidos por grava y arena con niveles de conchillas.

Cantera N° 3: Villalonga Sur. Ubicada a 7 Km al sur de la anterior. Presenta características similares.

Cantera N° 4: Médanos. Se encuentra ubicada 12 Km al oeste de la localidad de Médanos (Partido de Villarino). El material corresponde a niveles arenosos y conglomerádicos, bolsonares, heterogéneos, emplazados debajo del nivel de tosca.

Cantera N° 5: Arroyo Seco. Se trata de material extraído del arroyo Sauce Chico. El tamaño de los clastos varía de 40 cm a arena gruesa.

Cantera N° 6: Cerros Colorados. Constituida por rocas graníticas que se explotan como piedra partida. El material es triturado y clasificado en la misma cantera obteniéndose diferentes granulometrías. Se muestrearon cada una de ellas y además se extrajo material alterado de los frentes de explotación.

Cantera N° 7: Agua Blanca. No se encuentra en explotación. Se trata de material granítico. Al igual que en la cantera anterior se muestreó el granito fresco y las zonas de alteración.

Cantera N° 8: Piqué. El material extraído es ortocuarcita, procesada en la misma cantera para obtener distintas granulometrías. Se muestrearon estas últimas y zonas con jaboncillo en los frentes de explotación.

Metodología

Los análisis y ensayos se realizaron sobre muestras obtenidas en las canteras o en el acopio al momento del muestreo.

Para la evaluación de la reactividad alcalina potencial de los agregados gruesos se utilizaron los métodos de ensayo convencionales:

1. Método de la barra de mortero. Norma IRAM 1637, (ASTM C-227).
2. Áridos para hormigones. Exámen petrográfico. IRAM 1649, (ASTM C-295).
3. Método de ensayo químico (descrito en la norma IRAM 1650, (ASTM C-289)).

Resultados

Barras de Mortero

Los resultados de las variaciones de longitud de las barras de mortero se indican en la tabla I donde puede observarse que las muestras de las canteras N° 2 (Villalonga Norte), 3 (Villalonga Sur) y 4 (Médanos), resultaron potencialmente reactivas. La cantera N° 8 (Piqué), si bien a la edad de 6 meses la expansión no superó los límites establecidos en la norma, al año fue de 0.136 %. Deberá tenerse especial cuidado en el uso de este material, ya que su comportamiento permite calificarlo como de reacción lenta.

LOS AGREGADOS GRUESOS UTILIZADOS EN LA ZONA DE BAHIA BLANCA....
Marfil S. A. y P. J. Maiza

TABLA I

Muestra/ Cantera	% de expansión a la edad en meses						
	1	2	3	4	5	6	12
06/C1	0.026	0.016	0.023	0.020	0.030	0.049	0.093
03/C2	0.014	0.015	0.015	0.021	0.017	0.018	0.013
06/C2	0.008	-	0.028	0.058	0.092	0.134	0.217
13/C2	0.062	0.139	0.227	0.267	0.365	0.426	0.544
19/C3	0.017	0.012	0.043	0.048	0.087	0.120	0.222
22/C3	0.022	0.017	0.035	0.045	0.083	0.110	0.211
11/C4	0.018	-	0.133	0.237	0.352	0.411	0.656
27/C4	-	-	0.006	0.001	0.008	0.010	0.041
01/C5	0.013	0.014	0.024	0.020	0.034	0.034	0.061
01/C6	0.019	0.014	0.020	0.009	0.014	0.014	0.030
02/C6	0.012	0.011	0.019	0.006	0.011	0.016	0.044
01/C7	0.013	0.010	-	-	-	0.015	-
11/C8	0.037	-	0.024	0.017	0.031	0.044	0.136

Exámen petrográfico:

Las muestras de las canteras N° 1, 2, 3, 4 y 5 se estudiaron bajo lupa binocular, en cortes frescos separando grupos en cada una de las granulometrías analizadas. Teniendo en cuenta el distinto comportamiento de las diversas rocas que constituyen los agregados, se agrupar considerando el contenido de vidrio volcánico, sus texturas, origen, grado de alteración, con el objeto de adjudicar a los materiales del téreo, la reacción potencial. Bragg (1992) considera que el exámen petrográfico debe ser utilizado como un método de reconocimiento cuando se evalúa la reactividad potencial de agregados, poniendo énfasis en petrografía detallada, ya que no es suficiente decir que una roca potencialmente reactiva sin dar la mineralogía y geoquímica de la muestra específica.

LOS MORGADOS GRISES UTILIZADOS EN LA ZONA DE BAHIA BLANCA
Maxfil S. A. y P. J. Maiza

TABLA II: Cantera N° 1

Materiales	Promedio tamaño grueso					Promedio tamaño medio				Prom. tam. fino		
	% en peso en los tamices IRAM				Comp. de la muestra	% en peso en los tamices IRAM			Comp. de la muestra	% en peso tam. IRAM		Comp. de la muestra
	20	12.5	8	5		12.5	8	5		8	5	
Quarcita	24.7	15.9	10.2	1.7	52.5	6.8	24.1	6.7	37.6	4.9	40.3	45.2
Quarzo	4.7	13.0	7.9	0.9	26.5	5.2	8.5	4.2	17.9	1.2	25.9	27.1
Vol. básica	-	0.7	0.3	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-
Vol. vítrea	2.5	0.3	0.9	0.1	3.8	-	-	-	-	-	0.6	0.6
Vol. interm.	1.8	0.7	-	-	2.5	1.0	3.6	2.6	7.2	0.3	3.2	3.5
Vol. alt.	-	-	0.1	-	0.1	-	0.6	0.5	1.1	-	-	-
Vol vit alt.	-	-	-	-	-	0.9	4.0	1.2	6.1	-	-	-
Sed. pelít.	1.0	0.7	0.9	0.1	2.7	2.9	6.1	4.0	13.0	0.5	7.5	8.0
Arenisca	2.7	2.6	2.0	0.6	7.9	0.6	4.1	2.3	7.0	0.7	14.4	15.1
Sed. g. gr.	-	0.7	-	-	0.7	-	4.5	1.3	5.8	-	-	-
R. alterada	-	-	-	-	-	-	0.9	1.3	2.2	-	2.9	2.9
Calcedonia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1
Granítica	1.2	0.3	0.1	-	1.6	0.1	0.6	0.3	1.0	-	-	-
% ret. tamiz	38.6	34.9	22.5	3.4	99.4	17.5	57.0	24.4	98.9	7.6	94.9	102.6

TABLA III

Materiales	Cantera N° 2						Cantera N° 3					
	% en peso de los const. en los tamices IRAM					Comp. de la muestra	% en peso de los const. en los tamices				Comp. de la muestra	
	25	20	12.5	8	5		20	12.5	8	5		
Quarcita	6.7	2.8	8.3	7.1	5.7	30.0	1.2	12.3	8.4	7.4	29.3	
Quarzo	-	-	0.4	0.3	0.1	0.8	-	0.5	0.5	0.1	1.1	
Calcáreos	-	-	-	-	0.8	0.8	-	0.2	0.6	0.7	1.5	
Vol. bás. fres.	-	4.3	0.8	3.8	4.9	13.8	4.8	3.9	5.8	2.8	17.3	
Vol. bás. alt.	-	-	0.4	1.7	2.1	4.2	0.6	4.0	1.9	2.4	8.9	
Vol. int. fres.	-	4.3	3.4	4.8	6.1	18.6	1.0	4.2	6.8	0.2	12.2	
Vol. int. alt.	-	1.2	3.1	1.6	2.3	8.2	-	10.3	3.1	1.1	14.5	
Vol. vítrea	-	-	0.4	2.2	1.4	4.0	0.3	1.8	0.5	0.2	2.8	
Vol. alterada	-	-	-	2.1	0.6	2.7	-	-	-	-	-	
Vol. vítrea alt	-	-	0.4	1.0	-	1.4	-	-	-	-	-	
Vol. ácida	-	-	-	0.3	0.1	0.4	-	0.2	-	0.1	0.3	
Sedim. pelítica	-	-	1.3	0.5	2.4	4.2	0.2	0.3	0.5	1.2	2.2	
Sed. grano 1/2	-	-	-	0.1	0.1	0.2	-	-	-	-	-	
Arenisca	-	-	-	0.1	0.8	0.9	0.2	0.3	0.5	1.2	2.2	
Sedim. alterada	-	-	1.2	0.2	1.3	2.7	-	-	-	-	-	
Sedim. g. gr.	-	-	0.4	-	-	0.4	-	0.3	-	-	0.3	
Granítica	-	-	0.7	0.7	0.6	2.0	-	1.1	0.7	0.4	2.2	
Sedim. cuarcosa	-	1.6	0.4	-	-	2.0	-	-	-	-	-	
N. alterada	-	-	-	-	0.5	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5	1.4	
% ret. s/tamiz	6.7	14.2	21.2	26.5	29.9	98.5	8.5	39.7	29.7	18.3	96.2	

TABLA IV

Materiales	Cantera N° 4				Cantera N° 5				
	% en peso de los const. tamices IRAM				Comp. de la muestra en peso	% en peso de los const. tamices IRAM			Comp. de la muestra en peso
	20	12.5	8	5		12.5	8	5	
Cuarzo	-	-	-	-	-	0.4	3.0	1.1	4.5
Cuarcita	-	3.4	1.9	-	5.3	3.4	55.9	36.2	95.5
Tosca	7.2	19.4	16.4	0.7	43.7	-	-	-	-
Ar. cemento calcár.	1.8	14.7	5.8	0.6	22.9	-	-	-	-
Cuarcita	-	3.4	1.9	-	5.3	-	-	-	-
Arenisca de tosca	2.7	3.2	9.4	0.4	15.7	-	-	-	-
Vol. bás. fres. CO ₂ -	1.5	1.9	1.4	-	4.8	-	-	-	-
Vol. bás. alt. CO ₂ -	0.5	0.4	0.1	-	1.0	-	-	-	-
R. vol. interm. alt.	-	0.8	0.4	-	1.2	-	-	-	-
R. vol. interm. fre.	-	1.0	1.3	-	2.3	-	-	-	-
R. totalmente alt.	-	0.5	-	-	0.5	-	-	-	-
R. sedim. pelítica	-	-	1.2	-	1.2	-	-	-	-
R. Granítica	-	0.3	0.2	-	0.5	-	-	-	-
Opalo	-	0.1	0.2	-	0.3	-	-	-	-
% retenido s/tamiz	13.7	45.7	38.3	1.7	99.4	3.8	58.9	37.9	100.0

Referencias Tablas II a IV:

Ar. = Arenisca; calcár. = calcáreo; Vol. = Volcánica; Bás. = básica; fres. = fresca; alt. = alterada; R. = roca; sedim. = sedimentaria; interm. = intermedia; g. gr. = grano grueso.

TABLA V

Pigüé		Agua Blanca		Cerro Colorado		ASTM 6-263 Sericita			ASTM 14-164 Caolinita			ASTM 13-135 Montmorill.		
d (A)	I/I ₀	d (A)	I/I ₀	d (A)	I/I ₀	d (A)	hkl	I/I ₀	d (A)	hkl	I/I ₀	d (A)	hkl	I/I ₀
-	-	15.28	12	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	001	100
9.88	88	9.89	16	9.97	2	9.95	002	95	-	-	-	-	-	-
7.11	44	7.10	5	7.17	1	-	-	-	7.17	001	100	-	-	-
4.96	27	4.96	7	4.987	1	4.97	004	30	-	-	-	5.01	003	60
4.469	9	4.467	6	4.469	1	4.47	110	20	4.478	020	35	4.50	110	80
Q4.243	14	Q4.243	20	Q4.251	21	4.30	111	4	4.366	110	60	-	-	-
4.109	6	-	-	-	-	4.11	022	4	4.139	111	35	-	-	-
3.880	8	3.839	15	3.887	1	3.88	113	14	3.847	021	40	-	-	-
3.731	9	-	-	-	-	3.73	023	18	3.745	021	25	3.77	004	20
3.565	40	-	-	-	-	-	-	-	3.579	002	80	3.50	-	10
3.490	12	3.481	5	-	-	3.48	114	20	3.420	111	5	-	-	-
Q3.334	70	Q3.335	72	Q3.340	100	3.34	024	25	3.376	111	35	-	-	-
3.313	100	3.235	11	-	-	3.32	006	100	-	-	-	3.30	-	10
3.196	15	3.184	7	3.194	1	3.19	114	30	3.155	112	20	-	-	-
2.985	17	3.026	100	2.986	1	2.987	025	35	-	-	-	3.02	005	60
2.859	15	2.873	5	2.859	1	2.859	115	25	-	-	-	-	-	-
2.789	13	-	-	2.785	1	2.789	116	20	2.754	022	20	-	-	-
2.567	13	2.564	6	2.567	1	2.566	202	55	2.566	130	35	-	-	-

Referencias: Q = cuarzo

LOS AGREGADOS GRUESOS UTILIZADOS EN LA ZONA BAHIA BLANCA....
Marfil S. A. y P. J. Maiza

Las muestras de piedra partida correspondientes a las canteras N° 6, 7 y 8 se estudiaron mediante cortes delgados.

Cantera N° 6: Cerros Colorados: La roca que se explota es granito. Se estudiaron al microscopio 10 cortes delgados identificándose cuarzo (52 %), plagioclasa (12 %), feldespato alcalino (34 %), biotita (1 %), opacos (0.5 %) y calcita (0.5 %). El cuarzo presenta extinción ondulante. La plagioclasa se encuentra, en parte, alterada a sericita. Se observan venillas de cuarzo. Las muestras tomadas de la zona de alteración se analizaron por difracción de rayos X, identificando cuarzo, sericita y caolinita. (Tabla V).

Cantera N° 7: Agua Blanca: Al igual que en el caso anterior se estudiaron al microscopio petrográfico 10 cortes delgados de la roca de esta cantera. Se clasificó como granito. Del conteo de los minerales presentes en el microscopio, se determinó el siguiente contenido porcentual promedio: cuarzo 46 %, plagioclasa 19 %, feldespato alcalino 32 %, biotita 1 %, calcita 1 % y opacos 1 %. La plagioclasa aparece muy frecuentemente alterada a sericita. Los minerales de la zona de alteración fueron identificados por DRX como sericita, cuarzo y montmorillonita. (Tabla V).

Cantera N° 8: Pigué. La roca que se extrae en esta cantera es ortocuarcita. En cortes delgados se observa abundante sericita orientada entre los granos de cuarzo coincidente con el lineamiento de la deformación que la afecta. El cuarzo tiene una marcada extinción ondulante.

Las muestras de la zona de alteración se estudiaron por difracción de rayos X, identificándose cuarzo, sericita y caolinita. (Tabla V).

Método de ensayo químico:

Si bien este método no es de uso corriente en Argentina, se consideró conveniente su realización para comparar los resultados debido fundamentalmente a que es rápido y de bajo costo.

En la tabla VI y figura N° 1, se expresan los resultados del ensayo químico. Puede observarse que las muestras de las canteras N° 2, 3 y 4, si bien no resultaron potencialmente reactivas, liberaron gran cantidad de sílice (hasta 54 mg). Los altos valores de reducción en alcalinidad en las muestras de las canteras N° 2 y 4, se deben a interferencias de carbonatos. En la figura N° 1 se observa que los agregados de la cantera N° 3, se ubican en la zona próxima a la curva que delimita los agregados reactivos de los inocuos.

Barisono et al. (1992), correlacionan los resultados de este método con los obtenidos del examen petrográfico. Debido a la interferencia de carbonatos en algunas de sus muestras, procedieron a su eliminación antes de ensayarlos. Concluyeron que existe una buena correspondencia entre el contenido de materiales deletéreos y la calificación del método químico.

LOS AGREGADOS GRUESOS UTILIZADOS EN LA ZONA DE BAHIA BLANCA....
Marfil S. A. y P. J. Maiza

TABLA VI

M/C	SiO ₂ (mg)	Cl milimol/litro	R
1/1	6.9	22.9977	55
2/1	5.6	18.6648	55
3/1	6.8	22.6644	180
4/1	6.8	22.6644	100
5/1	5.1	16.9983	85
6/1	10.1	33.3333	80
4/2	26.5	88.3245	245
6/2	21.8	72.6594	210
7/2	14.6	48.6618	205
11/2	36.5	121.6545	255
12/2	13.2	43.9956	250
13/2	54.1	180.3153	200
14/2	36.2	120.6546	265
18/3	9.1	30.3303	90
19/3	17.8	59.3274	75
21/3	13.1	43.6623	45
22/3	16.2	53.9946	75
27/4	35.4	117.9882	275
28/4	36.3	120.9879	295
29/4	31.8	105.9894	280
1/5	7.7	25.6641	135
1/6	2.3	7.6659	50
2/6	4.2	19.9986	40
A6 Alt	7.5	24.9986	230
4/7	3.2	10.6659	190
A7 Alt	7.8	25.9974	200
5/8	4.6	15.3318	60
6/8	9.1	30.3303	145
A8 Alt	2.4	13.9986	230

Referencias:

Alt. zona de alteración
M/C: muestra/cantera

Microscopia de las barras de mortero

Se estudiaron al microscopio petrográfico, cortes delgados de barra de mortero curadas durante un año (Maiza et al. 1991). Esto permitó observar y determinar las causas del deterioro del hormigón, estado de la pasta, grado de fisuramiento, etc. En todas las muestras estudiadas cuando se encontraron ceolitas, éstas pertenecían a barras que resultaron potencialmente reactivas. Debe mencionarse que hubo barras con expansión sin que se identificaran ceolitas. Otra característica de las barras reactivas es que al fisuramiento afecta a los agregados, generalmente están rellenas de un material anisótropo y los agregados presentan bordes de reacción. La interfase agregado-pasta por lo general es muy deteriorada, llegando a observarse claramente un espacio vacío.

Consideraciones y Conclusiones

Las muestras que resultaron potencialmente reactivas contienen como materiales deletéreos rocas volcánicas con pastas vitreas y alteradas.

Con el método químico no se detectaron áridos reactivos, sin embargo las muestras de las canteras N° 2, 3 y 4, liberaron gran cantidad de sílice al medio. En la figura N° 1 puede observarse que los valores obtenidos se ubican en el área a la izquierda de la curva, pero tienen muy altos valores de reducción en alcalinidad, sobre todo las muestras de las canteras N° 2 y 4.

Con el método de las barras de mortero, se calificaron como potencialmente reactivos a los materiales de las canteras N° 2, 3 y 4 e inocuos a los pertenecientes a las canteras 1, 5, 6 y 7. El agregado de la cantera N° 8, si bien a los 6 meses la expansión no superó los límites establecidos en la norma, al año alcanzó 0.138 %.

En la figura N° 2 puede observarse que existe una directa relación entre la sílice disuelta y la expansión obtenida en las barras de mortero a la edad de 6 meses.

La utilización de los tres métodos de ensayo permitió calificar a los rodados de las Canteras Bajo San José y Arroyo Seco y a los materiales utilizados como piedra partida (Cantera Cerros Colorados y Agua Blanca), como inocuos y a los rodados de las canteras Villalonga Norte y Sur y Médanos como potencialmente reactivos. El material de la cantera N° 8 puede calificarse como de reacción lenta, sobre todo teniendo en cuenta que está integrado por cuarzo tensionado.

No hay dudas que debe tenerse en cuenta la existencia de carbonatos cuando se utiliza el ensayo químico, ya que modifica la reducción en la alcalinidad y esto haría que se dude de las bondades de este método. Barisone et al. (1992) plantea el mismo problema y aconseja la eliminación previa del mismo.

Es aconsejable la utilización simultánea, con los otros métodos pues de esta forma se considera una calificación más que permite asegurar los resultados.

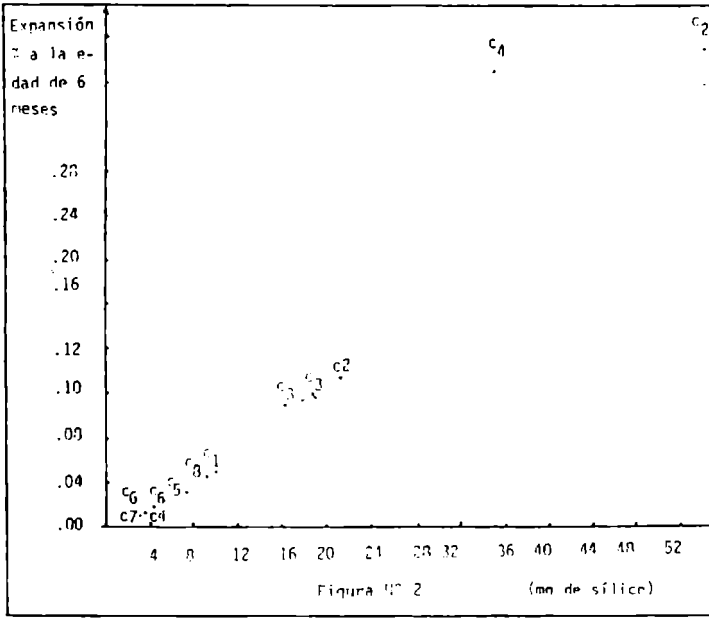
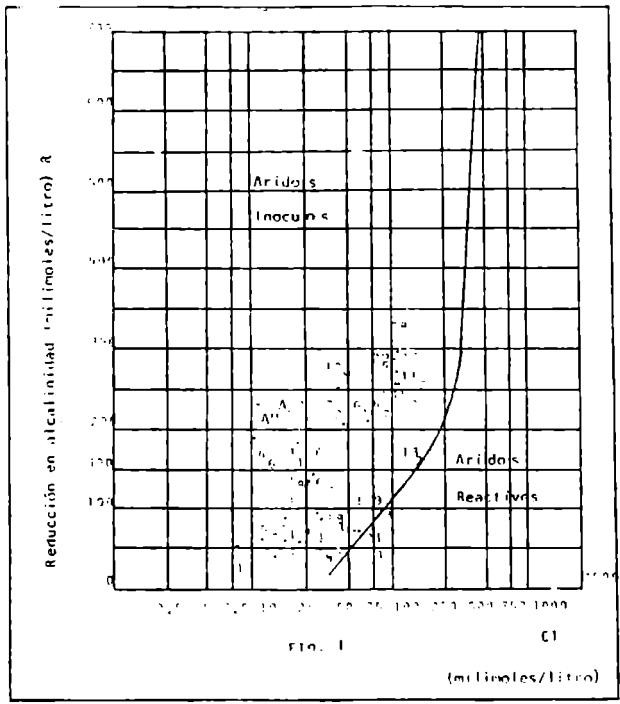
La determinación de la reactividad alcalina potencial por el método de ensayo químico, se basa en la determinación de dos parámetros: sílice disuelta y reducción en alcalinidad. La imprecisión en la obtención de este último, hace que pequeñas variaciones hagan calificar a un material como inocuo o reactivo, sobre todo cuando se trabaja entre 50 y 250 milimoles/litro (Marfil 1990). Se considera, sobre todo en esta zona, que se le debería dar mayor importancia a la determinación de la sílice disuelta, ya que como se observa en la figura N° 2, existe una relación directa entre ésta y la expansión medida en barras de mortero. Estos resultados deben complementarse con el estudio petrográfico, que permitirá visualizar los compuestos deletéreos responsables del alto valor de sílice disuelta.

Se considera de importancia el estudio al microscopio petrográfico de las barras de mortero reactivas luego del tiempo de ensayo, ya que ayudará a entender las causas de deterioro y a determinar los materiales que reaccionaron a fin de poder predecir el comportamiento futuro de los mismos.

Por último, se recomienda tener especial cuidado cuando las circunstancias hagan imprescindible el uso de cemento de alto álcali y agregados de las canteras 2, 3, 4 y 8.

Agradecimientos

Al Ing. O. Batic y al personal de su laboratorio por la realización del método de la barra de mortero (ASTM C-227). A la CIC y al CONICET por el apoyo brindado.



LOS AGREGADOS GRUESOS UTILIZADOS EN LA ZONA DE BAHIA BLANCA....
Marfil S. A. y P. J. Maiza

Bibliografía

- ASTM C-227 (1981).** Standar test method for potential alkali reactivity of cement-aggregate combinations (Mortar - Bar Method). 148-153.
- ASTM C-295 (1979).** Standar practice for petrographic examination of aggregates for concrete.
- BARISONE G. and G. RESTIVO (1992).** Alkali-silica reactivity of alluvial deposits evaluated using chemical and psammographic methods. The 9th International Conference on alkali-aggregate reaction in concrete. Vol. 1. 40-45. London.
- BRAGG D. (1992).** Relationship between petrography and results of alkali-reactivity testing, samples from newfoundland, Canadá. The 9th International Conference on alkali-aggregate reaction in concrete. Vol 1. 127-135. London.
- IRAM 1501 Parte II (1976).** Tamices de ensayo. Tamaños nominales de aberturas. 4-11.
- IRAM 1627 (1980).** Agregados. Granulometría de los agregados para hormigones. 4-17.
- IRAM 1637 (1966).** Reacción álcali-árido. Método de la barra de mortero para la determinación de la reactividad alcalina potencial.
- IRAM 1649 (1968).** Áridos para hormigones. Exámen petrográfico. 1-10.
- IRAM 1650 (1968).** Reactividad alcalina potencial en áridos. Método de ensayo químico. 3-15.
- MAIZA P. J. y S. A. MARFIL. (1991).** Estudio de cortes delgados sobre barras de mortero con agregados finos y gruesos utilizados en la zona de Bahía Blanca. Revista Hormigón N° 19. 31-39.
- MARFIL S. A. (1990).** La reacción álcali-agregado. Investigación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento, utilizados en Bahía Blanca y su zona de influencia. Tesis Doctoral. Bib. UNS. Bahía Blanca.