

PAVIMENTO DE HORMIGON DETERIORADO POR LA REACCIÓN ALCALI SILICE EN UN COMPLEJO EDIFICIO DE LA CIUDAD DE BAHIA BLANCA

Marfil, S. A.^{1,2} y P. J. Maiza^{1,3}

1. 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.
2. Investigador Adjunto s/d CIC.
3. Investigador Independiente CONICET.

RESUMEN

El hormigón del camino de acceso y de circulación interna del complejo CRIBABB, ubicado a 7 Km de la ciudad de Bahía Blanca, muestra un importante y heterogéneo grado de deterioro. En algunos sectores se ha desarrollado un fisuramiento en forma de mapa, en otros han desaparecido las juntas de dilatación, llegando a solaparse las placas lo que hace necesario trabajos de remediación, con reemplazo total o parcial de los paneles y en otros aparece un incipiente fracturamiento con elevación del nivel de la carpeta de rodamiento. Es común observar zonas con exudaciones en las partes más fracturadas.

El propósito del estudio es determinar las causas del deterioro y el origen del mismo. Se muestrearon los sectores afectados y se estudió el hormigón con estereomicroscopio, se observaron exudados blanquecinos, los que fueron separados para su posterior estudio con SEM-EDAX y DRX. Se realizaron cortes delgados en los que se observó la composición litológica de los agregados, microfisuramiento, presencia de ceolitas como de minerales de neoformación, desarrolladas en el interior de cavidades de aire atrapado, en microfisuras y en algunos contactos agregado - cemento. Las características determinadas permiten concluir que el deterioro se debe al desarrollo de la reacción álcali - sílice.

Los materiales responsables del deterioro son rocas volcánicas vítreas que constituyen el 20 % del agregado grueso y el 35 % del fino y vidrio volcánico identificado en el agregado fino (6 %).

INTRODUCCION

Si bien la mayoría de los agregados para hormigón utilizados en la zona de Bahía Blanca son potencialmente reactivos desde el punto de vista de su reactividad alcalina potencial, prácticamente no existen antecedentes de obras que hayan sufrido deterioro.

Las arenas de origen eólico y marino de la zona tienen un elevado contenido de vidrio volcánico, tanto en forma de clastos individuales como parte constituyente de vulcanitas vítreas. (1), (2).

Dentro de los agregados gruesos utilizados, existen canteras de canto rodado con elevado contenido de rocas volcánicas, en general básicas y con pastas vítreas, las que en general han sufrido procesos de desvitrificación formando minerales arcillosos del grupo de la montmorillonita. (2), (3).

En el presente trabajo se estudió un pavimento de hormigón con importantes signos de deterioro. El objeto es determinar las causas de la patología así como los materiales responsables.

Para ello se estudiaron las muestras de hormigón con estereomicroscopio a fin de observar las características de la pasta, grado de deterioro, presencia de microfisuramiento y/o productos de neoformación. Se realizaron cortes delgados con el propósito de estudiar los agregados gruesos y finos utilizados en la elaboración del hormigón, determinar especies deletéreas, minerales de alteración, relación agregado mortero, bordes de reacción, etc.

RELEVAMIENTO DE LA OBRA

El hormigón estudiado proviene del camino de acceso y de los senderos de circulación interna del complejo CRIBABB (Centro Regional de Investigaciones Básicas y aplicadas de Bahía Blanca). Se encuentra ubicado en cercanías de la ciudad de Bahía Blanca, sobre el camino La Carrindanga, en el Km 7.

El pavimento tiene una edad que oscila entre 10 y 14 años. En algunos sectores, muestra signos de deterioro, puesto de manifiesto con fisuramiento en forma de mapa, en general con exudaciones blanquecinas asociadas a las zonas de fractura. En partes se han reducido las juntas de dilatación llegando al solapamiento de placas. Algunos paneles han sido reparados y otros reemplazados por completo. Es de hacer notar que existen sectores sanos con evidencias de deterioro incipiente.

Se muestrearon 3 zonas que corresponden a los sectores más afectados.

1. Rotonda: Corresponde a la zona más afectada con levantamiento de paneles y solapamiento de juntas. Se asocian a las fracturas exudados blanquecinos. En la figura N° 1a se observa las características mencionadas. Este panel debió ser reemplazado como se muestra en la Figura N° 1b.
2. Frente a la puerta de acceso al edificio CRIBABB: Son abundantes las fisuras en forma de mapa. (Figura N° 1c), con áreas elevadas como consecuencia del proceso expansivo, hallándose sectores con saltaciones del hormigón superficial.

3. A 20 metros del acceso: Se trata de otro sector con abundante fisuras, el panel contiguo al muestreado fue reemplazado por el alto grado de deterioro que presentaba. En la Figura N° 1d se observa un sector con abundante desarrollo de fisuras.

METODOS

Se utilizó un sistema microscópico Olympus, con procesador de imágenes integrado con un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT; microscopio petrográfico Olympus trinocular BH2-UMA, con cámaras de video Sony 151 AP incorporadas, monitor de alta resolución y procesador de imágenes Image Pro Plus versión 3.1; difractor de rayos X Rigaku, D-max III-C, con radiación de Cu K α y monocromador, con 35 Kv y 15 mA computarizado y microscopio electrónico de barrido JEOL JSM 35CP, equipado con sonda EDAX DX 4 de ventana ultradelgada con un rango de análisis elemental desde Z = 5(B) hasta Z = 92 (U).

RESULTADOS

Observaciones con estereomicroscopio

El material está afectado por un fuerte proceso de degradación que afecta a la compacidad del hormigón. Es abundante el microfisuramiento como consecuencia de procesos expansivos y el desarrollo de productos de neoformación, en especial en el interior de cavidades de aire accidental y fracturas. La mayoría de los clastos presentan bordes de reacción, como se observa en la figura 2a. Se identificaron dos materiales, uno blanco brillante, blando de hábito fibroso, acicular adjudicado a ettringita y el otro también blanco pero opaco, más duro y masivo, adjudicado a ceolita. Ambos productos fueron separados para su posterior estudio por DRX y SEM - EDAX.

Microscopía de polarización:

Se estudió la composición mineralógica - petrográfica de los agregados finos y gruesos que constituyen el hormigón y las características morfológicas y estructurales del mortero.

Agregado fino

Es una arena con elevado contenido de vulcanitas vítreas (35 %), en la mayoría de los clastos se observaron procesos de alteración avanzados (desvitrificación con la formación de arcillas del tipo montmorillonita), es importante también la presencia de vidrio volcánico fresco en clastos aislados (6 %). El resto del agregado lo constituyen clastos de cuarzo (con extinción ondulante) (25 %), feldespato (principalmente plagioclasa) (5 %), valvas de moluscos (8 %), fragmentos de rocas graníticas (gr), (7 %) y vulcanitas frescas (6%). En la figura N° 2b se muestra una vista general del hormigón donde es posible identificar clastos de vidrio volcánico fresco (v), cuarzo (q), feldespato (f) y vulcanitas vítreas en general desvitrificadas (vv).

Agregado grueso

Predominan las cuarcitas (qz), (los agregados de cuarzo microcristalino presentan fuerte extinción ondulante) y rocas graníticas (80 %). En menor

proporción se identificaron metamorfitas y vulcanitas básicas con pastas vítreas, en general desvitrificadas (20 %). La figura N° 2c muestra un clasto de vulcanita vítrea con marcados procesos de reacción en los bordes.

Petrografía del hormigón

El mortero se presenta con abundante microfisuramiento. Las fisuras en la mayoría de los casos se encuentran rellenas con un material anisótropo identificado por sus propiedades ópticas como ceolita. (Figura N° 2b). El fisuramiento afecta a la pasta y a los clastos del agregado grueso y fino, generalmente asociado a las vulcanitas vítreas. Estas presentan un estado de alteración avanzado, principalmente desvitrificación, con desarrollo de coronas de reacción (Figura N° 2c) y fenómenos de borde tales como contactos de caries. En la figura N° 2d se observa el microfisuramiento del mortero con crecimiento de cristales de ceolita en el interior. La figura 2e, corresponde a un detalle, donde el grado de deterioro del mortero es avanzado. El microfisuramiento afecta a los agregados y es abundante el material de neoformación.

Las cavidades formadas por aire entrampado se encuentran ceolitizadas parcial o totalmente, como se observa en la figura N° 2f, en casos extremos llega al reemplazo pseudomórfico.

Difractometría de rayos X

El material fibroso separado con estereomicroscopio fue analizado por DRX. Se identificó ettringita asociada con portlandita. El resto del difractograma corresponden a cuarzo y feldespato por contaminación del agregado.

No se pudo separar suficiente cantidad, con pureza y cristalinidad adecuadas, del producto masivo de neoformación para estudiar por esta técnica.

Microscopía electrónica de barrido - EDAX

Se analizaron trozos de hormigón a fin de observar morfología y composición química de los productos de reacción.

1. Material fibroso: En la figura N° 3a se muestra las características del producto fibroso, acicular. El análisis de EDAX permitió confirmar que se trata de ettringita (S, O, Ca y Al). (Figura N° 3b).
2. Material blanco masivo: En la Figura N° 3c se observan las características de este producto, no es posible visualizar formas cristalinas, aunque morfológicamente corresponde a un mineral de hábito acicular y/o tabular, semejante al que presentan los alúminosilicatos de Ca, Na y K (ceolitas). Analizado por EDAX se identificó Si, O, Al y Ca por lo que fue adjudicado a ceolita. (Figura 3d).

CONCLUSIONES

1. El camino de acceso al complejo CRIBABB se encuentra afectado por la reacción álcali - sílice. Esta se desarrolla con diferente intensidad, algunos paneles debieron ser reemplazados por completo, otros presentan fisuramiento en forma de mapa, exudados blanquecinos, en algunos sectores se observa el levantamiento de las placas en la zona de juntas de dilatación y hay otros sectores sin reacción evidente.
2. Los materiales responsables del desarrollo de la reacción son el vidrio volcánico, vulcanitas vítreas y cuarzo microcristalino y con extinción ondulante.

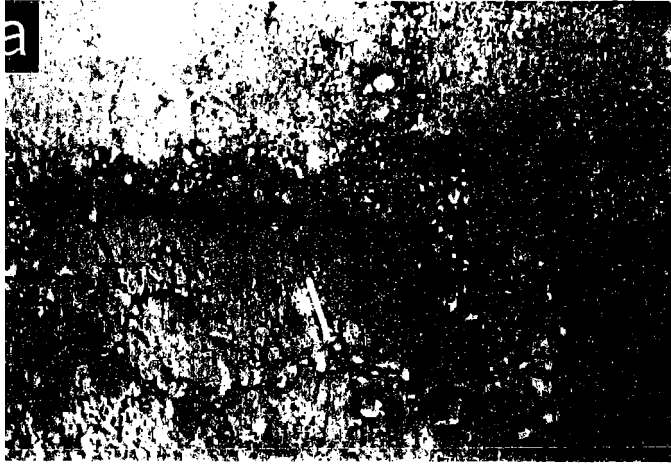
AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. y a la Universidad Nacional del Sur por el apoyo brindado y al Sr. Rodolfo C. Salomón por la compaginación de las fotomicrográficas.

BIBLIOGRAFIA

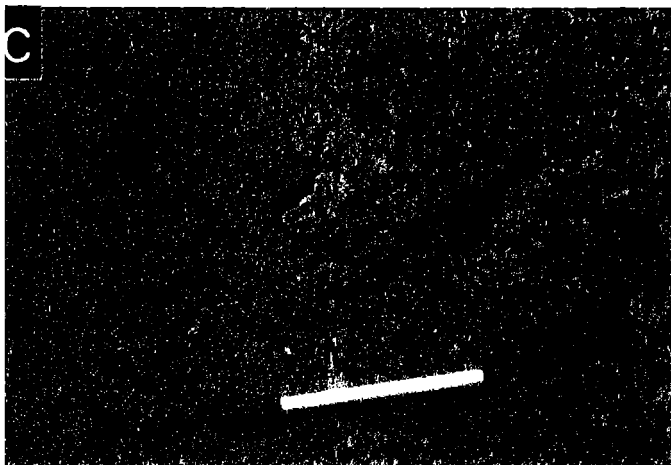
1. S. A. Marfil y P. J. Maiza. Análisis multivariado (Componentes principales) aplicado al estudio de la composición de agregados finos utilizados en la zona de Bahía Blanca. Asociación Argentina de Tecnología del hormigón. Novena Reunión Técnica. Buenos Aires. II. 277-284. (1989).
2. P. J. Maiza y S. A. Marfil. Principales yacimientos de arena, canto rodado y piedra partida, utilizados en la construcción en la zona de Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires. Primer Seminario de Tecnología del Hormigón en la Vivienda del Mercosur. Memorias. Santa Fe. 253-264, (1997).
3. S. A. Marfil y P. J. Maiza. 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. I, 1-10, (1993).

Figura 1 - Pavimento CRIBABB con desarrollo de RAS.



Rotonda de acceso muy deteriorada recientemente reemplazada (como se muestra en b)

Panel reemplazado

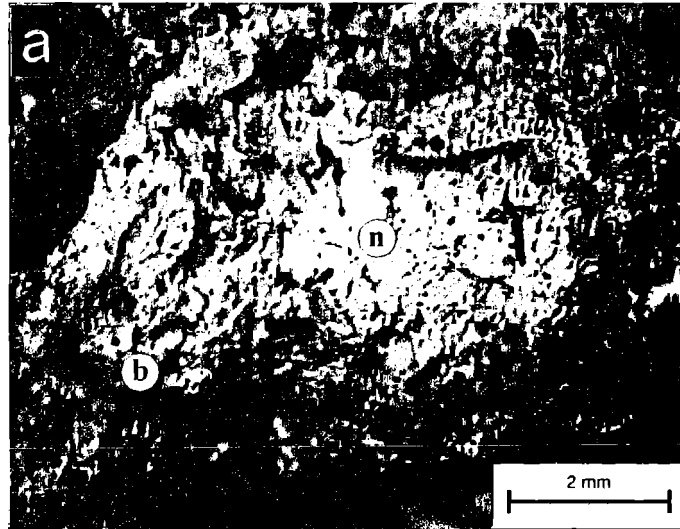


Fisuramiento en forma de mapa frente a la puerta de acceso

Desarrollo de fisuras con levantamiento de paneles



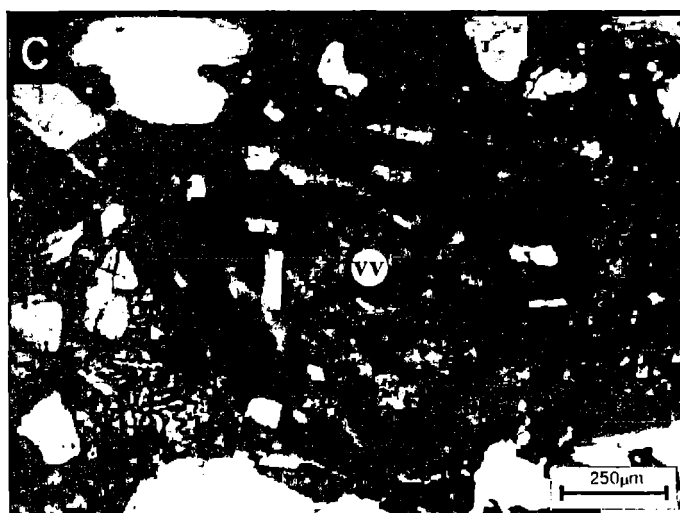
Figura 2 - Petrología del agregado y del hormigón.



Clasto de vulcanita vítrea con borde de reacción (b) y desarrollo de productos de neoformación (n) en la superficie

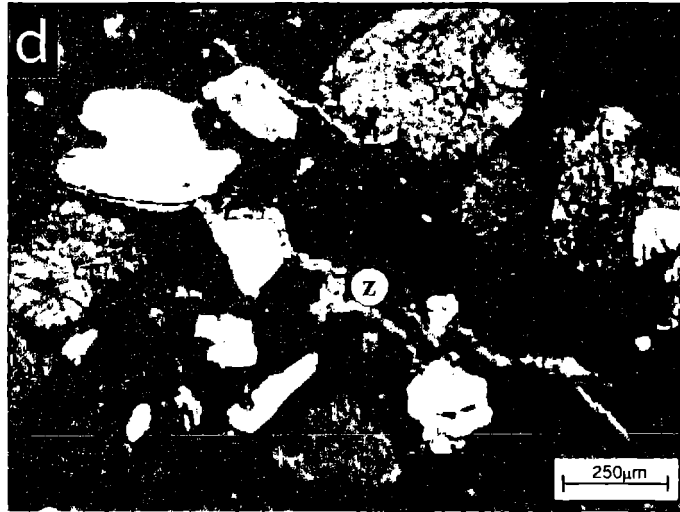


Ceolita (z) en el interior de una microfisura que afecta al mortero y a los clastos

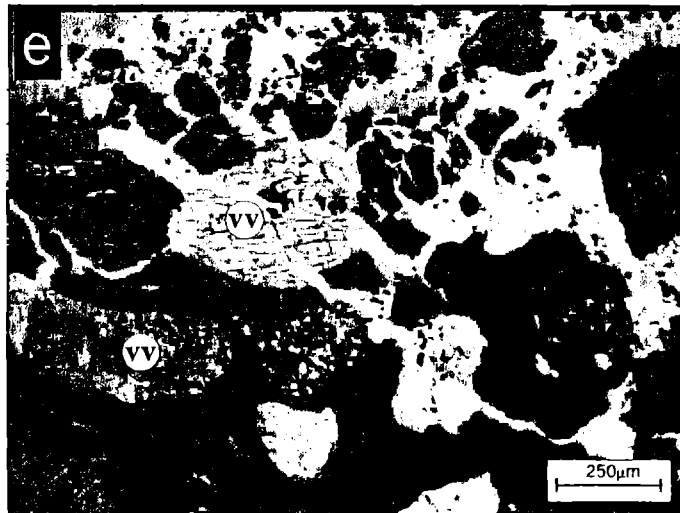


Clasto de vulcanita vítrea (vv) con avanzado proceso de desvitrificación, principalmente en los bordes

Figura 2 (continuación) - Petrología del agregado y del



Microfisuramiento del mortero, con desarrollo de ceolitas (z) en fracturas y superficies de los clastos



Abundante microfisuramiento de los clastos de vulcanitas vítreas (vv) que afecta al mortero, obliterando su textura

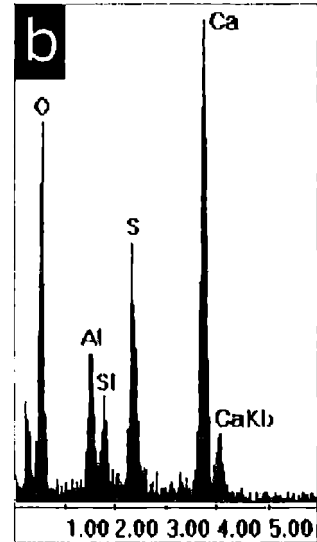


Desarrollo de ceolitas (z) en el interior de cavidades de aire atrapado y fracturas. Los clastos reactivos se encuentran totalmente reemplazados

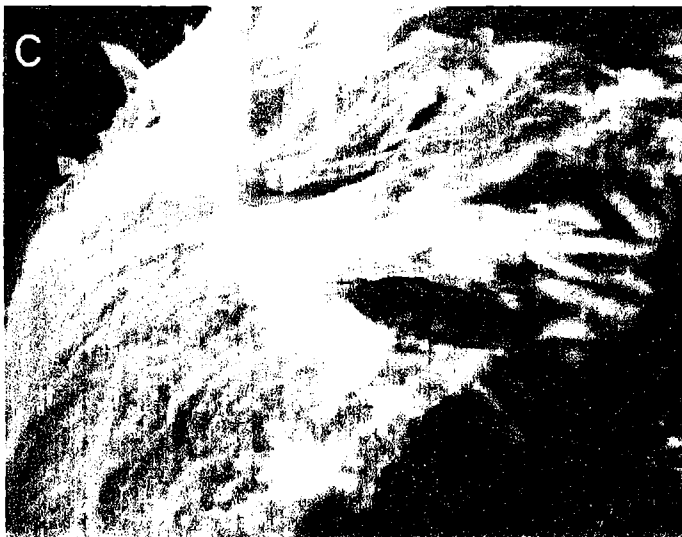
Figura 3 - Microscopía electrónica de barrido - EDAX



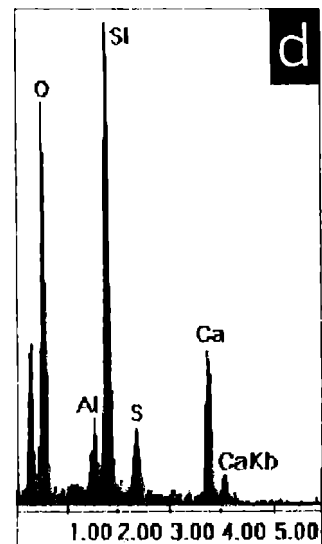
Ettringita desarrollada en la superficie del hormigón



EDAX de la ettringita observada en la figura 3a



Producto de neoformación desarrollado en el contacto agregado reactivo - mortero



EDAX del material observado en la figura 3c adjudicado a ceolita al que se asocia escasa ettringita