

Influencia de la dirección del viento en los perfiles de cloruro obtenidos en estructuras cercanas al Mar Caribe. Caso del Viaducto Turiguanó-Cayo Coco en Cuba

Influence of the wind direction on the chloride profiles of structures close to the Caribbean Sea. The case of the Turiguanó-Coco Key Viaduct in Cuba

E. J. PÉREZ GARCÍA⁽¹⁾, P. CASTRO-BORGES⁽²⁾, V. A. O'REILLY D.⁽³⁾, I. SEIGLÍE G.⁽⁴⁾, I. FERNÁNDEZ E.⁽⁵⁾

⁽¹⁾Laboratorio de Ensayos e Investigaciones del Ministerio de la Construcción en Ciego de Ávila, Cuba.

⁽²⁾Centro de Investigación y de Estudios de Avanzados del IPN, Unidad Mérida, Yucatán, México.

⁽³⁾Comisión Nacional del Cemento y el Hormigón. Ministerio de la Construcción de Cuba.

⁽⁴⁾Unidad Provincial de Inversiones de la Vivienda. Ciego de Ávila, Cuba.

⁽⁵⁾Delegación Provincial del Banco Popular de Ahorro. Ciego de Ávila, Cuba.

Persona de contacto/Corresponding author: pcastro@kin.mda.cinvestav.mx

Fecha de recepción: 14-XI-03
Fecha de aceptación: 23-VIII-04

MÉXICO-CUBA

RESUMEN

En años recientes se le ha dado importancia a la interpretación de los perfiles de cloruros en el hormigón armado con fines de predicción de vida útil, entre otros. Sin embargo, los datos que se han constatado pertenecen, por lo general, a experimentos sobre probetas que han sido expuestas, por un tiempo determinado, a atmósferas específicas más que a estructuras reales. El objetivo de este trabajo fue la obtención e interpretación de la forma de los perfiles de cloruros de varios puentes del viaducto Turiguanó-Cayo Coco en Cuba. Los resultados ratificaron los datos encontrados por otros autores en otros elementos y ambientes similares, pero en un tipo de estructura diferente. En todos los casos estudiados se pudo verificar que, la forma del perfil de concentración de cloruros para estructuras similares a los puentes del viaducto estudiado expuestas a un ambiente tropical marino, es consistente y cambia de intensidad con la dirección de los vientos y del apantallamiento a los mismos por parte de la estructura y de sus partes. Se discute el posible efecto del mojado y secado.

SUMMARY

Interpretation of chlorides profiles is important to predict concrete structures service life, among other factors. However, reported results are, in general, from small specimens exposed to specific atmospheres instead of real structures. The objective of this work was the obtention and interpretation of the chlorides profiles forms from several bridges of the Turiguanó-Coco Key viaduct in Cuba. The results verified data from other authors but on different structural elements and similar atmospheres. The form of the chloride profile for structures similar to those in the viaduct bridges, exposed to tropical marine atmosphere, is consistent and changes in intensity with the winds direction and the blocking to them by parts of the structure. The possible effect of the wet and drying process is also discussed.

PALABRAS CLAVE: cloruros, corrosión, hormigón, ambiente marino.

KEYWORDS: chloride, corrosion, concrete, marine environment.

1. INTRODUCCIÓN

En la literatura consultada se deja entrever o se comenta textualmente que los cloruros son la principal fuente

de deterioro de cualquier estructura en ambiente marino (1-6). Se han encontrado: umbrales de cloruros con los que inicia el proceso de corrosión del acero de refuerzo

(5, 7), perfiles de cloruros que tienen diferentes interpretaciones en función del ambiente al que están expuestos los elementos de hormigón (5), y modelos de predicción de vida útil en función de estos parámetros (8-10)

Desafortunadamente, aún no se tienen criterios únicos generales para la utilización de estos parámetros, y ello ocasiona confusión en el momento de aplicar los resultados bajo circunstancias y materiales diferentes. De los tres parámetros, la obtención del perfil de cloruros, es de importancia particular, pues, a través de su correcta interpretación, podrán obtenerse mejores modelos de predicción (5).

En la literatura se han encontrado trabajos de varios autores en los que, poco a poco, se le empieza a dar una mayor importancia a este tema (7, 9), aunque se reconoce que los resultados encontrados sólo se aplican a circunstancias de estudio específicas.

Se han presentado en la literatura (5, 11) trabajos en los que se discuten efectos como el de la altura, las zonas de secado y mojado y de mojado continuo y la calidad del hormigón en la forma del perfil de concentración de cloruros y su interpretación. Los resultados de estos autores fueron extraídos tanto de probetas expuestas a ambiente marino, como de edificios y un puente. Sin embargo, la cantidad de resultados y las características de los elementos evaluados, no permitieron evaluar parámetros como el apantallamiento o la posición geográfica, aunque sí de los microclimas (5).

De la literatura consultada se pudo apreciar que existe un buen avance en la interpretación de perfiles de concentración de cloruros en ambientes marinos, tanto a nivel probetas como estructuras reales, pero aún faltan por estudiar parámetros que se aplican bajo condiciones diferentes de exposición y de materiales.

En este trabajo, se aprovecha una cantidad importante de perfiles de cloruros obtenidos en varios puentes de un viaducto que, al tener las mismas características en cuanto a materiales y atmósfera marina, permiten una buena reproducibilidad y extracción de resultados fiables.

El objetivo de este trabajo es mostrar la influencia de parámetros conocidos como el apantallamiento y los vientos dominantes en la forma del perfil de concentración de cloruros, que en la literatura no han sido tratados con profundidad para estructuras reales, así como discutir la posible existencia, bajo condiciones de exposición y materiales diferentes a los tratados, de efectos como el del mojado continuo y secado y mojado en el perfil de concentración de cloruros.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Características del viaducto y sus puentes

El Viaducto Turiguanó-Cayo Coco fue puesto en operación en 1989. Las condiciones atmosféricas y características de construcción provocaron, después de doce años en funcionamiento, daños por corrosión severos en varios de sus puentes. Los perfiles de cloruros que se analizan aquí provienen de los puentes 4, 5 y 6 que son representativos de los daños observados, cuya inspección y resultados se han dado previamente (12). Los puentes están ubicados según se describe en la Tabla 1, donde el kilómetro cero corresponde a la Costa de Turiguanó. Los 14 puentes están distribuidos irregularmente a lo largo del Viaducto, uno se construyó basculante, de estructuras metálicas, los restantes son, según el proyecto típico de puentes para carretera para Cuba, con vigas de hormigón armado, postensadas, prefabricadas todas con los mismos materiales en el mismo centro de producción e idéntica resistencia característica a compresión a los 28 días.

2.2. Materiales y programa experimental

En los puentes 4, 5 y 6, se ensayaron tres de las vigas: las dos extremas 1 y 13, directamente afectadas por el aerosol marino y una central, la 7, representadas en la Figura 1. En estas tres vigas, se estudiaron sus dos lados, al Norte y al Sur, y en cada uno de ellos tres puntos: las caras Este, Oeste e Inferior. Las muestras se obtuvieron tal y como se indica en la Figura 2.

TABLA 1
Ubicación de los puentes del Viaducto

Puente	Ancho	Luces de 20 m	Distancia de la costa (m)	
			Entrada	Salida
1	80 m	4	620	720
2	40 m	2	1 080	1 120
3	Metálico		1 640	1 660
4	20 m	1	1 960	1 980
5	20 m	1	2 390	2 410
6	20 m	1	2 690	2 710
7	20 m	1	2 990	3 010
8	20 m	1	3 270	3 300
9	20 m	1	3 600	3 620
10	40 m	2	4 360	4 400
11	80 m	4	4 590	4 670
12	20 m	1	9650	9670
13	20 m	1	10240	10260
14	40 m	2	11320	11360

Para los ensayos de cloruros se tomaban muestras de polvo a 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 y 5,0 cm de la cara exterior, mediante un taladro con una guía para asegurar la pro-

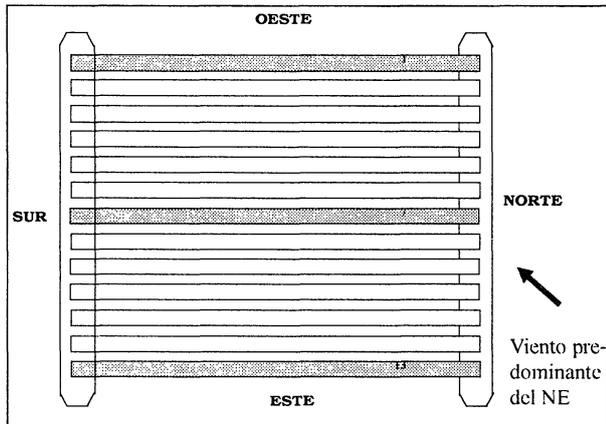


Figura 1.- Planta estructural de los puentes 4, 5 y 6 del Viaducto Turiguano-Cayo Coco.

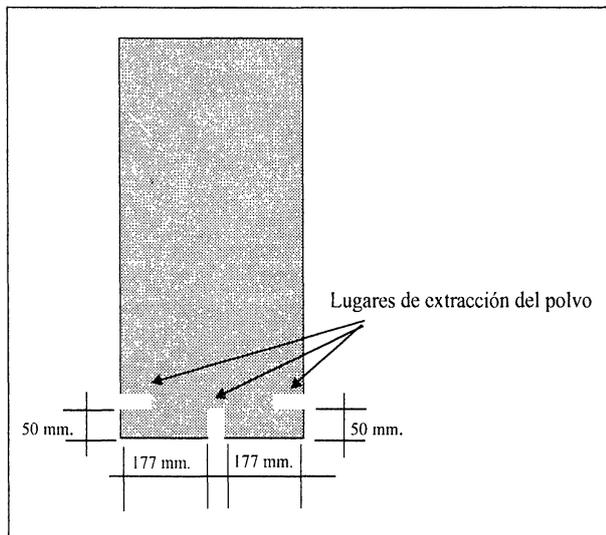


Figura 2.- Representación esquemática en la sección de la viga de los lugares en los que se extrae polvo para la determinación de los cloruros.

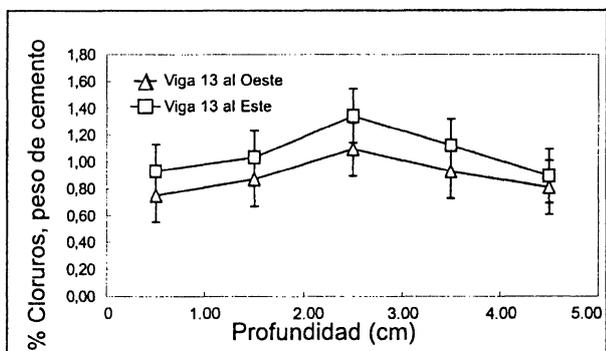


Figura 3.- Comparación de los perfiles promedios de cloruros en la viga 13 de los puentes 4, 5 y 6 en las caras externas (Este Vs Oeste).

fundidad. Se tomó la muestra de polvo con una broca de 25 mm, cada muestra se almacenó en bolsas plásticas de cierre hermético y, en cada profundidad, se extrajo el polvo, se limpiaron cuidadosamente los residuos y se sopló con aire mediante una pera. Se tomaron un total de 90 muestras de cloruros y se ensayaron en un laboratorio acreditado por el método del ASTM C-1152 (13), obteniéndose los cloruros totales en relación con el peso del cemento. Con los valores de porcentaje de cloruros se elaboraron tablas y graficas que más adelante se explicarán

3. RESULTADOS

En la Figura 3 se muestra una comparación entre dos perfiles de cloruros promedio en las vigas 13 de los puentes 4, 5 y 6, donde cada punto del perfil corresponde a un promedio de 6 valores. Las barras de error, aunque tienen una dispersión esperada, indican una tendencia clara. Se compara el Este con el Oeste, porque en el primero azotan los vientos dominantes y, en el otro, no. Lo anterior se observa también en la Figura 4, en la que se compara el perfil de la cara Este de la viga 13 con la cara Oeste de la viga 1 de los 3 puentes. En ambas figuras el perfil con orientación Este es siempre mayor al de orientación Oeste. La Tabla 2 muestra los valores promedios así como la desviación estándar y los valores máximo y mínimo usados en las Figuras 3 y 4.

La Figura 5 muestra una comparación entre tres perfiles promedio de cloruros de los puentes 4, 5 y 6. Cada punto del perfil es el promedio de 18 valores. Los perfiles de cloruros tienen un pico con profundidad cercana a los 2 cm. Las curvas de los perfiles se cruzan pero lo significativo es la tendencia a existir un pico máximo alrededor de los 2 cm de profundidad, donde debería estar el acero principal. La Tabla 3 refleja los valores promedio, la desviación estándar, el máximo y mínimo en cada punto.

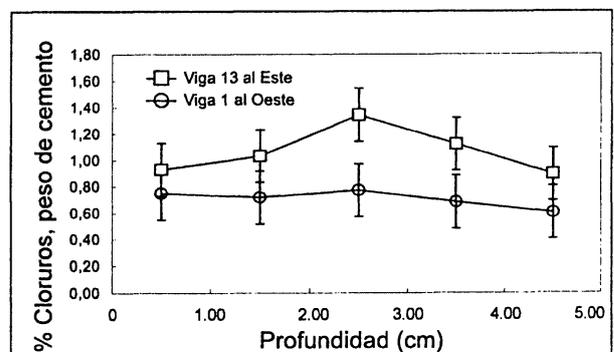


Figura 4.- Comparación de los perfiles promedios de cloruros en las vigas extremas 13 y 1 en las caras externas Este y Oeste.

En la Figura 6 se refleja una comparación de dos perfiles de cloruros con 27 resultados promedio en cada punto, de los puentes 4, 5 y 6, al Sur y al Norte. Se observa cómo el perfil del lado Sur es mayor en cada punto, las barras

de error se solapan por la dispersión de los resultados según se observa en la Tabla 4, donde están los valores promedios, con la desviación, máximos y mínimos, aunque la tendencia es clara.

TABLA 2

Porcentaje de cloruros con relación al peso de cemento de las vigas 13 al Este y Oeste y la viga 1 al Oeste de los puentes 4, 5 y 6

Elemento	Parámetros	Profundidad, cm				
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Viga 13 al Este	Mediciones	6	6	6	6	6
	Promedio	0.93	1.03	1.34	1.12	0.89
	Desv. Std.	0.66	0.08	0.38	0.46	0.37
	Máximo	1.40	1.50	1.80	1.68	1.43
	Mínimo	0.46	0.80	0.90	0.69	0.56
Viga 13 al Oeste	Mediciones	6	6	6	6	6
	Promedio	0.75	0.87	1.09	0.93	0.81
	Desv. Std.	0.45	0.44	0.55	0.43	0.41
	Máximo	1.48	1.63	1.80	1.38	1.28
	Mínimo	0.37	0.60	0.29	0.42	0.40
Viga 1 al Oeste	Mediciones	6	6	6	6	6
	Promedio	0.75	0.72	0.77	0.68	0.60
	Desv. Std.	0.13	0.10	0.11	0.10	0.12
	Máximo	0.84	0.82	0.90	0.80	0.73
	Mínimo	0.66	0.58	0.60	0.56	0.45

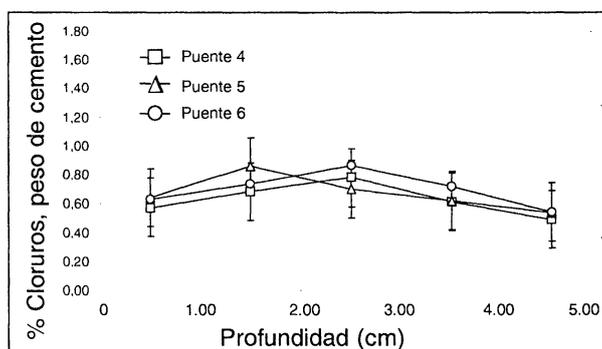


Figura 5.- Comparación de los perfiles promedios de cloruros en los puentes 4, 5 y 6.

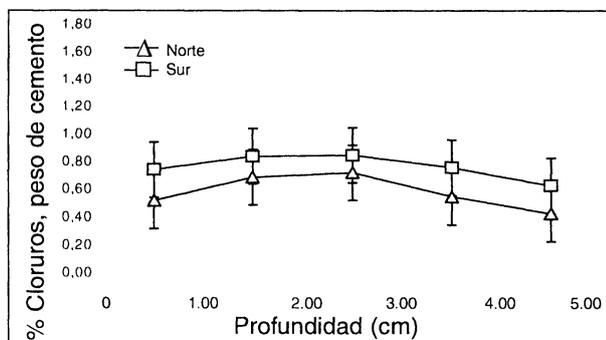


Figura 6.- Comparación de los perfiles promedios de cloruros en los lados Norte y Sur de los puentes 4, 5 y 6.

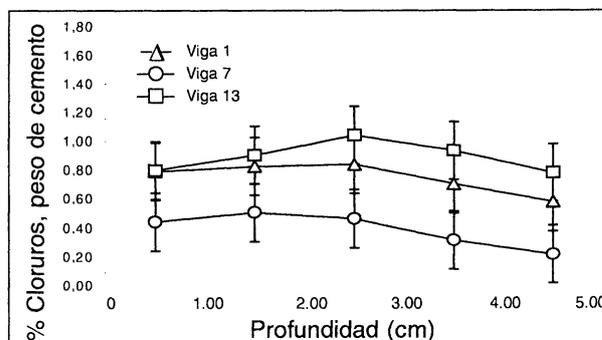


Figura 7.- Comparación de los perfiles promedios de cloruros en las vigas 1, 7 y 13 de los puentes 4, 5 y 6.

TABLA 3
Porcentaje de cloruros con relación al peso del cemento en los puentes 4, 5 y 6

Elemento	Parámetros	Profundidad, cm				
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Puente 4	Mediciones	18	18	18	18	18
	Promedio	0.57	0.68	0.78	0.61	0.49
	Desv. Std.	0.25	0.30	0.40	0.30	0.30
	Máximo	0.98	1.12	1.80	1.28	1.12
	Mínimo	0.23	0.26	0.23	0.12	0.05
Puente 5	Mediciones	18	18	18	18	18
	Promedio	0.64	0.86	0.70	0.62	0.54
	Desv. Std.	0.41	0.51	0.41	0.44	0.41
	Máximo	1.48	1.88	1.36	1.68	1.43
	Mínimo	0.26	0.36	0.19	0.08	0.01
Puente 6	Mediciones	18	18	18	18	18
	Promedio	0.63	0.74	0.87	0.72	0.55
	Desv. Std.	0.35	0.32	0.43	0.37	0.31
	Máximo	1.40	1.50	1.80	1.60	1.12
	Mínimo	0.24	0.20	0.15	0.12	0.05

TABLA 4
Porcentaje de cloruros en relación al peso del cemento del lado Norte y Sur de los puentes 4, 5, 6

Elemento	Parámetros	Profundidad, cm				
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
NORTE	Mediciones	27	27	27	27	27
	Promedio	0.52	0.69	0.72	0.55	0.42
	Desv. Std.	0.22	0.22	0.33	0.23	0.22
	Máximo	0.98	1.20	1.35	0.90	0.90
	Mínimo	0.23	0.36	0.19	0.08	0.01
SUR	Mediciones	27	27	27	27	27
	Promedio	0.74	0.84	0.85	0.76	0.63
	Desv. Std.	0.41	0.46	0.49	0.45	0.40
	Máximo	1.48	1.88	1.80	1.68	1.43
	Mínimo	0.24	0.20	0.15	0.08	0.02

Por otro lado, en la Figura 7 se observa una comparación de los perfiles de cloruros promedios de los resultados en las vigas 1, 7 y 13 de los tres puentes, con los valores promedios de 18 resultados en cada punto. En esta última figura, el perfil de la viga 7 es el menor de todos los valores promedios en cada punto, esto se observó en cada punto de la grafica. Las vigas 1 y 13 solapan los valores en el punto correspondiente a la cara exterior al ser la que esta en contacto directo con el medio circundante, no siendo así en la viga 7 central, que se encuentra mas aislada del medio que las otras, como se representa esquemáticamente en la ya mencionada Figura 1. Los valores promedios, con la desviación, máximos y mínimos, se observan en la Tabla 5.

4. DISCUSIÓN

Existen en la literatura varios estudios enfocados al análisis de los perfiles de cloruros en estructuras reales. En los que se revisaron (5, 11, 14, 15, 16, 17) se estudian las contribuciones de la elevación, distancia al mar y orientación geográfica. En estos trabajos se vislumbra, pero no se discute, el efecto de los vientos predominantes, que ha sido analizado (16), únicamente para el caso de carbonatación. En el trabajo revisado (16) se acepta que la carbonatación aumenta de Oeste a Este, debido a que en el Este hay mayor tiempo de mojado y secado. Si se tiene en cuenta que tanto en Yucatán como en Cayo Coco los vientos predominantes son del Noreste, se deduce que

TABLA 5

Porcentaje de cloruros con relación al peso del cemento de los puentes 4, 5 y 6 de las vigas 1, 7 y 13

Elemento	Parámetros	Profundidad, cm				
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Viga 1	Mediciones	18	18	18	18	18
	Promedio	0.79	0.83	0.84	0.70	0.58
	Desv. Std.	0.13	0.20	0.30	0.20	0.20
	Máximo	1.00	1.20	1.35	0.95	0.90
	Mínimo	0.64	0.50	0.36	0.32	0.33
Viga 7	Mediciones	18	18	18	18	18
	Promedio	0.44	0.51	0.47	0.32	0.22
	Desv. Std.	0.22	0.20	0.30	0.20	0.20
	Máximo	0.98	0.95	0.90	0.80	0.80
	Mínimo	0.23	0.20	0.15	0.08	0.01
Viga 13	Mediciones	18	18	18	18	18
	Promedio	0.80	0.90	1.04	0.93	0.78
	Desv. Std.	0.40	0.50	0.40	0.40	0.30
	Máximo	1.48	1.88	1.80	1.68	1.43
	Mínimo	0.50	0.52	0.29	0.42	0.35

el secado y mojado ocasionaran un mayor y más rápido aumento de cloruros. Por esta razón los perfiles de cloruros en el Este son mayores que en el Oeste.

Para todos los puentes en estudio, los datos de las Figuras 3 y 4 permiten analizar por separado la contribución de la influencia de los vientos predominantes que, en otros trabajos, se vislumbraba.

Esto es útil para la industria de la construcción, pues los diseñadores podrían tomarlo en cuenta en el estudio para que, en el lado Este, se tengan en cuenta pinturas, acabados exteriores y otros que permitan disminuir los efectos del viento en la durabilidad de la estructura.

Los datos de las Figuras 3 y 4 han servido para observar los efectos de los vientos predominantes, pero, a su vez, pueden servir para tener en cuenta otro tipo de ellos como son el efecto de apantallamiento y el de secado.

En varios trabajos (5, 15) se ha observado y/o reafirmado que los picos detectados en los perfiles de cloruros obtenidos de las probetas expuestas pueden ser debidos al efecto piel del hormigón (15), la interfase hormigón carbonatado y no carbonatado (5), el lavado de los cloruros por la lluvia (15) o la interfase entre la zona permanentemente húmeda y la que se seca y se moja continuamente (5). Por las características de los puentes de Cayo Coco (calidad del hormigón, ubicación geográfica, elevación con respecto al mar) se podría pensar que los picos son debidos a la existencia de dos zonas, una de continua humedad y otra de mojado y secado.

Los datos de los puentes 4, 5 y 6 son consistentes y reproducibles, según se observa tanto en la Figura 5 como en

las Figuras 3 y 4. Los resultados demuestran que hay similitud de comportamiento en la penetración de cloruros en los hormigones de Cayo Coco y Yucatán, bajo condiciones similares de ambiente y calidad de los materiales.

Esta contribución es útil, además, para comprender la importancia de la calidad del recubrimiento, del hormigón.

En algunos trabajos analizados (15, 18) se inducen los efectos del apantallamiento como barrera para evitar el ingreso de agentes deletéreos externos al hormigón. En este caso se tienen dos tipos de apantallamiento; el primero de Norte a Sur, pues el lado Sur es el que recibe directamente la acción del oleaje y los vientos, siendo, no sólo el que tiene mayor perfil sino también el que está más deteriorado; el segundo se debe al resguardo de la viga 7 que no tiene influencia directa del aerosol marino.

De la literatura (18) se infiere el efecto del apantallamiento cuando se analiza la dirección del viento en zonas montañosas o estableciendo la incidencia del microclima y la topografía del lugar; de aquí que el análisis de las Figuras 6 y 7 comprueben este efecto por la posición de los elementos de los puentes. Para la industria de la construcción esto permite que los proyectistas establezcan requisitos más exigentes de calidad de los elementos ubicados en la zona no apantallada, evitando la incidencia directa del mar y su aerosol en esas partes de las estructuras.

5. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones rigen principalmente para las condiciones del medio y de la estructura evaluada y, aun-

que se hayan validado con datos y experiencias de otros autores, deben contrastarse cuidadosamente con otras construcciones.

Los perfiles de cloruros de los puentes 4, 5 y 6 del Vialto Turiguanó-Cayo Coco muestran:

1. Que los elementos ubicados en el lado Este, coincidentes con la dirección de los vientos predominantes, se encuentran más afectados por la penetración del ion cloruro. La forma del perfil (mecanismo de penetración) permanece, pero cambia en intensidad.
2. La existencia de un pico en los porcentajes de cloruro cercanos a los 2 cm de profundidad de la cara exterior de las vigas, que pudiera estar asociado, entre otras posibilidades, al efecto de mojado y secado en los elementos.

3. Las vigas centrales y el lado Norte, en los puentes analizados, están menos afectadas por el ion cloruro, debido al efecto de apantallamiento que los demás elementos le producen.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de la Construcción (MICONS), por financiar parte de los trabajos, al Laboratorio central de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) que realizó los ensayos de Cloruros, al CINVESTAV del IPN, Unidad Mérida y al CONACYT por su apoyo parcial en la movilidad de los investigadores y algunas fases de la investigación. Los puntos de vistas expresados aquí son de los autores y no necesariamente de las instituciones participantes

BIBLIOGRAFIA

- (1) P. Castro *et al.*: *Corrosión en estructuras de concreto armado*. p. 24, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Segunda Edición, México, 2001.
- (2) O. Troconis *et al.*: *Manual de Inspección, Evaluación y Diagnostico de Corrosión de Estructuras de Hormigón Armado*. p.12, CYTED, Segunda Edición, 1998.
- (3) K. H. Petterson. : *Factors influencing chloride-induced corrosion of reinforcement in concrete*, in: C. Sjoström (Ed.), *Durability of Building Materials and Components*, Vol. 1, Chapman and Hall, 1996, pp. 334-341..
- (4) H. G. Midgley and J. M. Illson: *The penetration of chloride into hardened cement past*. *Cem. Concr. Res.*, Vol. 14, n° 4 (1984), pp. 546-558.
- (5) P. Castro, O. T. de Rincón, E. J. Pazini: *Interpretation of chloride profiles from concrete exposed to tropical marine environments*. *Cem. Concr. Res.*, Vol. 31, n° 4 (2001), pp. 529-537.
- (6) T. Liu, R. W. Weyers.: *Modeling the dynamic corrosion process in chloride contaminated concrete structures*. *Cem. Concr. Res.*, Vol. 28, no. 3 (2001), pp. 365-379.
- (7) N. S. Berke, M. C. Hicks.: *Predicting chloride profiles in concrete*, *Corros.*, Vol. 4, n° 3 (1994), pp. 234-239
- (8) P. B. Bamforth.: *Definition of exposure classes and concrete mix requirements for chloride contaminated environment*, 4th International Symp on Corrosion of reinforcement in concrete construction (1984), pp. 176 -188
- (9) R. E Weyers.: *Service life model for concrete structures in chloride laden environments*, *ACI Mater. J.*, Vol. 95, n°4 (1998), pp.445-453
- (10) B. Martín-Pérez, H. Zibara, R. D. Hooton, M. D. A. Thomas.: *A study of the effect of chloride binding on service life predictions*, *Cem. Concr. Res.*, Vol. 30, n° 8 (2000), pp.1215-1223
- (11) S. K. Roy, L. K. Chye, D. O. Northwood: *Chloride ingress in concrete as measured by field exposure tests in atmospheric, tidal and submerged zones of a tropical marine environment*. *Cem. Concr. Res.*, Vol. 23, n° 6 (1993), pp.1289 - 1306
- (12) E. J. Pérez-García *et al.*: *Evaluación de los puentes de hormigón armado del pedraplén Turiguanó-Cayo Coco como obra del patrimonio vial de la provincia de Ciego de Ávila, casos: puentes 4, 5 y 6*, p. 116, Facultad de Arquitectura, La Habana, Tesis para la obtención del Grado de Master en Ciencias, 2001
- (13) ASTM C-1152-90: *Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete*; Annual Book of ASTM, Section 4, Vol. 4.02, Concrete and Aggregates; PA, EE.UU., 1995.
- (14) P. Sandberg, L. Tang, A. Andersen.: *Recurrent studies of chloride ingress in uncracked marine concrete at various exposure times and elevations*, *Cem. Concr. Res.*, Vol. 28, n° 10, (1998), pp. 1489-1503
- (15) G. R. Meira, I. J. Padaratz, M. C. Alonso, M. C. Andrade.: *Effect of distance from sea on chloride aggressiveness in concrete structures in brazilian coastal site*, *Mater Construcc* Vol. 53, n° 271-272 (2003), pp.179-188.
- (16) P. Castro, E. I. Moreno, J. Genescá.: *Influence of marine micro-climates on carbonation in reinforced concrete buildings*, *Cem. Concr. Res.*, Vol. 30, n° 10 (2000), pp. 1565-1571.
- (17) P. Castro *et al.*: *Infraestructura de concreto armado: deterioro y opciones de preservación*, p. 14, Instituto Mexicano del Cemento y del Hormigón, Primera Edición, México, 2001
- (18) T. Sand.: *The effect of the environment load on chloride penetration*. Nordisk miniserminar -Kloridinntrenging i betong, Goteborg. (1993), pp. 113-124.

En el número 276, correspondiente a los meses de octubre/noviembre/diciembre de 2004 y respecto al trabajo “¿Puede el concepto “capacidad de cambio” de las arcillas, ser íntegramente aplicable a puzolanas?/ *Is the clay “exchange capacity” concept wholly applicable to pozzolans?*, se ha deslizado un error de

falta de impresión de las Figuras 2, 3 y 4 del mismo, las cuales se adjuntan a continuación.

Asimismo, indicar que, en el texto, la Figura 2 tendría que haber sido ubicada en el 2º párrafo de la página 28, a continuación de la fórmula química de la phillipsita/*phillipsite*, mientras que las Figuras 3 y 4 lo serían en el párrafo 1º de la pág. 29, a continuación de la palabra “poseían”.

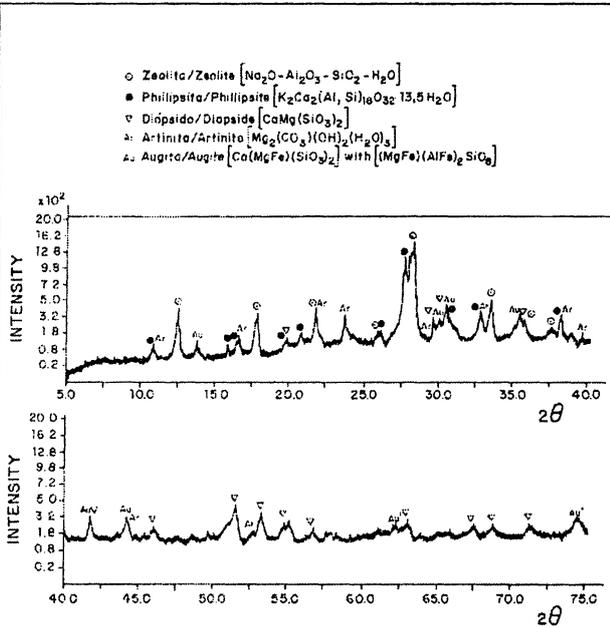


Figura 2.- Pozzolana natural "C" analizada por DRX.

Figure 2.- "C" natural pozzolan analyzed by XRD.

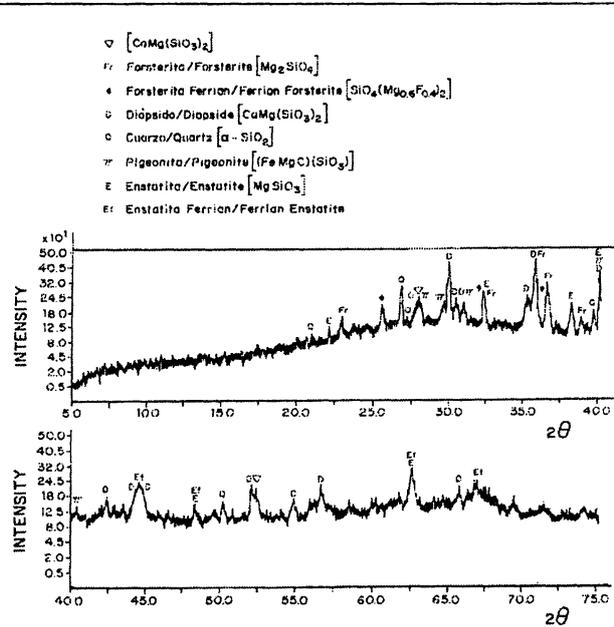


Figura 3.- Pozzolana natural "O" analizada por DRX.

Figure 3.- "O" natural pozzolan analyzed by XRD.

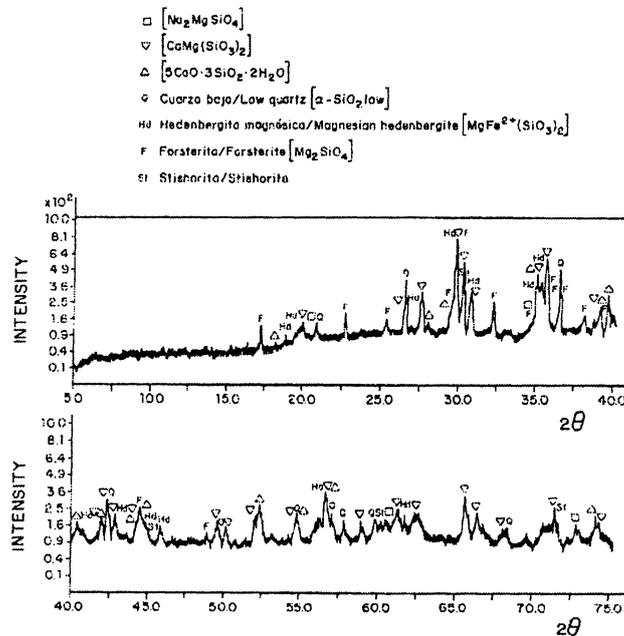


Figura 4.- Pozzolana natural "A" analizada por DRX.

Figure 4.- "A" natural pozzolan analyzed by XRD.