



## TÓPICO 1 – (Patologías de las construcciones)

### Evaluación del hormigón de los espigones del balneario Monte Hermoso (Prov. de Buenos Aires)

Priano, C.<sup>1,a</sup>, Traversa L.<sup>2,b</sup>, Marfil, S.<sup>3,c</sup> y Marcos A.<sup>4,d</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Ingeniería - UNS. Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina

<sup>2</sup> CIC – LEMIT- 52 e/121 y 122, La Plata, Argentina.

<sup>3</sup> Dpto. de Geología – UNS. CIC de la Prov. de Bs. As. – INGEOSUR. San Juan 670. Bahía Blanca, Argentina

<sup>4</sup>Dpto. de Geología – UNS. San Juan 670. Bahía Blanca, Argentina

<sup>a</sup>cpriano@uns.edu.ar, <sup>b</sup>direccion@lemit.gov.ar, <sup>c</sup>smarfil@uns.edu.ar, <sup>d</sup>amarcos@uns.edu.ar

**Palabras-clave:** patologías, hormigón armado, corrosión

#### Resumen

En el presente trabajo se estudiaron las causas del deterioro del hormigón de dos espigones de la ciudad balnearia de Monte Hermoso (Prov. de Bs. As.) construidos a principios de la década del '70. El avanzado estado de deterioro sufrido por los pilotes, hizo que al tiempo se repararan mediante un encamisado de hormigón simple. El proceso de corrosión de las armaduras siguió generando tensiones en el hormigón y al poco tiempo, el propio encamisado se agrietó y desprendió. Los cabezales de pilotes y vigas superiores de ambos espigones sufrieron un proceso corrosivo tal que, debieron ser demolidos. Para caracterizar el hormigón, se realizaron ensayos de densidad, absorción y porosidad y se determinó el contenido de cloruros totales y libres y de sulfatos solubles. Complementariamente, se realizó un estudio petrográfico del hormigón y de los agregados. Se analizó el contacto hormigón-armadura y se evaluaron los productos de oxidación utilizando DRX. Los estudios y ensayos realizados confirman que el deterioro de los pilotes de los espigones de Monte Hermoso, ubicados en ambiente marino, se debió a la corrosión de la armadura por presencia de cloruros.

#### Introducción

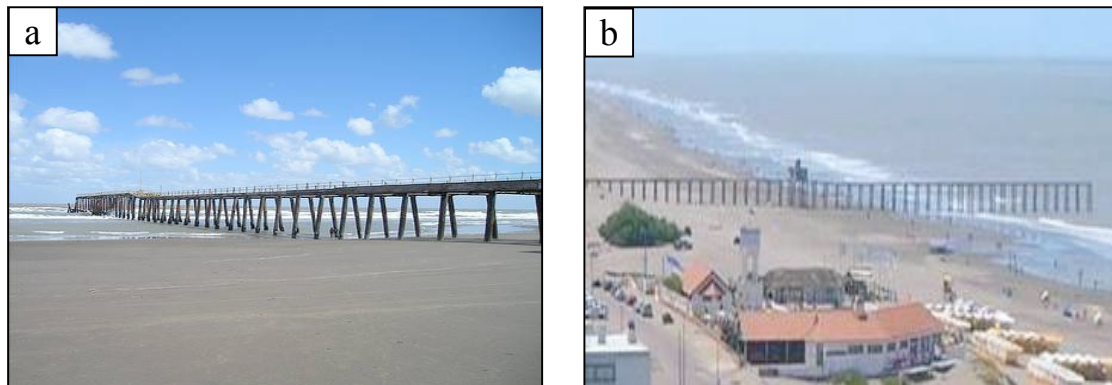
La ciudad balnearia de Monte Hermoso está situada sobre la costa en el SO de la Provincia de Buenos Aires, a 110 km de la ciudad de Bahía Blanca. La zona se caracteriza por la presencia de vientos cuya dirección dominante es del sector N, NO y NE (sector continental). Los que provienen del mar (S, SE y SO) son menos frecuentes, sin embargo son los de mayor intensidad. [1].



A principios de los '70, se construyeron dos espigones mediante el hincado de pilotes de hormigón armado: el denominado “espigón Oeste” diseñado para la actividad pesquera, y el “espigón Este” para el desagüe de los efluentes de la planta depuradora cloacal.

La construcción del espigón Oeste comenzó en noviembre de 1971 por iniciativa del gobierno provincial. Se construyó mediante el hincado de pilotes de hormigón armado de 0,50 m de diámetro, que sostenían una estructura de 230 m de longitud y 4 m de ancho. Terminaba en un morro o muelle de 20 m de largo que en el proyecto original, incluía la colocación de bancos para los pescadores, elementos para fijar cañas, refugios y baños. Los primeros pilotes tenían una altura de 7 m, mientras que los últimos 12 m, y se hincaron entre 3 y 4 m bajo el suelo, hasta alcanzar la capa de tosca (Fig. 1a).

Unos meses después de terminado el espigón Oeste, se comenzó con la construcción del espigón Este, de 200 m de longitud, ubicado en cercanías del Faro Recalada. Por dificultades en la construcción, el mismo no fue terminado (Fig. 1b).



**Figura 1. a:** Espigón Oeste, **b:** Espigón Este.

El ancho promedio de la playa en la ciudad de Monte Hermoso es de 270 m, pero en el sector céntrico de la rambla, construida sobre los médanos costeros, es de 130 m. La zona húmeda entre pleamar y bajamar es de 100 m y la altura de marea promedio es de 2,45 m. Por lo tanto, los pilotes de ambos espigones quedaban expuestos a un régimen de mareas semidiurnas y en la pleamar más alta, el espigón se situaba a 1,40 m sobre el nivel del agua [2], quedando expuesto a los vientos y a la brisa marina.

Cualquier estructura perpendicular a la línea de costa, interfiere en la deriva litoral interrumpiendo el desplazamiento natural de la arena sobre la misma. Esta situación genera una zona de acumulación de sedimentos a un lado de la obra y una de erosión al otro. El impacto que se origina es más pronunciado cuando estas obras son macizas del tipo escolleras. En el caso de estructuras abiertas como es el espigón de pilotes, el proceso acumulativo-



erosivo es atenuado y depende de las condiciones de incidencia del tren de olas sobre la playa.

Por ello, cuando se proyecta construir estructuras marítimas es muy importante realizar estudios previos de impacto ambiental. En el litoral bonaerense existen casos en los que se generaron serios inconvenientes de erosión, como en el caso de Mar del Plata y a lo largo de todo el Municipio de la Costa, con pérdidas de playas y deterioros en la infraestructura de la misma (avenidas costaneras, balnearios, paradores, desagües, ramblas, etc.). Estos efectos erosivos, se manifiestan tanto en la zona próxima a la obra como a varios kilómetros en el sentido de la deriva litoral. En el caso de las localidades balnearias desde Necochea hacia el NE de la provincia de Buenos Aires, que es la dirección dominante de la deriva litoral, la presencia de una obra marítima en cualquiera de ellas, puede afectar a las localidades vecinas dada la proximidad entre las mismas. De allí la importancia del conocimiento de las condiciones oceanográficas y meteorológicas de una localidad, así como las características sedimentológicas y mineralógicas de los sedimentos de las playas.

Desde el punto de vista de la durabilidad de la estructura de hormigón emplazada en este ambiente, que se caracteriza por la presencia de iones cloruros ( $Cl^-$ ), se puede situar a los pilotes en diferentes zonas de agresividad según el riesgo de deterioro por corrosión [3]. La primera línea de pilotes no tiene contacto directo con el agua de mar, recibe solamente las sales transportadas por vientos y brisas marinas. Una segunda línea de pilotes tiene un tramo que se encuentra sujeto a los niveles de marea alta y baja y el correspondiente ciclo de mojado y secado (zona de mareas). Por sobre este sector existe una zona en contacto directo con el agua de mar debido a las olas (zona de salpicaduras). Por último, algunos pilotes tienen tramos que se encuentran permanentemente sumergidos por debajo del nivel de marea baja (zona sumergida). En todos los casos, los pilotes tienen un tramo hincado en el fondo marino en contacto con suelos saturados (zona enterrada).

En el transcurso de su vida útil, la obra fue deteriorándose rápidamente, y ya en el año 1978 comenzaron las quejas de los usuarios del espigón Oeste por su falta de seguridad. Se observaron manchas de óxido, fisuras, desprendimientos del hormigón de recubrimiento y armaduras de refuerzo corroídas a simple vista. Se realizó una reparación parcial de los pilotes mediante encamisado de hormigón simple de 7 cm de espesor y, en algunos casos, un zuncho metálico de 12 cm de ancho, solución totalmente errónea, ya que el proceso de corrosión de las armaduras siguió generando tensiones en el hormigón y al poco tiempo, el propio encamisado se agrietó y desprendió. Los cabezales de pilotes y vigas superiores de ambos espigones también sufrieron un proceso corrosivo muy significativo, por lo que el 5 de noviembre de 2003 se colocó la faja de clausura definitiva. Finalmente en el 2008, luego que colapsara un tramo de vigas laterales en noviembre de 2007, se decidió la demolición de ambos espigones.





El propósito del presente estudio es analizar el estado de deterioro que presentaba el hormigón de los pilotes de ambos espigones al momento de su demolición, luego de una vida en servicio de más de 35 años, en un ambiente agresivo para el hormigón armado.

## Materiales y métodos

Se realizó un relevamiento y muestreo de las estructuras. Se tomaron dos muestras de hormigón de los pilotes del espigón Este (MEE1 y MEE2) y cuatro del espigón Oeste: una correspondiente al hormigón de un pilote que no tenía contacto directo con el agua de mar (MEW1), otra en la zona de salpicaduras (MEW2), otra en la zona enterrada o hincada (MEWH) y la última corresponde al hormigón del encamisado (MEWe).

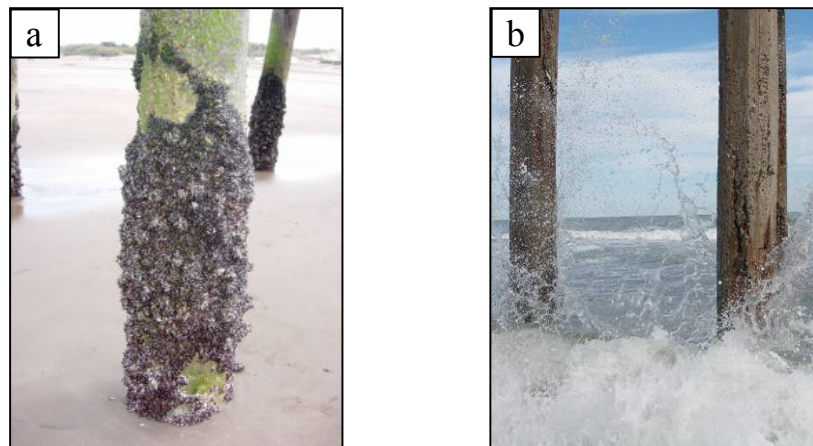
Sobre estas muestras se realizaron los siguientes ensayos físicos: densidad, absorción y porosidad, según lo establecido en norma ASTM C642-97 [4]; determinación de cloruros totales y solubles en agua, según norma IRAM 1857 [5]; determinación del pH y sulfatos solubles, según la norma IRAM 1647 [6]. En el caso de la muestra MEW1 se pudo realizar la determinación de cloruros a diferentes profundidades.

Complementariamente, se realizó un estudio petrográfico de los agregados y del hormigón. Se analizó el estado del mismo, en especial las zonas de contacto mortero-armadura y agregado-mortero y se analizaron los productos de oxidación.

Para los estudios petrográficos se utilizó estereomicroscopio y microscopio de polarización Olympus, trinocular, con cámara de video y programas computarizados para el tratamiento de imágenes y para el análisis de los productos de neoformación, un difractómetro de rayos X (Rigaku D-Max III - C con radiación de Cu K $\alpha$  y monocromador de grafito, con 35 Kv y 15 mA).

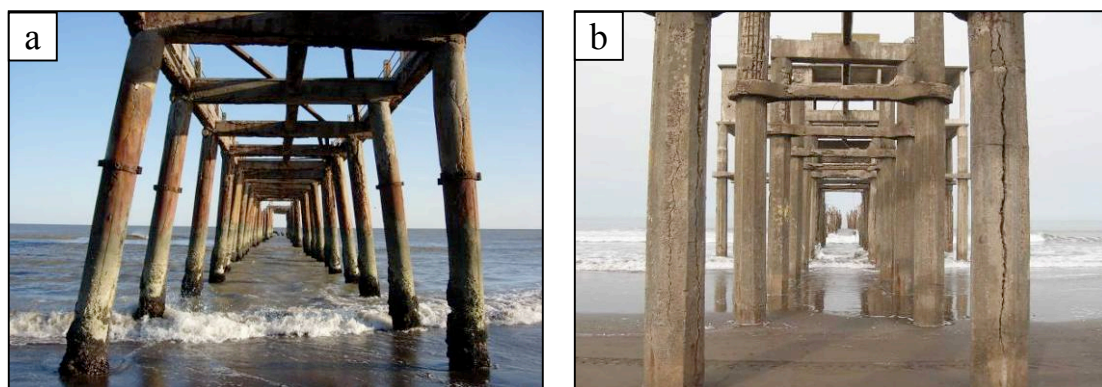
## Resultados y discusión

Durante el ciclo de bajamar, se observó en la parte inferior de los pilotes del espigón Oeste, la presencia de un alga verde *Enteromorpha* y mejillones adheridos al hormigón (Fig. 2a). Estos organismos degradan superficialmente a los materiales cementíceos sin comprometer el comportamiento en servicio de la estructura, pero se afecta notoriamente el aspecto estético y en algunos casos, la calidad del hormigón de recubrimiento [7]. Esta situación no se desarrolla en la zona de salpicaduras por encima de la zona de mareas (Fig. 2b).



**Figura 2.** a: Organismos adheridos en pilotes del espigón Oeste, b: Zona de salpicaduras en espigón Este.

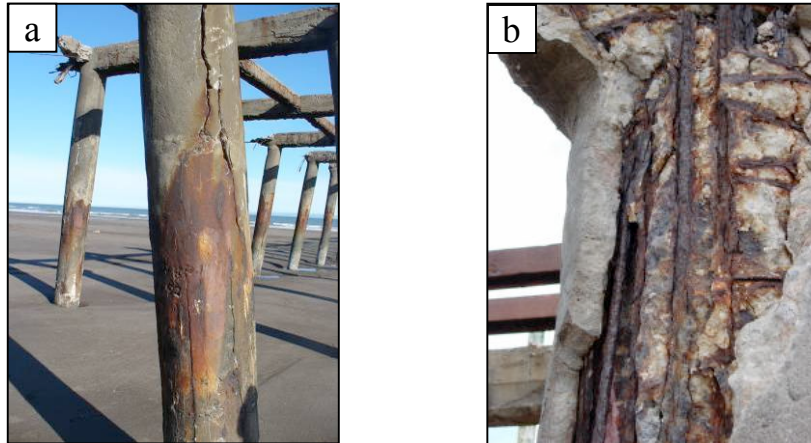
Se pudo apreciar a simple vista, dos zonas de coloración diferente: una superior en correspondencia con la zona de salpicaduras, con tonalidad parda rojiza y la zona de fluctuación de mareas, de color gris verdoso (Fig. 3a). La mayoría de los pilotes del espigón Este presentaban fisuras y grietas longitudinales, algunos con más de 4 cm de espesor, pero no se observó un cambio en la coloración (Fig. 3b). También los pilotes del espigón Oeste presentaban este tipo de fisuras y grietas, pero en este caso sobre el hormigón del encamisado (Fig. 4a).



**Figura 3.** a: Cambios de coloración en el espigón Oeste, b: Fisuras en el espigón Este.

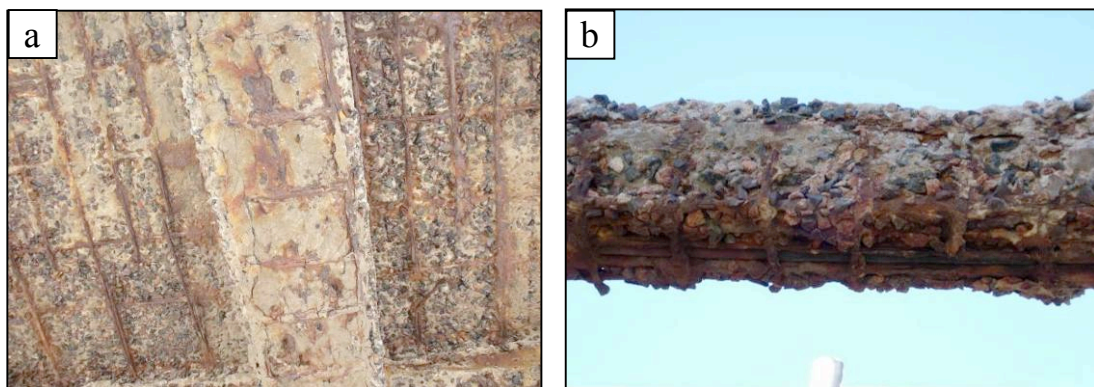
En varios pilotes se produjo el desprendimiento del hormigón de recubrimiento debido al proceso corrosivo de sus armaduras, dejando a la vista la reducción de las secciones de las barras o su ausencia y el característico color pardo oscuro de los productos de oxidación. Inclusive, tal deterioro se produjo en aquellos pilotes que fueron reparados mediante un encamisado de hormigón simple (Fig. 4b). En uno de los pilotes se observó el tramo superior totalmente cercenado.





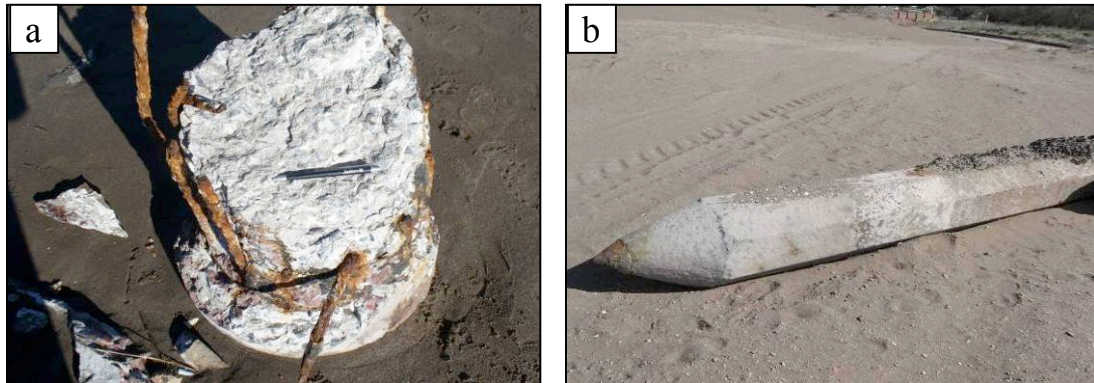
**Figura 4. a:** Fisuras en el encamisado (espigón Oeste), **b:** Desprendimiento del hormigón del encamisado y armaduras a la vista (espigón Oeste).

También fue posible observar un proceso de alteración del hormigón de recubrimiento en vigas y losas (Fig. 5a). En algunos casos se observó la ausencia total de mortero cementíceo dejando al agregado grueso (piedra partida) expuesto y sin pasta que lo aglutine (Fig. 5b). Esta sintomatología es característica de la agresión química y/o físicoquímica de los sulfatos que alteran la matriz cementícea, unida a una calidad deficiente del hormigón por una inadecuada dosificación y/o ejecución.



**Figura 5. a:** Viga y losa afectada, **b:** Viga atacada (espigón Oeste).

Una vez demolidos ambos espigones, se pudo observar el estado de los pilotes que fueron removidos. El núcleo central de los pilotes, en el tramo correspondiente a la zona de mareas, se encontraba en perfecto estado de conservación (Fig. 6a). El tramo correspondiente a la zona enterrada o de hincado, no presentaba manchas de corrosión aflorando sobre la superficie del hormigón y en las puntas de los pilotes se observaron conos de hierro en un estado aceptable, sin signos importantes de corrosión (Fig. 6b).



**Figura 6.** a: Núcleo central (espigón Oeste), b: Zona de hincado (espigón Este)

Respecto a la incidencia de las estructuras en la dinámica de playa, se ha comprobado, que en este caso en particular, no se generaron zonas típicas de acumulación y erosión. Ello es debido a que el tren de olas sobre la playa es, en términos generales, paralelo a la línea de costa. Esta característica es la que determina que la deriva litoral no presente una dirección predominante neta y por lo tanto no se produzcan alteraciones perjudiciales en la línea de costa que afecten la infraestructura existente sobre la misma. Por lo expuesto, ante la eventual construcción de estructuras similares en la localidad balnearia, es aconsejable el proyecto de espigones mediante pilotes, previo estudio de las condiciones oceanográficas, ya que las estudiadas en este trabajo no han generado impactos ambientales negativos.

### Ensayos físicos

Los resultados de las determinaciones de densidad (saturado superficie seca), absorción y porosidad del hormigón de las muestras estudiadas, se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Densidad, Absorción y Porosidad

Muestras	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Porosidad (%)
MEE1	2,41	6,4	14,5
MEE2	2,66	6,3	15,8
MEW1	2,18	8,8	17,7
MEW2	2,19	7,1	16,4
MEWH	2,49	6,2	17,8
MEWe	2,18	7,9	16,5



El valor de densidad de la muestra MEE2 es algo elevado, presentando productos de oxidación adheridos lo cual pudo aumentar la densidad final del conjunto. La densidad en las muestras MEW1, MEW2 y MEW3 son relativamente bajas, lo cual estaría indicando la existencia de alteraciones en la masa del material debido a procesos de degradación o a patologías constructivas, que hayan originado una elevada porosidad por deficiencias de compactación.

En todos los casos, los valores de porosidad son elevados [8] e indican un hormigón con altas probabilidades de desarrollar patologías debido a la facilidad que presenta para el ingreso de sustancias nocivas desde el medio exterior, en particular, de cloruros ya que se trata de un ambiente marino.

Las determinaciones de cloruros totales y libres (referidos al peso del hormigón), de sulfatos solubles expresados en  $\text{SO}_3$  y pH se detallan en la Tabla 2. Para el caso de la muestra MEW1 se indican tres valores de cloruros totales y libres que corresponden a las tres diferentes profundidades en las que se realizaron las mediciones: la primera desde la superficie hasta 5 mm de profundidad, la segunda de 5 mm a 10 mm y la tercera de 10 mm a 15 mm.

**Tabla 2:** Cloruros totales y libres, sulfatos solubles y pH.

Muestras	Cloruros Totales (%)		Cloruros libres (%)	Sulfatos Solubles (%)	pH
MEE1	0,404		0,395	0,184	11,3
MEW1	0-5 mm	0,243	0,243	0,109	12,1
	5-10 mm	0,208	0,202		
	10-15 mm	0,238	0,238		
MEW2	0,967		0,885	---	---
MEWH	0,468		0,466	0,150	11,3

Se observa que el contenido de cloruros totales y libres (solubles en agua) para cada una de las muestras, son similares. Se puede suponer que tienen un ingreso posterior al fraguado del hormigón y que no se han fijado en la estructura, o bien, que al ser incorporados con alguno de los componentes del hormigón se hayan fijado y posteriormente, la pérdida de alcalinidad por carbonatación o la presencia de sulfatos, haya originado la liberación de los cloruros fijos. Desde el punto de vista de la durabilidad de las armaduras de refuerzo, un elevado porcentaje de cloruros libres es la situación más comprometida, ya que son éstos los que están disponibles para participar del proceso corrosivo.





En toda la costa atlántica es habitual el uso de las arenas de playa como agregado fino. De un estudio realizado en diferentes localidades de la Provincia de Buenos Aires, se determinó que la arena de la playa de Monte Hermoso presenta el valor más elevado de cloruros solubles (0,12 %) [3]. En el caso de la arena utilizada en el hormigón de ambos espigones, se pudo corroborar mediante el correspondiente análisis petrográfico, que es de origen marino y con características litológicas similares a la de la playa de Monte Hermoso. Como consecuencia de utilizar la arena de playa como agregado fino se puede suponer que se han incorporado cloruros en la mezcla fresca y parte de éstos han sido fijados por los compuestos del cemento hidratado.

Dado que el contenido de cloruros totales y libres en todas las muestras estudiadas es similar, es posible concluir que se ha producido una liberación de cloruros ligados debido a la pérdida de alcalinidad por carbonatación o bien, por la presencia de sulfatos.

El mayor valor de cloruros totales corresponde al hormigón de la muestra MEW2 de la zona de salpicaduras, y el menor a la MEW1 de la zona seca. El resultado de cloruros de la muestra MEWH es alto, pero no está acompañado de un proceso corrosivo avanzado de las armaduras debido a la poca disponibilidad de oxígeno en la zona de hincado, el cual resulta necesario para que el proceso corrosivo se desarrolle.

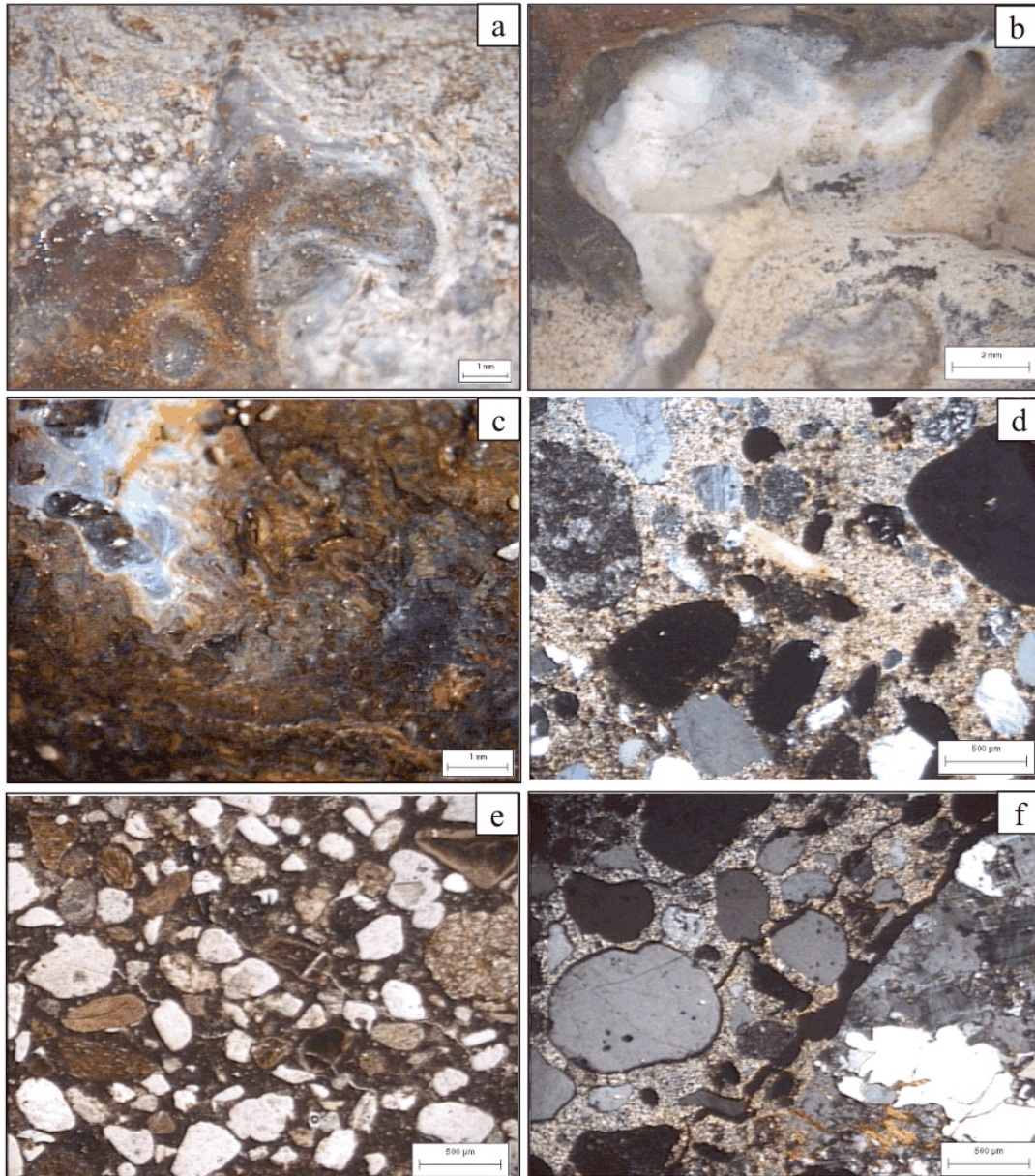
En lo que respecta al perfil de ingreso de cloruros determinado en la muestra MEW1, los valores obtenidos son muy similares en las 3 profundidades, por lo que no se detecta claramente el proceso de difusión. Se puede plantear, entonces, una colmatación de cloruros, siendo el diagrama prácticamente horizontal.

El contenido de sulfatos determinado sobre muestra total es bajo. Sin embargo, teniendo en cuenta que el ión sulfato presenta una agresividad desde exterior al interior del hormigón, es posible que los valores en la superficie sean mayores y hayan alterado al hormigón, particularmente en aquellos casos que presentan deficiente ejecución.

## **Petrografía**

Los dos espigones estudiados fueron realizados con una arena natural de origen marino, constituida en forma predominante por rocas volcánicas, con cuarzo, feldespato, rocas graníticas y valvas carbonáticas subordinadas. Se identificaron además minerales opacos, trizas de vidrio volcánico y piroxenos. El agregado grueso es una piedra partida granítica en el espigón Este y además de esta roca se identificaron metamorfitas en el espigón Oeste.

Con estereomicroscopio se observaron los materiales de neoformación (Fig. 7a y b), los que fueron analizados por DRX.



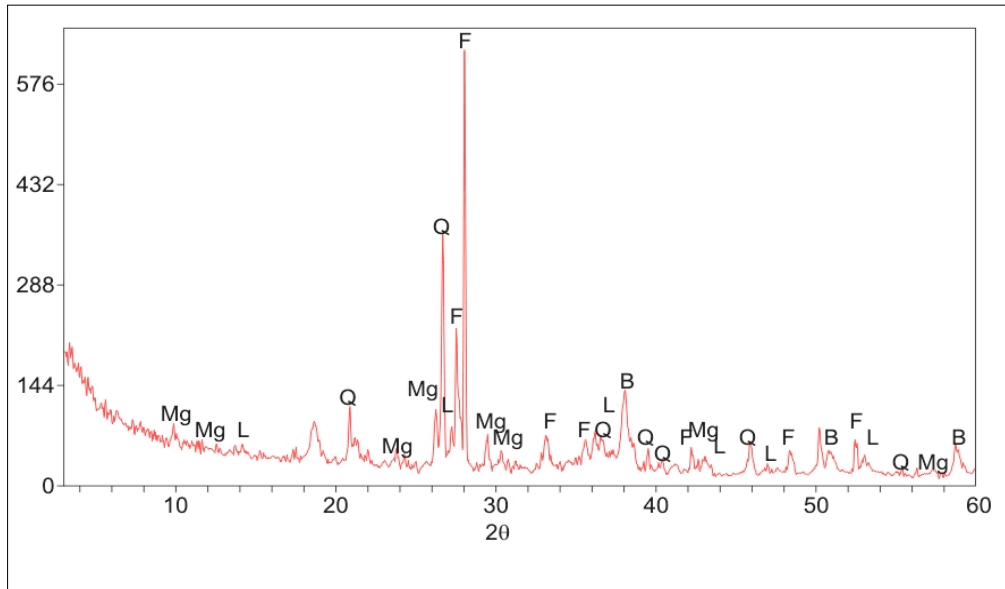
**Figura 7. a, b y c:** Productos de neoformación desarrollados sobre la superficie del hormigón y en zona de interfase con la armadura. **d:** Hormigón del espigón Oeste visto al microscopio con nicols cruzados. Se observa fuerte carbonatación. **e:** Material de recubrimiento del espigón Oeste (con luz paralela). **f:** Carbonatación e intenso microfisuramiento (espigón Este).

En la Fig. 8 se muestra el resultado del material blanquecino. Se identificó brucita (B) ( $Mg(OH)_2$ ) y sulfatos y carbonatos de magnesio hidratados (Mg), con cantidades subordinadas de lepidocrocita (L) ( $FeOOH$ ), correspondiente al producto de oxidación de la armadura. El cuarzo (Q) y feldespato (F) corresponden al agregado fino. En la Fig. 9 se muestra el

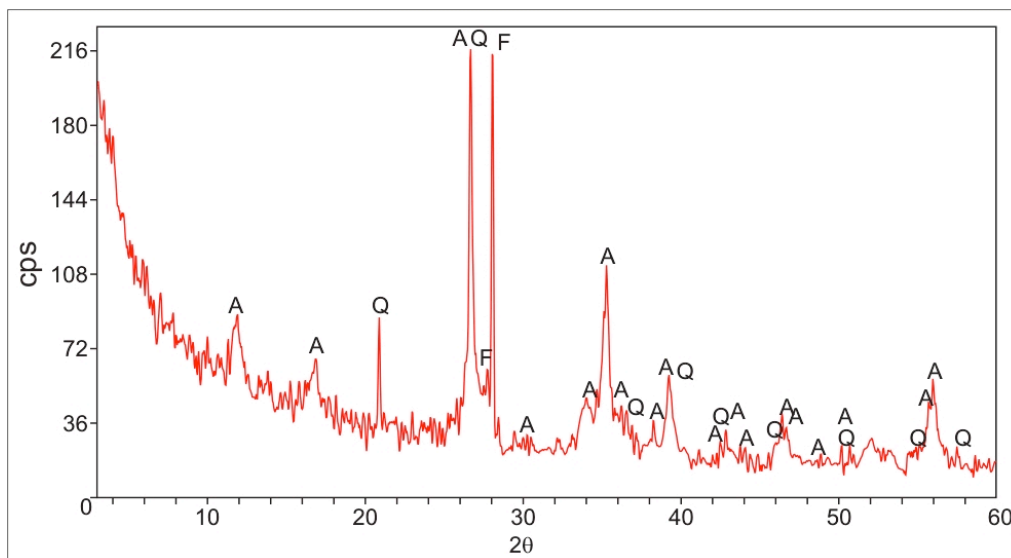




resultado del análisis del material rojizo producto de la oxidación de la armadura (Fig. 7c). Se trata de akaganeita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) (A). Las reflexiones de cuarzo (Q) y feldespato (F) corresponden a material del agregado.



**Figura 8:** Material blanquecino. B: brucita; Mg: sulfato de magnesio; Q: cuarzo; F: feldespato; L: lepidocrocita.



**Figura 9:** Producto de oxidación. A: akaganeita; Q: cuarzo; F: feldespato.

Se realizaron cortes delgados para su estudio con microscopio de polarización sobre secciones delgadas. En la Fig. 7d se muestra un sector del espigón Oeste con fuerte carbonatación. Hay cavidades de aire accidental rellenas con ettringita. Los contactos agregado mortero son netos, no hay microfisuramiento. No se observaron evidencias del desarrollo de reacciones deletéreas.





En la Fig. 7e se muestra el mortero del encamisado. Puede observarse que la arena tiene la misma composición que el hormigón. Se observa escaso microfisuramiento aunque las fisuras siempre están vacías y no llegan a afectar a las partículas de los agregados. La Fig. 7f corresponde al hormigón del espigón Este. Se observa fuerte carbonatación superficial y marcado microfisuramiento, que no afecta a las partículas de los agregados. Se observa que la partícula del agregado grueso (piedra partida granítica) aparece separada del mortero.

## Conclusiones

- La patología desarrollada en los espigones de la localidad de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires, expuestos a un ambiente de alta agresividad por el contenido de cloruros, se atribuye a un proceso de corrosión de las armaduras debido a su presencia. Los cloruros determinados experimentalmente en el hormigón, indican que se hallan en cantidades significativas, para despasivar las armaduras y dar inicio al proceso corrosivo.
- Los valores de porosidad como así también de densidad, indican un hormigón de baja calidad que ha favorecido el ingreso de cloruros en el hormigón endurecido, desde el ambiente exterior. También se han incorporado cloruros en la mezcla fresca, a través del uso de la arena de playa como agregado fino.
- Dado que el contenido de cloruros totales y libres en todas las muestras estudiadas es similar, es posible concluir que se ha producido una liberación de cloruros ligados debido a la pérdida de alcalinidad por carbonatación y/o por la presencia de sulfatos, los que fueron identificados por DRX.
- En ambos espigones se ha corroborado que el sector más deteriorado de los pilotes coincide con la zona de salpicaduras, mientras que el sector de hincado es el que se ha mantenido en perfecto estado de conservación debido a la deficiencia en la cantidad de oxígeno necesario para el desarrollo del proceso corrosivo.
- Las patologías que han presentado los espigones luego de una vida en servicio del orden de 35 años, aunque ya a los 20 años presentaban algunos problemas, muestran claramente la necesidad de ejecutar hormigones que reúnan las condiciones necesarias para una durabilidad adecuada. Esta situación es particularmente crítica cuando se construye en ambientes de extrema agresividad para el hormigón armado como son los ambientes marinos.
- Las estructuras analizadas no han modificado la dinámica de playa, ya que no se generaron zonas típicas de acumulación y erosión. Ante la eventual construcción de estructuras similares en la localidad balnearia de Monte Hermoso, resulta aconsejable la ejecución de espigones mediante pilotes.



## Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento de Ingeniería, Departamento de Geología y a la SECyT de la Universidad Nacional del Sur, a la CIC y al CONICET por el apoyo brindado para el desarrollo de estas investigaciones y al Sr. Rodolfo Salomón por la colaboración en la compaginación de las fotografías.

## Referencias

- [1] E. Fernández, J. Caló, A. Marcos y H. Aldacour: *Interrelación de los ambientes eólico y marino a través del análisis textural y mineralógico de las arenas de la playa de Monte Hermoso, Argentina*. AAS Revista 10(2) (2003). pp. 151-162.
- [2] E. Fernández, A. Marcos, J. Caló y H. Aldacour: *Balance sedimentario, parámetros meteorológicos y oceanográficos en un sector de la playa de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires*. Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas, GEOACTA 3. (2006). pp. 11-22.
- [3] L. Traversa. *Corrosión de armaduras en atmósferas rurales, urbanas, marinas e industriales*. Durabilidad del hormigón estructural. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. (2001). pp 217-257.
- [4] ASTM C642-97: *Standard test method for density, absorption and voids in hardened concrete*. American Society for Testing and Materials. (1997) pág. 3.
- [5] IRAM 1857: *Hormigón de cemento portland. Determinación del contenido de ión cloruro en el hormigón*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2000) pág. 17.
- [6] IRAM 1647: *Agregados para hormigón de cemento portland. Métodos de ensayo*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1994) pág. 20.
- [7] C. Priano, P. Leonardi, L. Señas, S. Marfil: *Biodeterioro en estructuras de hormigón en ambientes urbanos, rurales y marinos de la provincia de Buenos Aires*. III Congreso Internacional 17º Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, Córdoba (2008). pp. 241-248.
- [8] Manual DURAR: *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED (1998) pág. 208.