



12-14 de Noviembre del 2012
Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa

CARBONATACIÓN EN CHIMENEAS DE CONCRETO REFORZADO DE PLANTA SIDERÚRGICA

F. Almeraya Calderón^{1,2}, A. Borunda T², V. Orozco C², J. Lugo C², J. G. Chacón², P. Zambrano R¹, J.P. Flores², A. Martínez Villafañe², C. Gaona Tiburcio¹,

¹ *Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, FIME Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica, CIIIA*
Carretera a Salinas Victoria Km. 23. Apocada. Nuevo León. México.

² *Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C / Grupo Corrosión*
Miguel de Cervantes # 120, Complejo Industrial Chihuahua. Chihuahua, Chih., México.
E-mail: facundo.almeraya@cimav.edu.mx

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la inspección y monitoreo por corrosión en una estructura de concreto reforzado (Chimeneas en Ambiente Marino). Las técnicas empleadas en el estudio fueron: *Resistencia a la Polarización Lineal* en lo que respecta a la cinética y *Medición de Potenciales* para la parte termodinámica; así como la medición de la *Resistividad del suelo* en diversas zonas de la estructura. Las chimeneas tienen una altura de 80 y 120 m y se encuentran en ambiente marino. Adicional a las pruebas de corrosión se realizaron análisis por carbonatación y % de cloruros. Se llegó a la conclusión que los potenciales de corrosión presentan incertidumbre bajo el criterio de ASTM C876 y con la referencia de DURAR hay corrosión localizada y el riesgo de daño es de moderado a alto. En cuanto al nivel de corrosión es elevado en ciertas zonas y niveles. La carbonatación es elevada y en nivel de cloruros es bajo.

Palabras Clave: Corrosión, Monitoreo, Estructuras, Carbonatación, Cloruros.

INTRODUCCIÓN.

El concreto armado es uno de los materiales más usados en la construcción, para la elaboración de muchas estructuras como pueden ser [1-2]:

- Elementos estructurales de edificación e Infraestructura.
- Puentes de concreto.
- Muros de contención.
- Uso Concreto armado en Túneles.
- Pavimentos Rígidos.
- Obras de drenaje.
- Presas.
- Silos de concreto armado.
- Tanques de concreto armado para almacenamiento.

Hoy en día en México los diseños de dichas estructuras se basan en mecanismos de fallas dúctiles generados por distintos esfuerzos en las estructuras. Sin embargo, dichas estructuras están sometidas otros factores distintos a los que fueron diseñadas, los cuales de una u otra forma afectan en la vida útil de la misma, deteriorando tanto el concreto como el acero que la componen.

El desconocimiento de cómo afectan estos factores a la estructura puede conducir a problemas críticos de corrosión y degradación en el interior concreto armado, lo que puede producir daños irreparables como pueden ser [3-4]:

- Grietas.
- Vibraciones.
- Deformaciones.
- Colapsos.

Es importante tener conocimiento algunos de los distintos factores que pueden afectar la vida útil de una estructura de concreto, y los daños producidos pueden ocasionar grandes pérdidas económicas, humanas y materiales.

El objetivo de este trabajo fue realizar una Inspección, Evaluación y diagnóstico de Corrosión en estructuras de concreto reforzado (chimeneas de la industria Siderúrgica), en Lázaro Cárdenas, Michoacán.; empleando técnicas electroquímicas de resistencia a la polarización y potenciales de corrosión así como pruebas químicas como carbonatación y % de cloruros..

METODOLOGIA EXPERIEMNTAL

El alcance de este trabajo se baso inspeccionar las chimeneas y definir los sitios a evaluar, posteriormente se realizaron pruebas de corrosión y químicas en las zonas de interés acordadas con la empresa afectada.

El alcance del proyecto solo contempla los sitios marcados en la figura 1.

- Evaluación por corrosión en las zonas indicadas en el plano anexo.
- Técnicas a emplear
- Mapeo de potenciales de corrosión ASTM C876
- Determinación de Cloruros y Carbonatación
- Medición de pH del concreto.



a)



b)

Figura 1. a) Chimenea de la planta de Coque y b) Chimenea de la planta de Peletizado.

Se acordó llevar a cabo el monitoreo de corrosión en los niveles 0.0-2 y 25-27 m. para la chimenea de peletizado y en el nivel 4-6 m. y 30-32 m. para la chimenea de la coquizadora.

Chimenea	Nivel (Metros)
Coquizadora	4-6
	30-32

Peletizadora	0.0-2
	25-27

1. RESULTADOS

Inspección a la estructura:

Durante la inspección preliminar se reviso la chimenea de la planta Peletizadora de la empresa siderurgica. La cual cuenta con 35 años de operación.

En la Chimenea, se encontró que hay zonas con deterioros bastante severos, donde el concreto presenta una mala calidad, además de observarse corrosión en la varilla de acero, cuando el concreto ya no sirve como barrera protectora (foto 1).

Del nivel 0.0 m. se observan deterioros en el concreto, teniendo principalmente agrietamientos en el mismo. A partir de la primer plataforma (aproximadamente 25 m.) los deterioros del concreto y de la varilla de acero se ven más notorios, además se puede ver que existe un mayor deterioro y desprendiendo del concreto en el lado Sur y Oriente, siendo menor en la zona norte (ver foto 2).

La chimenea ha tenido varias reparaciones en el concreto a través de parcheos, los cuales se realizaron a raíz del desprendimiento del concreto como consecuencia de las condiciones climatológicas prevalecientes en la región; temperatura, humedad relativa y presencia de gases de los procesos.

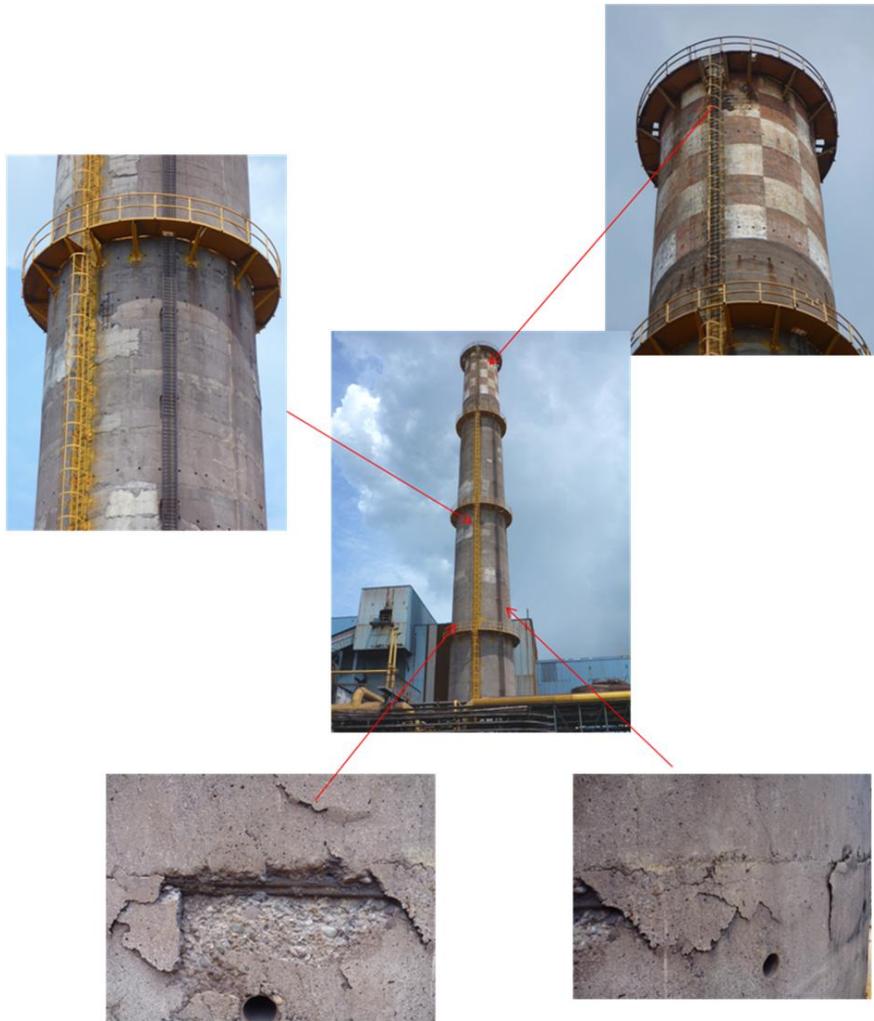


Foto 1. Deterioros en la Chimenea de la Planta Peletizadora

En la chimenea de la coquizadora, se encontró que el concreto no es de muy buena calidad, existen muchos agrietamientos en la estructura, se observa desconchamiento del concreto, en algunas zonas hay presencia de corrosión.



Foto 2. Chimenea de la planta Peletizado, deterioros generales en función de los puntos cardinales

En la foto 3, se puede observar que cuando se realizo un orificio a la chimenea (nivel 4 m.) la varilla presenta oxidación, debido a la temperatura de los gases y por otro lado las condiciones climatológicas de la región.



Foto 3. Deterioros en la Chimenea de la Planta Coquizadora

Potenciales de Corrosión:

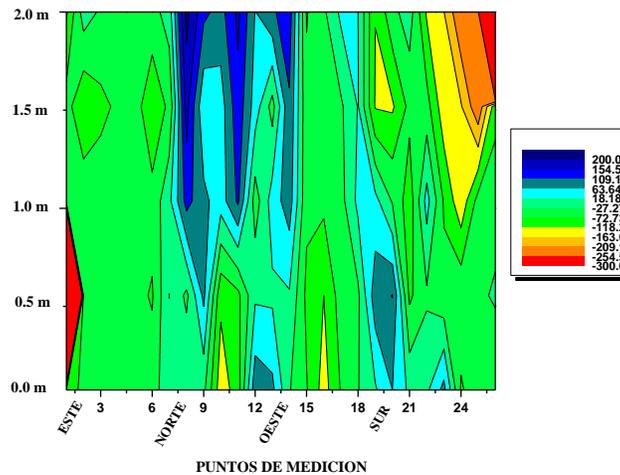
La interpretación de los potenciales de corrosión se realiza con base a la norma ASTM C-876 [3] ver tabla 1.

Tabla 1. Potenciales de corrosión con base a ASTM C-876

Potencial E_{corr} (mV)	Riesgo de Daño
< -200	10 % de probabilidad de corrosión
-200 a -350	Cierta incertidumbre
> -350	90 % de probabilidad de corrosión

El análisis de los diagramas de isopotenciales obtenidas durante el monitoreo por corrosión a las chimeneas, se realizó de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos por la norma ASTM C-876 y a criterios establecidos por organismos internacionales como el DURAR [4].

En el Nivel 0.0 – 2 m. (gráfica 1) se tienen potenciales entre +100 y -120 mV del nivel cero hasta los 2 m de altura, cubriendo los 4 puntos cardinales (Norte, Este, Sur y Oeste). Estos potenciales se encuentran en un grado de 10 % de probabilidad de corrosión, de acuerdo con el criterio de ASTM C876. Y solamente en la altura de los 2 m. en el lado Sur 1 m en el lado Este, se tienen potenciales por debajo de los -250 mV teniendo incertidumbre en estas zonas, como lo indica ASTM C876.



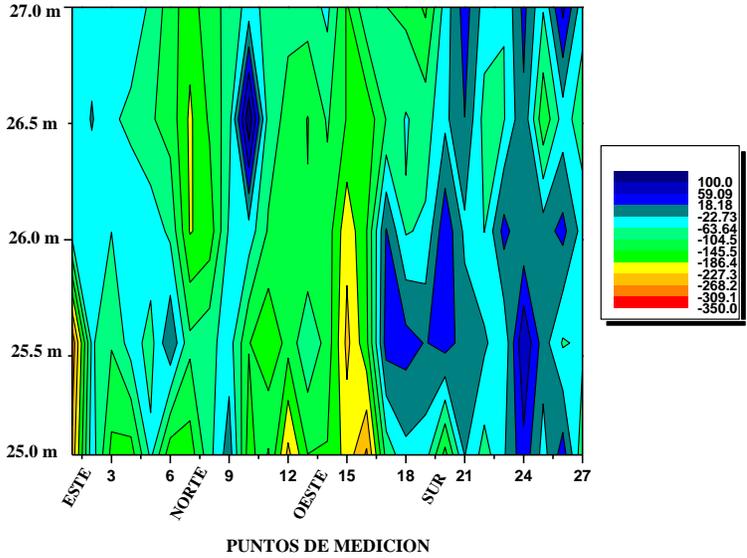
Grafica 1. Isopotenciales de Corrosión de la Chimenea de la Planta Peletizadora. Nivel 0.0 – 2 m.

En la gráfica 2, Nivel 25 - 27 m. se tiene potenciales positivos entre +20 y -150 mV, lo cual indicaría que el acero está pasivado representando solamente un 10 % de probabilidad de corrosión, conforme ASTM C876. Pero hay valores del potencial que están por debajo de los -250 mV situados en el lado Oeste.

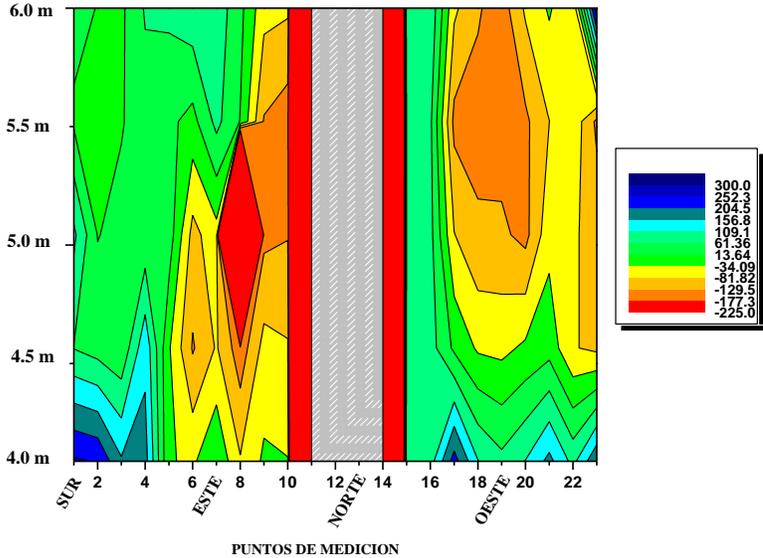
En las gráficas 3-4, se pueden observar los diagramas de isopotenciales para la Chimenea de la planta Coquizadora.

En el Nivel 4-6 m. (gráfica 2) se tienen potenciales entre +10 y -250 mV. Del nivel 4 m. hasta los 6 m de altura, cubriendo casi todos los 4 puntos cardinales (Norte, Este, Sur y Oeste). Estos potenciales se encuentran en un grado de 10 % de probabilidad de corrosión a incertidumbre, de acuerdo con el criterio de ASTM C876. Y solamente en el lado Sur 1 m, se tienen potenciales por debajo de los -250 mV teniendo 90% de probabilidad de corrosión en estas zonas, como lo indica ASTM C876.

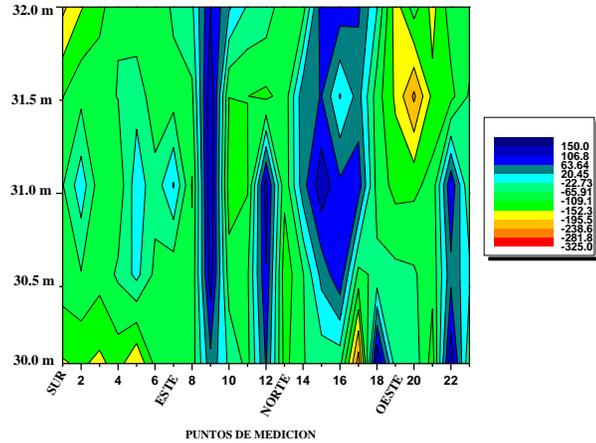
En la gráfica 3, Nivel 30-32 m. se tiene potenciales desde -20 hasta -350 mV, lo cual indicaría que el acero esta ya está activo representando incertidumbre y 90% de probabilidad de corrosión, conforme ASTM C876.



Grafica 2. Isopotenciales de Corrosión de la Chimenea de la Planta Peletizadora. Nivel 25 -27 m.



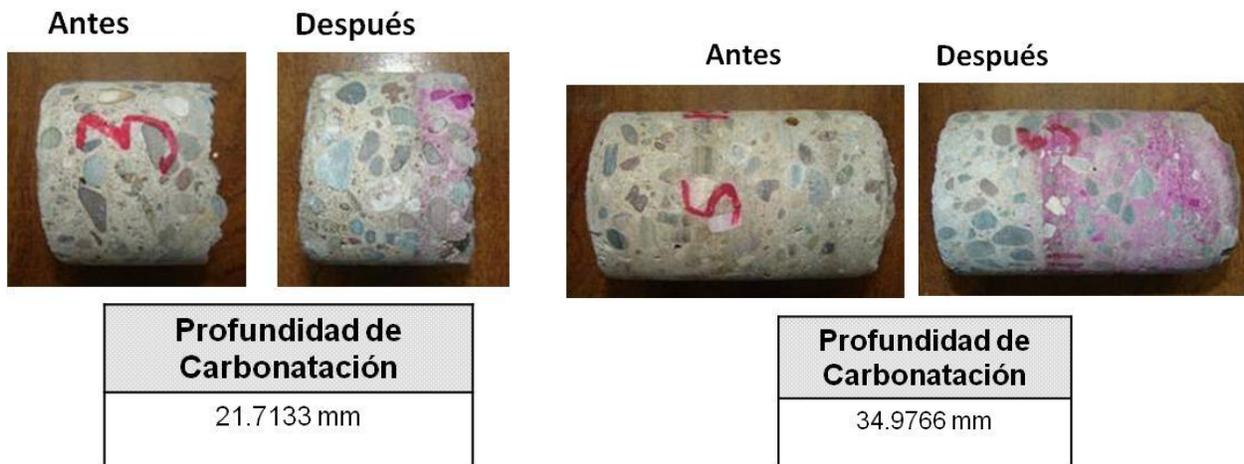
Grafica 3. Isopotenciales de Corrosión de la Chimenea de la Planta Coquizadora. Nivel 4 – 6 m.



Grafica 4. Isopotenciales de Corrosión de la Chimenea de la Planta Coquizadora. Nivel 30 - 32 m.

Carbonatación:

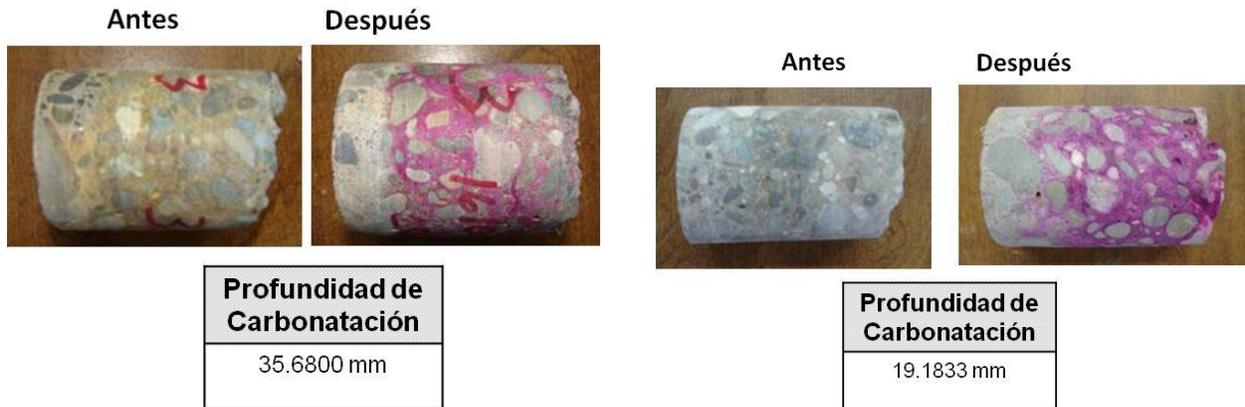
La profundidad de carbonatación obtenida (por medio del método de la fenolftaleína) de los testigos evaluados en diferentes zonas y alturas de la estructura, presenta problemas de carbonatación. Estos resultados indican que el concreto ya no cuenta con propiedades adecuadas para detener los agentes agresivos del ambiente. De acuerdo a los valores de pH obtenidos en algunas muestras de concreto indican una disminución de pH 13 a pH 8-9.



a)

b)

Foto 4. Profundidad de Carbonatación. Chimenea Peletizadora (Nivel Base), a) Testigo 3 y b) Testigo 5.



a)

b)

Foto 5. Profundidad de Carbonatación. Chimenea Coquizadora (Nivel 4-6 m.), a) Testigo 3 y b) Testigo 10

Porcentaje de Cloruros:

Los valores obtenidos de los cloruros en los diferentes sitios de la estructura, no rebasan no rebasan el 0.15 % de los mismos. Por lo cual la estructura no es afectada por este tipo de agentes corrosivos.

CONCLUSIONES

- En términos de “durabilidad” la estructura se encuentra en condiciones desfavorables para desempeñar las funciones para las que fue construida por estar carbonatada.
- Los potenciales de corrosión de acuerdo con ASTM C-876, se tiene incertidumbre y bajo los criterios de DURAR representa una corrosión localizada y el riesgo de daño es de moderado a alto.
- El nivel de corrosión es considerado elevado en ciertas zonas.
- La profundidad de carbonatación obtenida de los testigos indican que la mayoría de la estructura, presenta problemas de carbonatación, por lo cual ya perdió su alcalinidad.
- Los valores obtenidos de cloruros están por debajo del límite establecido, solamente algunas muestras alcanzaron 0.1 %.

Agradecimiento.

Los autores agradecen el apoyo a la UANL y al proyecto Promep /103.5/12/3585.(UANL-PTC-562).

REFERENCIAS

1. Castro B. P y Sanjuán B. M.A. Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto. IMCYC Primera Edición 2001. pp. 1-2.
2. Nieves Mendoza D., (et al) Corrosion No.12 Vol. 64. 920-928
3. Andrade C. (1989). *“Manual-Inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras,”* Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
4. Keer J. G. (1992). Surface treatments. En *“Durability of Concrete Structures- Investigation, repair, protection,”* Mays G. (Editor), E&F Spon, Londres, Reino Unido, pp. 143-157.
5. ASTM C-876 (ASTM C876-91 (reapproved 1999) Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete)
6. DURAR (Manual de Inspección, Evaluación y Diagnostico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado. DURAR Red Temática XV.B Durabilidad de la Armadura. CYTED, (1997).
7. ASTM Standard G 57. “Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method”