



SISTEMA DE REPARACIÓN ANTICORROSIVA MEDIANTE EL USO DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS (MCI).

Autor:
Jesús Orte Crespo
Director Técnico
Dpto. Químico
Quimilock s.a.

Palabras clave: Corrosión, inhibidor, MCI, VCI.

1.- INTRODUCCIÓN.

Cualquier nueva estructura de hormigón reforzado está diseñada para tener una vida en servicio adecuada para la funcionalidad prescrita. Desafortunadamente, muchas estructuras no llegan a alcanzar este objetivo, precisando una reparación costosa y un mantenimiento de protección en el futuro.

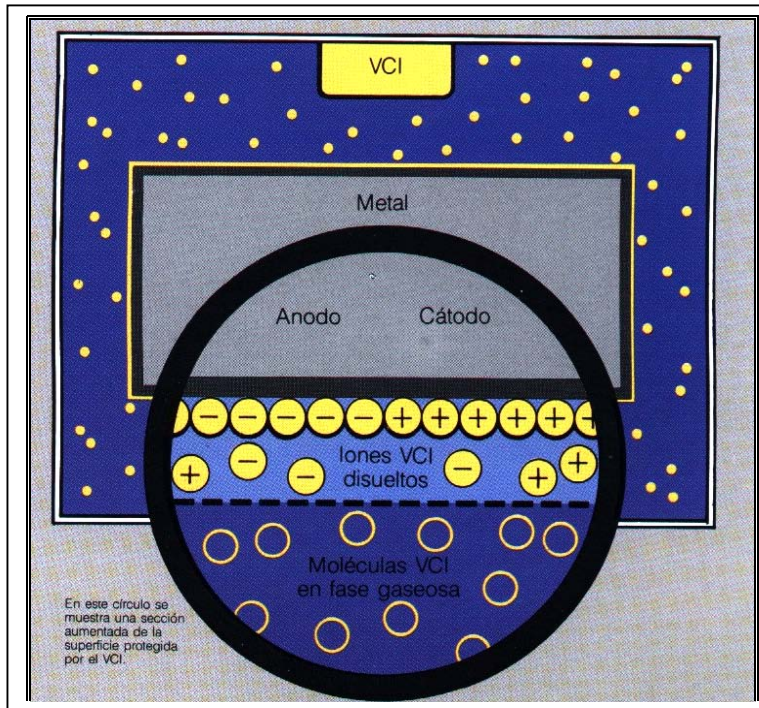
En este aspecto interesa, una vez se no queda más remedio que acometer una reparación, solucionar esta de manera que la durabilidad de la misma sea la mayor posible; en este aspecto son de gran utilidad cualquiera de los sistemas añadidos que se pueden utilizar para estos casos. En el presente escrito vamos a abordar la subsanación y prevención de los problemas derivados de la corrosión mediante el uso de inhibidores de corrosión migratorios para dar solución a los problemas que en este campo sufre el hormigón armado por los efectos corrosivos cuyos orígenes son la carbonatación y los iones cloruro principalmente.

Por años, han existido diferentes opciones de protección. Un amplio rango de inhibidores de corrosión están disponibles en estos momentos, siendo divididos en grupos en función de su aplicación y del tipo de proceso de corrosión existente.

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA MCI/VCI.

El inhibidor de corrosión migratorio, es la denominación utilizada para el hormigón armado de un tipo de grupo de inhibidores más grande llamados inhibidores de corrosión en fase vapor, VCI.

El sistema de protección de este tipo de productos es bastante sencillo, existe un dispositivo portador del VCI que desprende un vapor dentro de un espacio concreto donde se encuentra el metal a proteger, este vapor se deposita sobre la superficie metálica adsorbiéndose sobre la misma y formando una capa monomolecular sobre las áreas anódica y catódica, esta capa limita el acceso de cualquier atacante externo, aumentando la concentración crítica de adespasivante necesaria para que surja la corrosión.



1.- Esquema que muestra de un modo gráfico el mecanismo de actuación de las moléculas de VCI/MCI sobre la superficie metálica. Se detalla la ordenación a modo de capa monomolecular, en la cual, se disponen cada una de las moléculas de que han condensado sobre la superficie y se han quimiadsorbido.

Este tipo de inhibidores de la corrosión son usados en numerosos campos, utilizando para ellos diferentes portadores, buscando siempre la mejor adaptación posible para que sea su uso más sencillo; existen papeles y plásticos de embalaje, fluidos de corte, aditivos para el agua, aceites, capsulas para cuadros eléctricos, etc.



2.- Emisor protector VCI para cuadros eléctricos.



3.- Plástico protector VCI para envío marítimo y almacenaje.



3.- INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS.

Los Inhibidores de corrosión migratorios son productos generalmente basados en la química del aminocarboxilato y del aminoalcohol, estos inhibidores de corrosión mixtos (impiden la reacción en el ánodo y en el cátodo) bajo condiciones normales presentan una fase vapor que es controlada por la estructura del compuesto y el carácter de la cadena de átomos de la molécula. El vapor protector se expande dentro la estructura porosa del hormigón hasta que el equilibrio determinado por su presión vapor es alcanzado, en ese momento condensa formando dando lugar a una reacción de adsorción sobre la armadura que impide los procesos de corrosión (esta presión vapor oscila entre 10^{-3} a 10^{-5} mm Hg).

Seguidamente se expone un pequeño resumen que diferencia de forma básica ambas formulaciones.

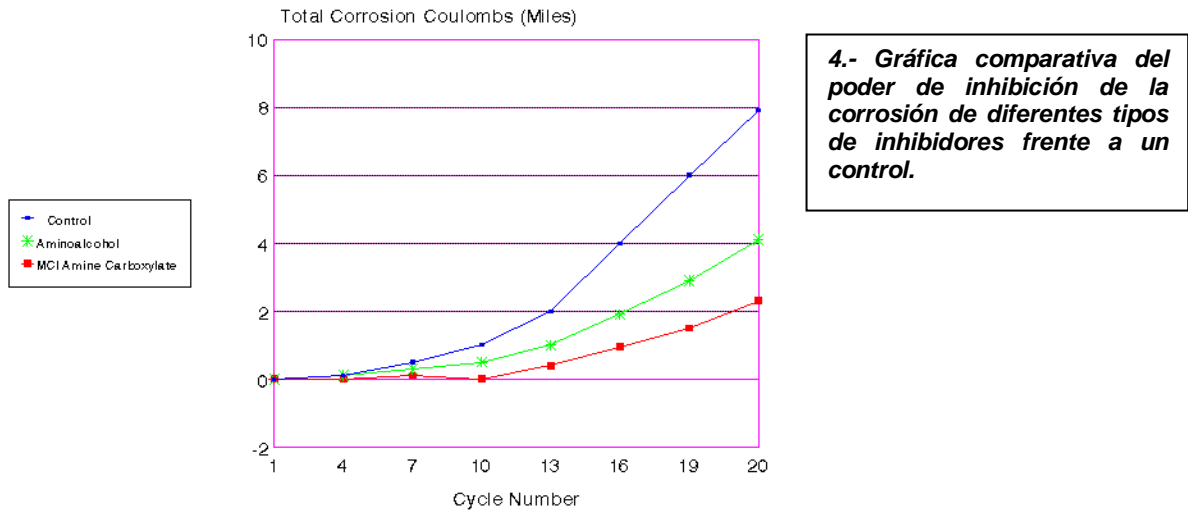
3.1.- Inhibidores de corrosión basados en aminoalcoholes.

Este tipo de inhibidores migratorios son los inicialmente desarrollados por la industria, tienen una carga parcial + y otra – dentro de la propia molécula que hace que sea atraída por el acero, aunque la carga de la molécula es cero. Estas cargas parciales son atraídas por el cátodo y el ánodo lo que hace que reduzcan la corrosión. Este tipo de productos según los estudios realizados extiende ligeramente el tiempo de inicio de la corrosión y cuando esta comienza disminuyen la ratio de corrosión a la mitad con relación al control.

3.2.- Inhibidores de corrosión basados en aminocarboxilatos.

Este tipo de inhibidores migratorios son el desarrollo químico conseguido para mejorar las deficiencias que presentaban los anteriores. Al igual que los aminoalcoholes, tienen cargas parciales + y -, pero a diferencia del anterior caso parte de las moléculas reaccionan con el hormigón sellando los poros y evitando el futuro ingreso de atacantes externos. Al mismo tiempo las moléculas libres N^+ y COO^- se ven atraídas por las áreas catódicas y anódicas del acero. Debido a que estas cargas son reales la afinidad por el acero es mayor que en el caso anterior de moléculas parcialmente cargadas, esta es una de las razones por la que este tipo de inhibidores proporcionan una mejor reducción de la corrosión que los aminoalcoholes. Los estudios realizados demuestran que doblan y triplican el tiempo de inicio de la corrosión y en el momento que esta comienza retarda la corrosión cinco o más veces con relación al control sin inhibidor.

Cracked Beam Testing of Amines



4.- Gráfica comparativa del poder de inhibición de la corrosión de diferentes tipos de inhibidores frente a un control.

4.- LOS INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS APLICADOS A LA REPARACIÓN.

Cuando la estructura de hormigón armado se encuentra dañada, debe realizarse un sistema completo de reparación anticorrosiva por medio de diferentes productos, en este aspecto podemos diferenciar dos métodos de acción:

1º.- El uso de morteros, lechadas pasivantes, morteros grout, etc. que incluyen este tipo de inhibidores MCI en su seno donde caso el inhibidor de la corrosión funciona directamente sobre la armadura y la migración permite alcanzar zonas adyacentes cercanas, evitando fenómenos como la corrosión por halo.



5.- Ejemplo de corrosión en hormigón armado.

2º.- El uso de inhibidores de la corrosión migratorios aplicados sobre la superficie.

Una de las principales características de estos sistemas es que podemos también actuar sobre aquellas zonas donde el daño no nos haya hecho necesario ejecutar una reparación con morteros, en estos procesos de reparación se incluye la aplicación de productos de aplicación en superficie que son capaces de ralentizar la corrosión una vez que esta ya se está produciendo, disminuyendo su velocidad de propagación, de esta forma se mejora la reparación en aquellas zonas donde no se tiene un acceso directo sobre la armadura.



6 y 7.- Dos ejemplos de aplicación de producto MCI como lechada y como mortero de reparación.



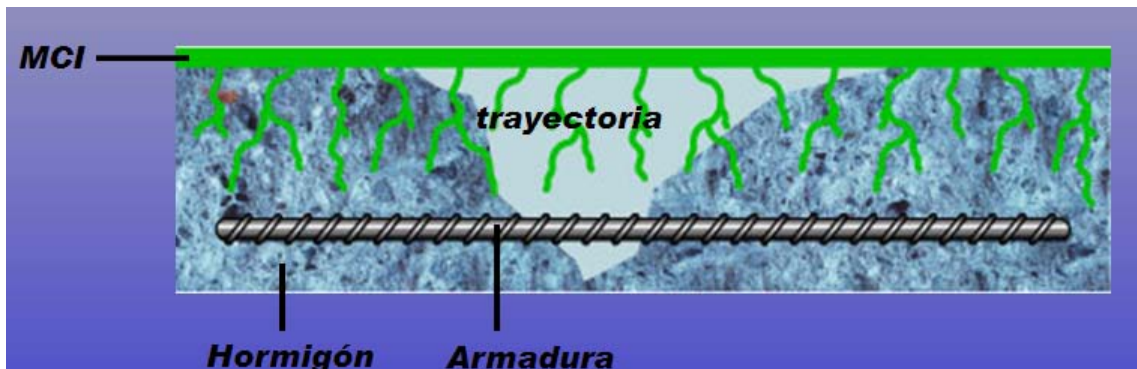
8 y 9.- Momento de la aplicación de un inhibidor de corrosión migratorio en superficie.



La aplicación de inhibidores de la corrosión migratorios MCI sobre estructuras sin daño aparente se lleva a cabo mediante la adición de los inhibidores directamente por pulverización con brocha o con rodillo sobre el hormigón, este compuesto orgánico migra a través de la estructura porosa endurecida por los siguientes fenómenos:

Acción capilar

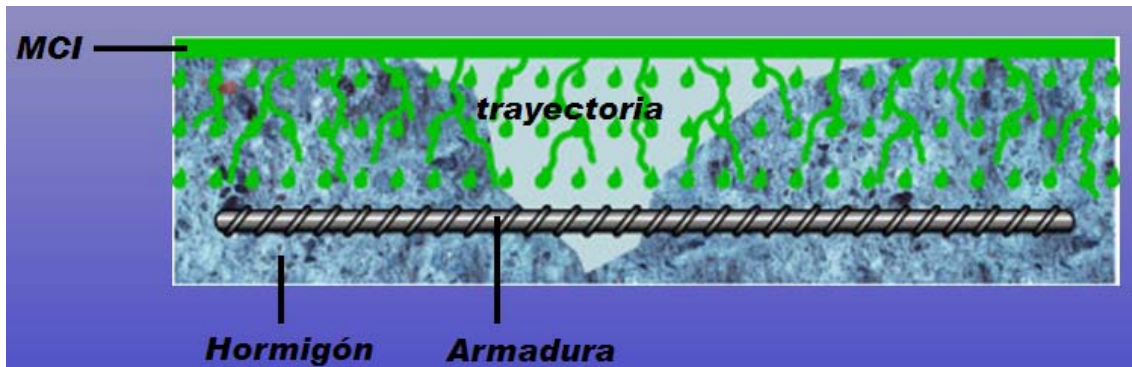
El líquido penetra dentro del hormigón por presión osmótica y acción capilar.



10

Difusión vapor

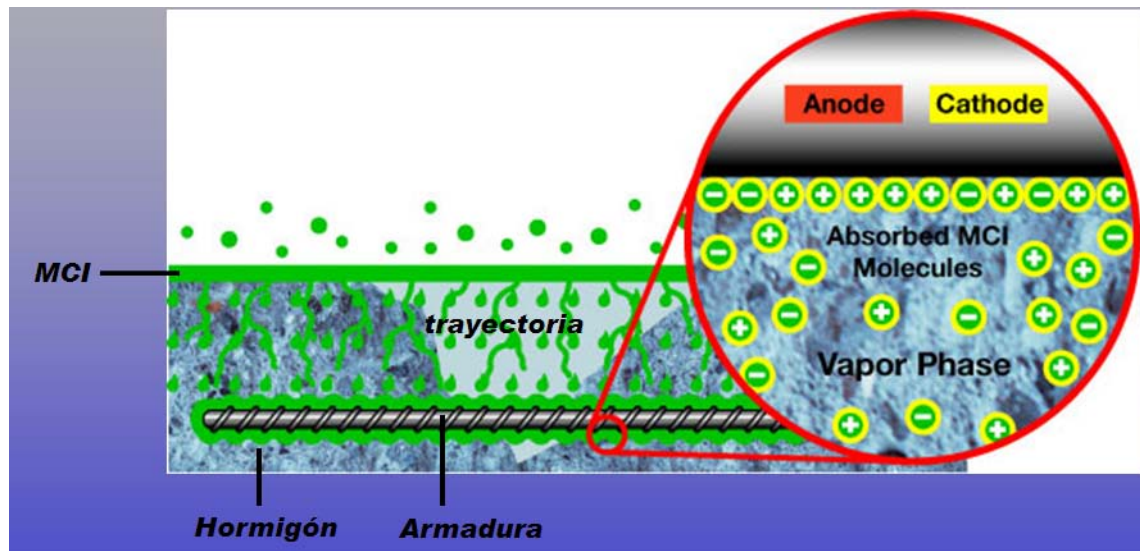
El vapor se mueve a través del hormigón debido a gradientes de concentración.



11

Atracción iónica

Los iones viajan a través del hormigón atraídos por las áreas anódicas y catódicas de la armadura metálica debido a sus cargas “+” y “-”.



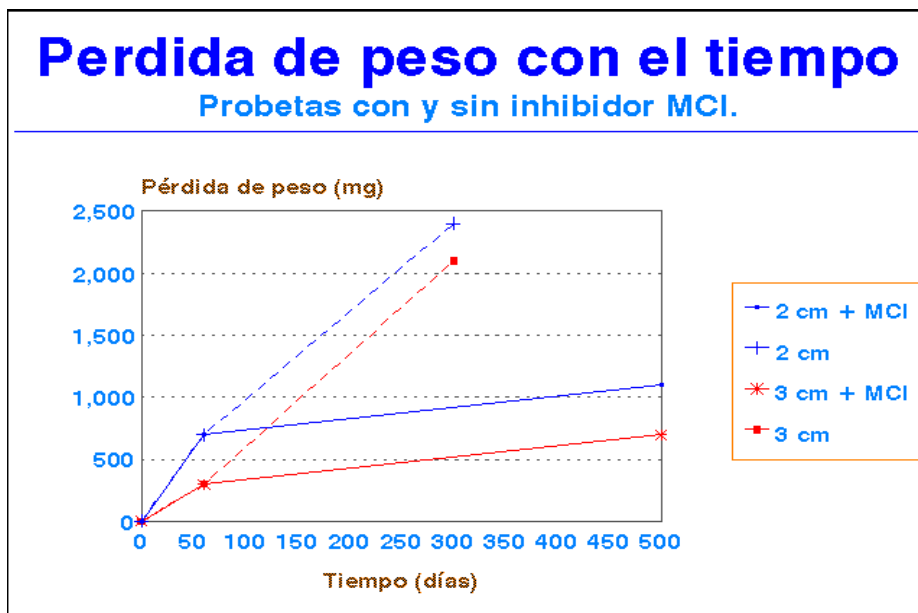
12

Una vez que el MCI llega a la armadura el producto forma una capa monomolecular debido a que:

- Las sales iónicas se separan en iones
- Reaccionan o enlazan con la superficie del metal
- Se establece una adsorción física.

Resultado, reducción drástica de la corrosión por:

- Cambio de potencial en las áreas anódicas y catódicas
- Formación de capa hidrofóbica que impide la penetración de iones que causan la corrosión.
- El nitrógeno presente en las moléculas de MCI forma un tenaz enlace sobre la armadura.



13.- Evolución de la pérdida de peso con el tiempo de una armadura con diferente recubrimiento de hormigón tras la despasivación con cloruro y la aplicación posterior de un inhibidor de corrosión migratorio (aminocarboxilato).

5.- TIPOS MÁS HABITUALES DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS APLICADOS A LA REPARACIÓN.

Exactamente igual que la selección del mortero de reparación más idóneo en cada caso depende del tipo de reparación que nos encontremos, en el caso del uso de inhibidores de corrosión migratorios en superficie puede variar exactamente igual en función del tipo de problema que queramos solucionar.

En este aspecto existen tres tipos de inhibidor más habitual y el uso de un tipo u otro variará con el estado de la obra en cuestión, estos son:

- Inhibidor de la corrosión migratorio puro.
- Inhibidor de la corrosión migratorio con microsílíce para sellado de poros
- Inhibidor de la corrosión migratorio hidrofugante.

6.- CONTROL DE CALIDAD EN OBRA DE UN INHIBIDOR DE LA CORROSIÓN MIGRATORIO DE APLICACIÓN EN SUPERFICIE.

Existen diferentes métodos de evaluación de la corrosión en estructuras de hormigón perfectamente aplicables y que permiten determinar potenciales e intensidades de corrosión, estos métodos permiten evaluar el resultado de la aplicación del producto, pero es interesante comprobar en obra que además se ha aplicado en la cantidad correcta y en toda la superficie necesaria.

Para ello existen en la actualidad controles simples de detección de este tipo de compuestos en obra, hay dos pasos que se pueden seguir:

1º.- Comprobación de que el inhibidor ha sido aplicado en toda la superficie requerida.

Este tipo de productos son transparentes y, excepto en el caso del inhibidor migratorio con hidrofugante, es necesario disponer de un método de control sencillo.

En este aspecto los productos llevan un trazador UV, que si bien a simple vista no deja ningún tipo de tonalidad (importante en hormigones vistos), es fácilmente detectable con el uso de una lámpara UV.

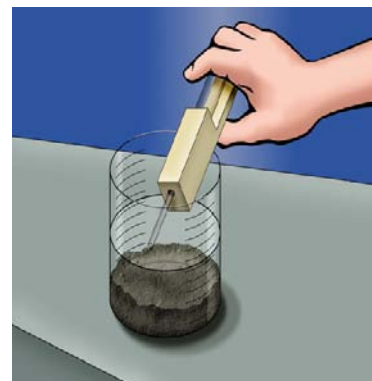
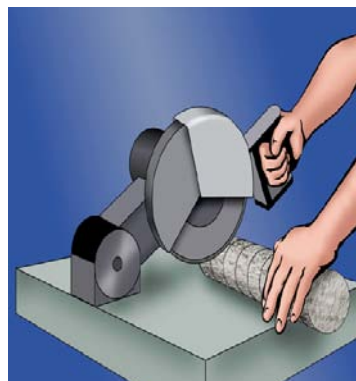
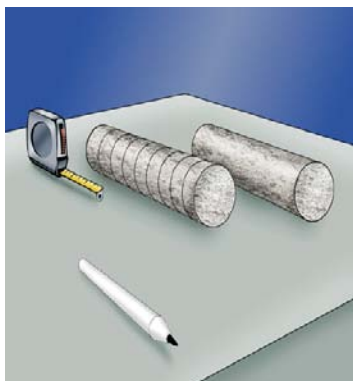


14.- Momento de la visualización de un inhibidor de corrosión migratorio en superficie mediante el uso de una lámpara UV.

2º.- Mediante la extracción de probetas que posteriormente se trocean y se analizan por separado.

De esta manera obtenemos el perfil de migración del producto.

Los tiempos de espera para realizar este tipo de test necesitan ser como mínimo el periodo de migración del inhibidor hasta la armadura metálica, este periodo varía en función del tipo de hormigón a tratar pero generalmente se pueden realizar pasados dos meses.





7.- REFERENCIAS.

[1] NAGAYAMA M., TAMURA H., SHIMOZAWA K. "Corrosion monitoring using embedded minisensors on rebars in concrete rehabilitated with a VCI.", General Building Research Corporation of Japan. (1997)

[2] BAVARIAN B., REINER L. "The efficacy of using Migrating Corrosion Inhibitors for Reinforced Concrete" California State University, (2004)

[3] ORTE J. "Sistemas de protección mediante el uso de inhibidores de corrosión migratorios" Zuncho, (2007)

[4] JACKSON J. "Testing and utilization of Next generation Migrating Corrosion Inhibitors", Material Performance, (2011)