

INHIBIDORES DE CORROSIÓN MÁXIMA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN

NUEVA GENERACIÓN DE MORTEROS CON
INHIBIDORES MIGRATORIOS DE CORROSIÓN

TECNOLOGÍA MCI®



PROPAMSA®



Contenido:

01 INTRODUCCIÓN

04 MEJORAR LA DURABILIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DEL HORMIGÓN

02 CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL DETERIORO DEL HORMIGÓN

05 MORTEROS DE REPARACIÓN CON INHIBIDORES MIGRATORIOS DE CORROSIÓN

- PROPAM®REPAR TECHNO 40 MCI
- PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI

03 DURABILIDAD Y COSTES DE MANTENIMIENTO

06 SISTEMAS PROPAMSA



*Degradación de estructura
de hormigón armado*

01 INTRODUCCIÓN

El hormigón constituye una pantalla exterior de protección de las armaduras contra la corrosión, aportando durabilidad al elemento estructural, tanto física como químicamente. Por ello con objeto de mantener intacta su estabilidad y funcionalidad, las estructuras de hormigón necesitan de ciertos cuidados y de un plan de mantenimiento que estará condicionado por diferentes aspectos como el uso, ambiente de exposición, normativa vigente... Ya que no debemos olvidar que el hormigón, envejece con el paso del tiempo, perdiendo parte de las propiedades iniciales de protección contra la corrosión que ofrece a las armaduras.

Es nuestra responsabilidad, conseguir que las reparaciones realizadas en las estructuras tengan una **mayor resistencia a la corrosión** y, por lo tanto, mayor durabilidad. Siendo esto especialmente importante en ambientes severamente corrosivos. Una **mayor durabilidad** significará menos reparaciones, una mayor integridad estructural y una vida útil más larga, que se traducirá también en **mayor sostenibilidad**.

Desde PROPAMSA empleamos la tecnología más avanzada en **Inhibición Migratoria de la Corrosión** (MCI® de Cortec Corporation), en base a la cual hemos desarrollado los morteros técnicos más avanzados del mercado PROPAM® REPAR TECHNO 40 MCI y PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI.

En PROPAMSA, trabajamos desarrollando **soluciones eficaces** para el tratamiento integral de las estructuras de hormigón armado, que aseguran la calidad y la durabilidad de los trabajos de conservación y de mantenimiento del parque edificatorio y de infraestructuras.



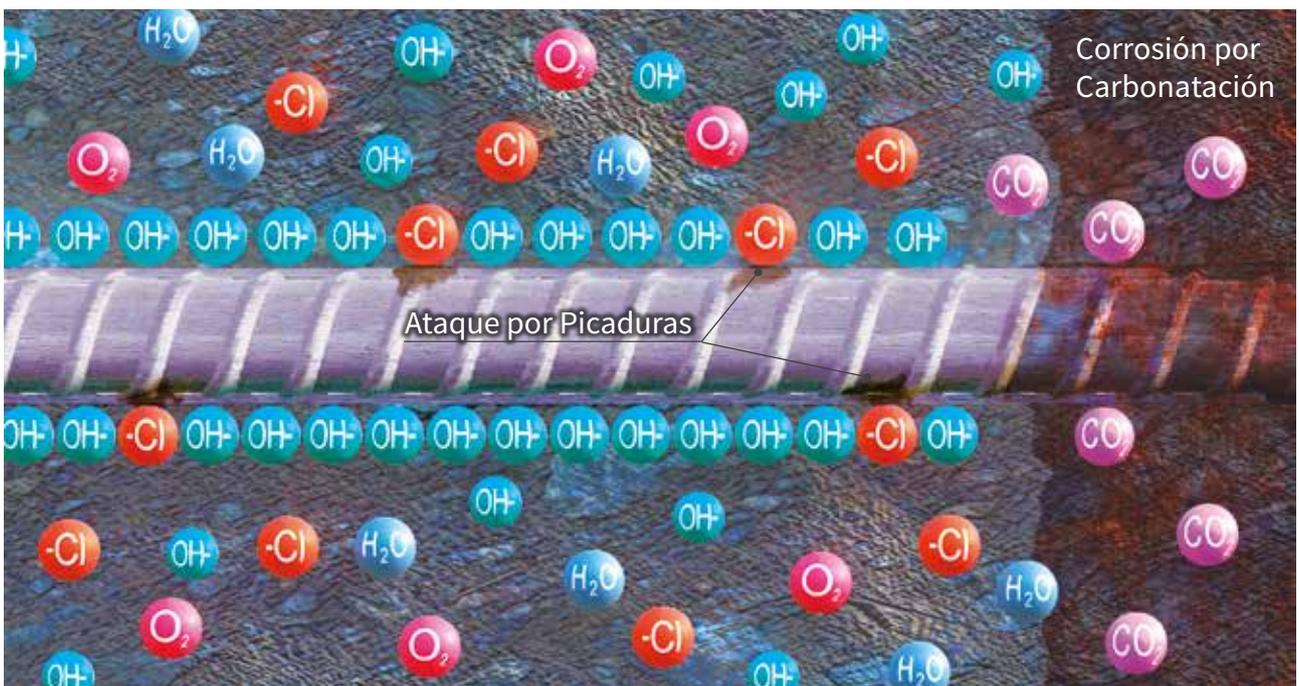
02

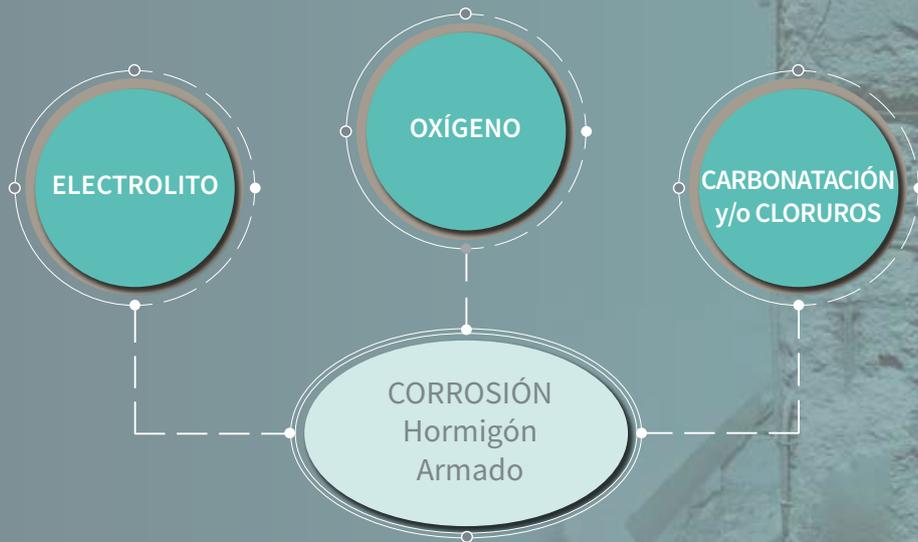
CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL DETERIORO DEL HORMIGÓN

Como es bien sabido y está ampliamente estudiado, las estructuras de hormigón armado se deterioran principalmente por ataques sobre el propio hormigón o por la **corrosión de su armadura**, siendo el deterioro de la armadura el más común de todos. El mantenimiento del hormigón armado es una tarea imprescindible a lo largo de la vida de la estructura, y por tanto un coste adicional que no debemos obviar. Esto es debido a la presencia de contaminantes como el dióxido de carbono atmosférico y los cloruros que, mediante su penetración en las estructuras de hormigón armado, favorecen la oxidación de las armaduras. Estos dos fenómenos son conocidos como **Carbonatación del Hormigón** y **Ataque por Cloruros** respectivamente.



“ El proceso de corrosión electroquímica del hormigón armado se inicia por la combinación de los siguientes efectos: la presencia de oxígeno, la existencia de un hormigón húmedo (electrolito), la despasivación del acero o pérdida de la capa alcalina de protección y/o la presencia de agentes agresivos como los cloruros.





La degradación de la armadura por corrosión representa un elevado porcentaje de las patologías detectadas, en términos genéricos el fenómeno de la corrosión puede ser definido como un proceso de destrucción o deterioro electroquímico de un metal por acción y reacción de éste con el medio que lo rodea (reacciones de oxidación y reducción simultánea).



Es necesario para que la corrosión electroquímica se inicie, que se forme una pila galvánica, por tanto, ha de existir un ánodo, un cátodo, un electrolito (hormigón húmedo) y oxígeno; en este sistema electroquímico la armadura hace las veces de ánodo y cátodo, permitiendo la conexión entre ambos electrodos y, en consecuencia, el paso de electrones entre ellos.

El ánodo (polo -) es el lugar donde se corroe el acero, puesto que es aquí donde el metal pierde electrones. El cátodo (polo +) es la parte del acero no oxidada. En el hormigón armado, nos encontramos que los principales factores que favorecen la corrosión de las armaduras dentro del hormigón son mayoritariamente la carbonatación y la presencia de cloruros, tanto de manera independiente o en conjunto como ya hemos visto.

Carbonatación

El fenómeno de la corrosión de la armadura por carbonatación en el hormigón es debido a un proceso natural que se produce cuando el dióxido de carbono de la atmosfera y presente en el aire, reacciona con el agua o la humedad retenida en el interior del hormigón, reduciendo su pH alcalino. Un hormigón con un pH entorno a 12-13, se considera un medio alcalino que protege o pasiva las armaduras, ya el acero en estas condiciones está protegido de la corrosión de manera natural. La **reducción del pH** del hormigón por efecto de la carbonatación implica una pérdida de esa capacidad de protección y la consecuente **activación del proceso de corrosión** de las armaduras, siempre bajo las condiciones adecuadas.



Cloruros

El ataque por cloruros se produce cuando estos penetran en el hormigón disueltos en agua y acceden a la armadura. Este proceso de corrosión se produce incluso en hormigones con pH alcalino, ya que **los cloruros actúan como catalizadores de la reacción de oxidación** del acero, disminuyendo el diámetro y la sección resistente del armado, con el consecuente riesgo de colapso de la estructura. Los cloruros que se encuentran en el agua de mar y en el ambiente salino de las zonas cercanas a la costa penetran en el hormigón por absorción capilar y difusión desde la superficie hacia el interior de las estructuras. Por otro lado, también se pueden encontrar cloruros en las aguas subterráneas, en las aguas residuales, en las plantas de tratamiento, en zonas frías donde se utiliza sales de deshielo (infraestructuras carreteras) y afluentes industriales.

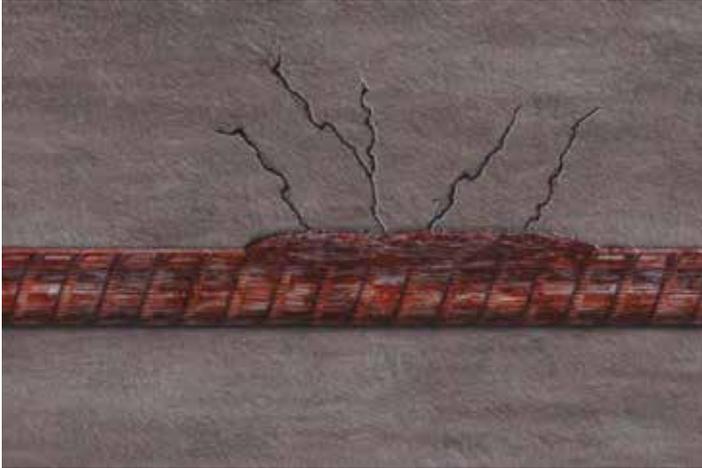


Consecuencias

Cuando se inicia la corrosión, el hormigón de recubrimiento de las armaduras primero se fisura y luego se desprende debido a que el acero corroído genera un volumen mayor al del acero original. Este incremento de volumen transmite tensiones al hormigón, provocando procesos patológicos y su deterioro. Como estas fisuras a su vez exponen las armaduras al exterior facilitan nuevos procesos de **oxidación del acero**, el deterioro de la estructura se ve acelerado debido a la **perdida constante de protección** de las armaduras a la que está sometida, comprometiendo poco a poco la armadura no afectada por el foco de corrosión inicial.



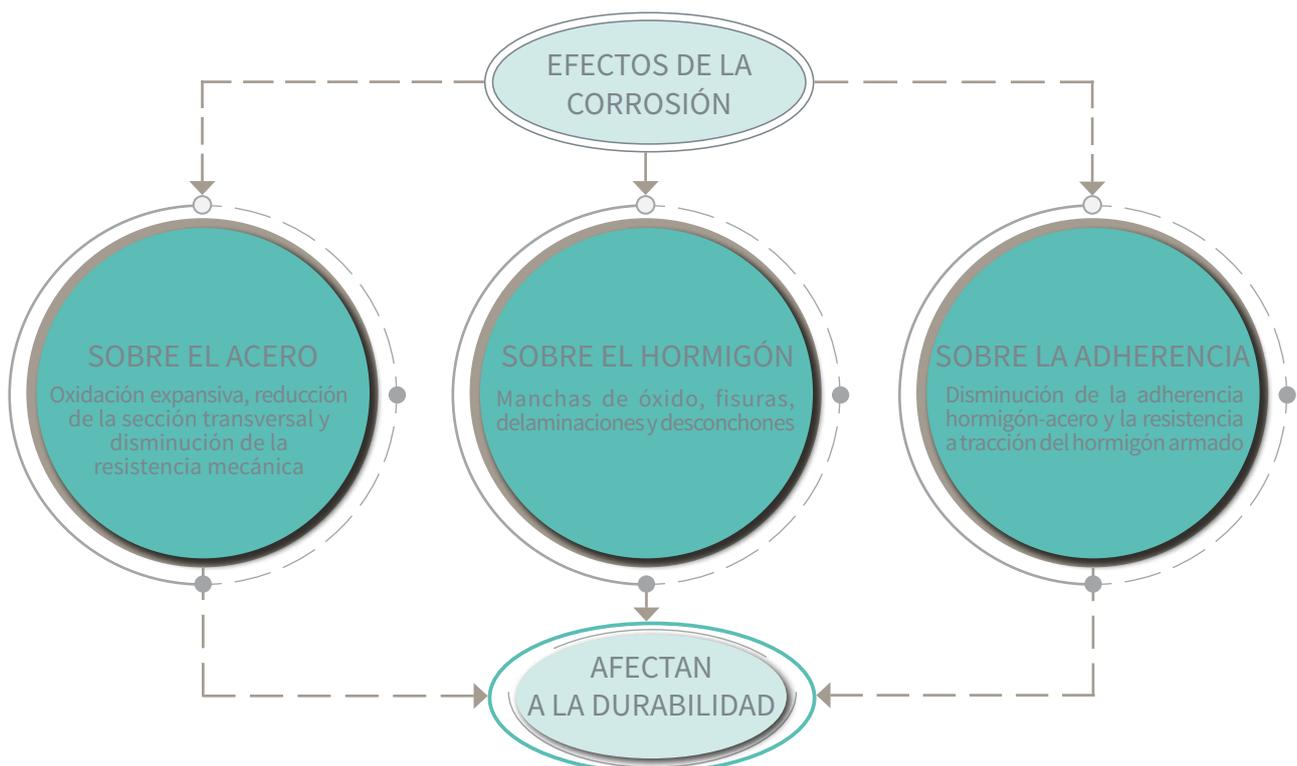
Los **efectos de la corrosión** de las armaduras influyen directamente sobre el acero, sobre el hormigón y sobre la adherencia acero-hormigón. Por pérdida de sección efectiva del hormigón por **fisuraciones y desprendimiento** del recubrimiento, por **reducción de la sección** del armado y **perdida de propiedades** mecánicas, por **perdida de adherencia** entre el hormigón y el acero, o por **manchas en la superficie** del hormigón.



En el caso de estructuras con **armado activo**, este tipo de ataque es crítico ya que desencadena **colapsos** de la estructura, sin que hayamos podido observar previamente ataques desde el exterior en la estructura.

La corrosión es especialmente significativa en **ambientes costeros** donde la humedad relativa se mantiene en valores muy elevados y acelerándose aún más si la temperatura también se mantiene alta, mientras que en ambientes secos o con elevadas temperaturas y baja humedad la corrosión puede llegar a detenerse.

ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO



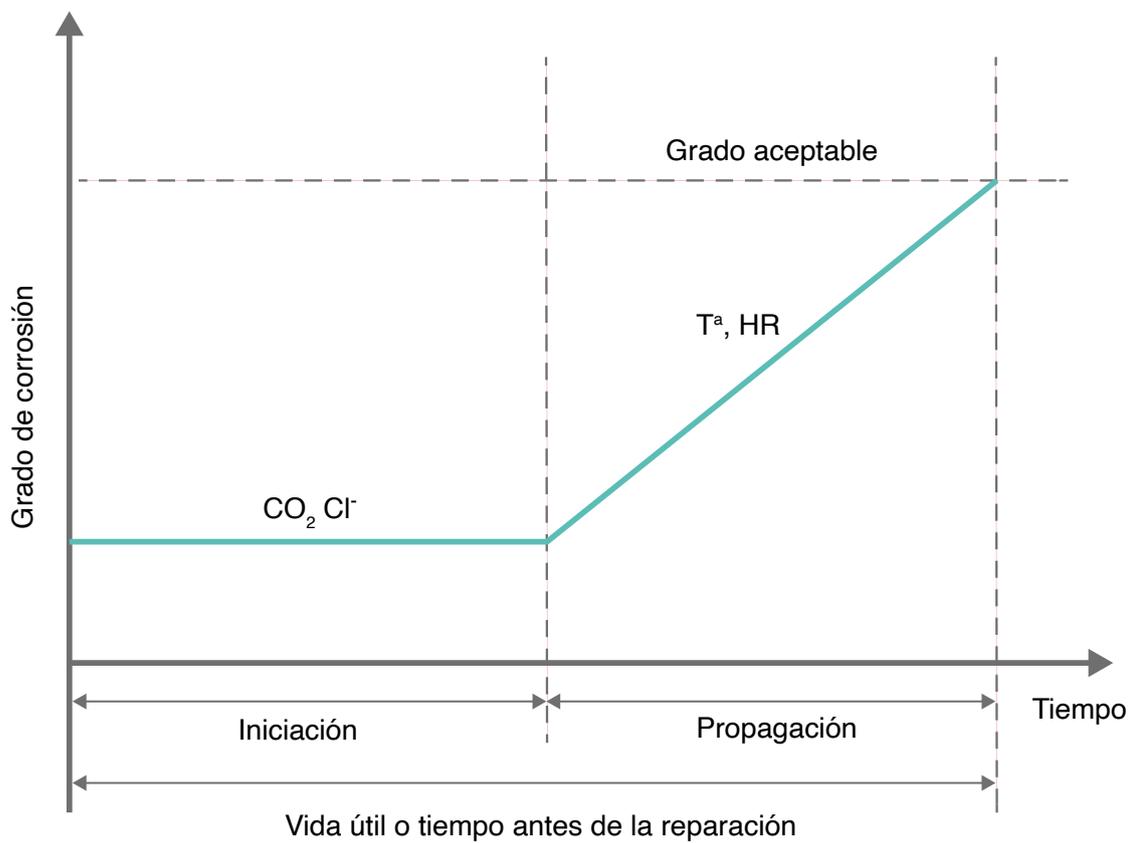


03

DURABILIDAD Y COSTES DE MANTENIMIENTO

Un coste importante cuando analizamos todas las fases por las que pasa una estructura desde su construcción hasta el final de su vida útil, es el **coste de mantenimiento**. Evidentemente este coste dependerá en gran medida del **diseño** y de la **ejecución de la estructura**, pero también de la **calidad del proceso** de mantenimiento, de la correcta prescripción de los **materiales empleados** y de la adecuada **conservación** posterior de la estructura.

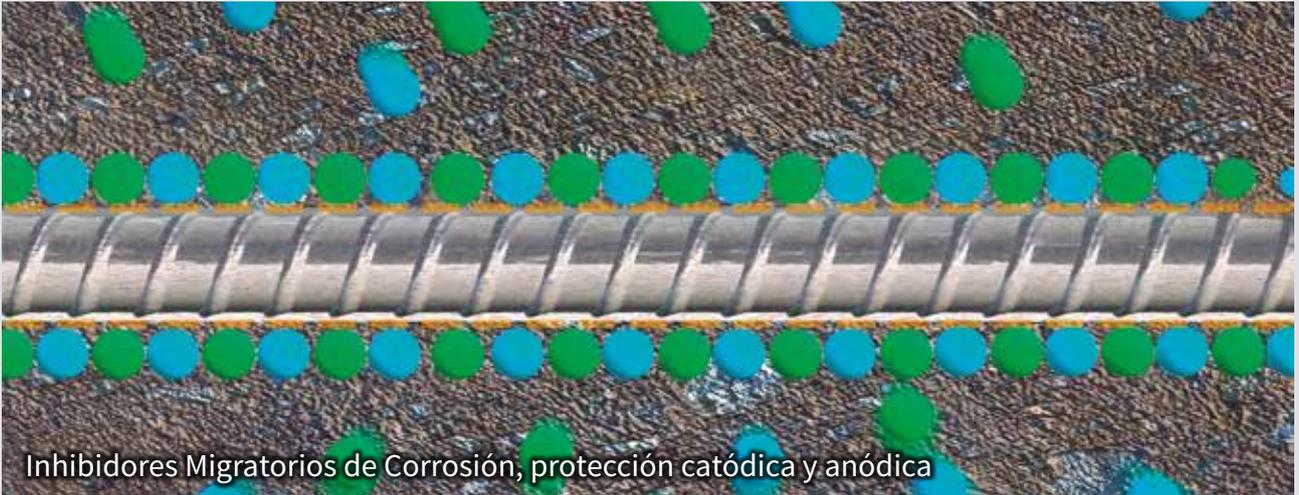




La **durabilidad** de la estructura de hormigón estará inexorablemente relacionada con los materiales que sean capaces de hacer frente a la **agresividad ambiental**, siendo determinante la capacidad de estos materiales de proteger frente al agente agresor y de su adecuada prescripción al problema a tratar y de una correcta instalación. Actualmente, los sistemas tradicionales de protección actúan superficialmente protegiendo la estructura del ambiente exterior, pero no actúan sobre los **contaminantes** que ya hay **atrapados dentro de la estructura** que siguen atacando a la armadura. Situación habitual en el caso de los sistemas aplicados tras reparaciones parciales o protecciones realizadas a posteriori pasados unos años tras la puesta en servicio de la estructura.



Además de los sistemas tradicionales de protección superficial del hormigón o de protección de la armadura contra la corrosión, los **sistemas modernos** de protección del hormigón armado basados en el empleo de **Inhibidores Migratorios de la Corrosión** aportan una **protección adicional** a la que el propio hormigón armado posee. Esta capa de protección se adhiere (quimi-absorción) a la **superficie de la armadura**, proporcionando una protección frente a la humedad mucho más efectiva que la proporcionada por la capa de pasivado del acero en pH alcalino. También aumenta el umbral necesario de cloruros para el ataque en más del doble, además de **reducir la velocidad de corrosión** de las armaduras una vez que esta se inicia. El empleo de inhibidores de la corrosión nos proporciona un **aumento** muy importante en la durabilidad de la estructura.



Inhibidores Migratorios de Corrosión, protección catódica y anódica



“ Mediante acción capilar al inhibidor migratorio penetra dentro del hormigón por presión osmótica y acción capilar. Y mediante difusión de vapor se mueve a través del hormigón debido a gradientes de concentración. Una vez que el inhibidor migratorio llega a la armadura, mediante atracción iónica el producto forma una capa monomolecular que reacciona con la superficie del metal, protegiendo activamente contra la corrosión.

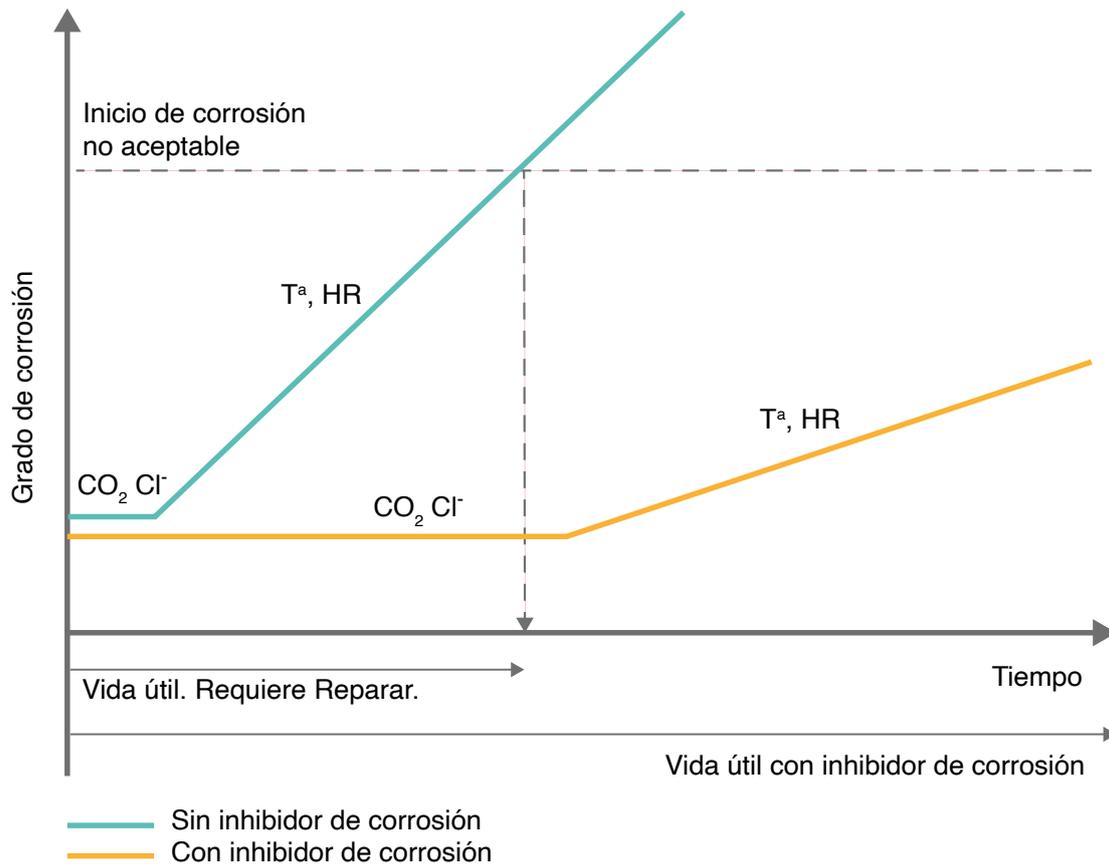


04

MEJORAR LA DURABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD DEL HORMIGÓN

En la actualidad, la **construcción sostenible** se ha convertido en un objetivo imprescindible para los propietarios de todo el mundo. Se ha prestado mucha atención a reducir el uso de cemento y minimizar el consumo de energía y agua, sin embargo, un aspecto que a menudo se pasa por alto es la **durabilidad y la vida útil de la estructura**. Siendo este sin duda, uno de los parámetros clave que influyen en la **sostenibilidad estructural**.

Por tanto, una adecuada protección de la armadura afecta directamente a los **costes de mantenimiento**, ya que la corrosión de las barras de refuerzo es la causa de costosas reparaciones y **pérdidas económicas**. Es crucial, por tanto, extender la vida útil de las estructuras nuevas y existentes; y retrasar de manera proactiva el inicio de la corrosión y mantener las tasas bajas después del inicio.

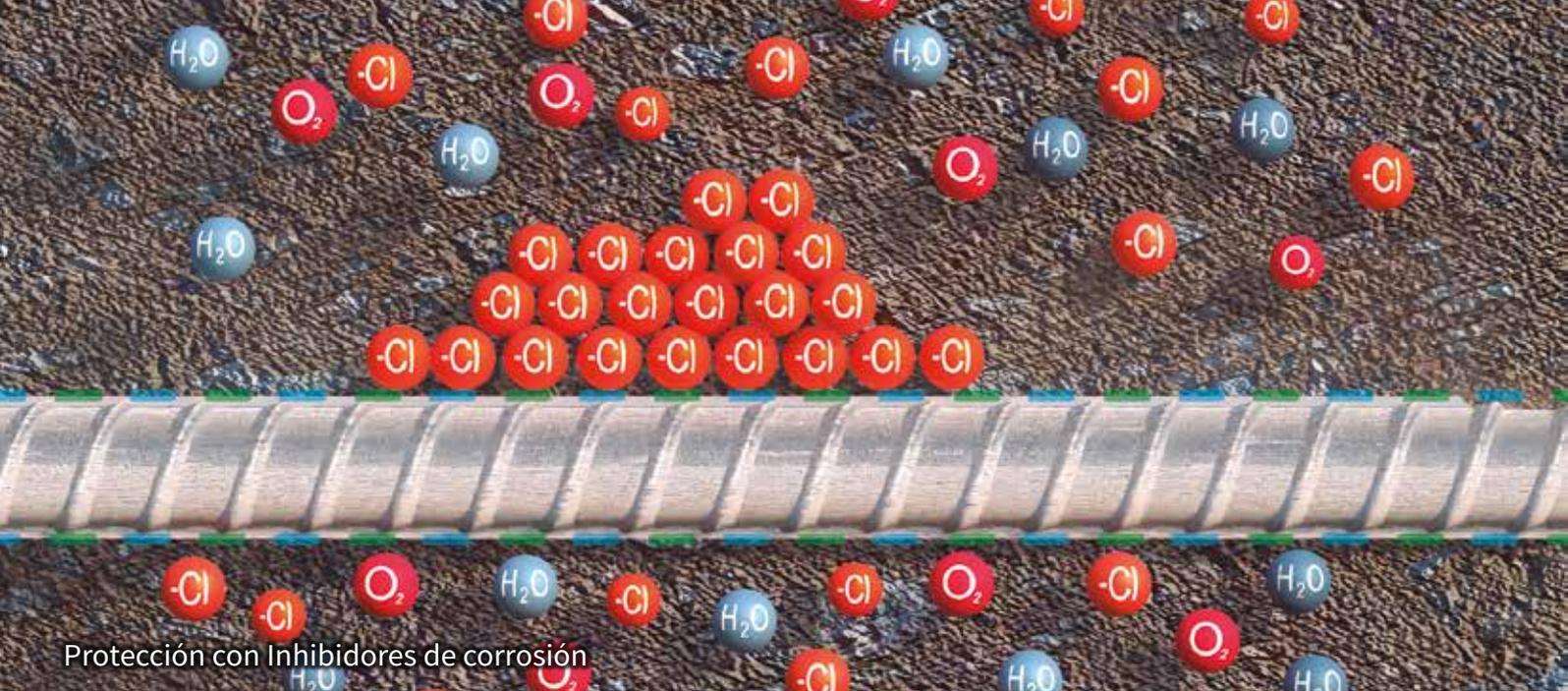


“

Poder proteger las estructuras ya existentes antes del inicio de la patología, es clave en el mantenimiento de estas. Incluso aunque tengamos presencia de los contaminantes ya en el interior de la estructura.



Los **Inhibidores Migratorios de la Corrosión**, se basan en la tecnología de aminas (aminoalcoholes y aminacarboxilatos). Y se clasifican como inhibidores mixtos, lo que significa que afectan tanto las porciones anódicas como catódicas de una celda de corrosión.



Protección con Inhibidores de corrosión



Sin protección de Inhibidores de corrosión

“

La protección superficial del Inhibidor de corrosión migratorio actúa anclándose tenazmente sobre la armadura, cambiando el potencial en las áreas anódicas y catódicas y formando una capa hidrofóbica que impide la penetración de iones que causan la corrosión.

Estos se aplican principalmente superficialmente sobre las estructuras a proteger o como mezcla en un mortero que se aplica en las fases de reparación. Se mueven como un líquido a través de la matriz de hormigón gracias al transporte por **acción capilar** y migra debido a su **fase de vapor** a través de la **estructura porosa del hormigón**.

Cuando entra en contacto con metales, tiene una atracción iónica y forma una **capa molecular protectora**. Esta película evita que los elementos corrosivos reaccionen más con el refuerzo y también reduce las tasas de corrosión existentes, lo que **prolonga** en gran medida **la vida útil del hormigón**.



05

MORTEROS DE REPARACIÓN CON INHIBIDORES MIGRATORIOS DE CORROSIÓN

Desde PROPAMSA empleamos la tecnología más avanzada en Inhibición Migratoria de la Corrosión (MCI® de Cortec Corporation), en base a la cual hemos desarrollado los morteros técnicos más avanzados del mercado PROPAM® REPAR TECHNO 40 MCI y PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI, para la reparación y protección de estructuras de hormigón armado. Estos morteros cumplen con los requerimientos de las normas EN 1504-3 clase R4, EN 1504-2 y EN 1504-7, aportando una solución de máxima durabilidad en las reparaciones ejecutadas.

- Mortero para reparación estructural del hormigón Clase R4.
- Revestimiento (C) para protección contra la penetración (PI), control de humedad (MC) e incremento de la resistividad por limitación del contenido de humedad (IR).
- Recubrimiento para la protección de armaduras contra la corrosión.
- Protección activa mediante Inhibidores migratorios MCI®.

Mediante los siguientes ensayos (*) en los cuales el mortero es sometido a procesos de carbonatación y de ataque por cloruros, podemos ver la mejora conseguida y el excelente comportamiento protector de los morteros.

PROPAM® REPAR TECNO 40 MCI Y PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI, fabricados con inhibidores de la corrosión migratorios (MCI®) tienen la capacidad de aumentar en el caso de la corrosión por iones cloruro el umbral de concentración al que este se produce habitualmente y retrasar cuando la corrosión se inicia, disminuyendo la velocidad de corrosión (pérdida de sección de la armadura); igualmente actúa sobre los fenómenos de corrosión por carbonatación retrasando el inicio de esta y ralentizando también su velocidad una vez esta ha comenzado.

(*) Ensayos realizados en IETcc, según informe 22.228, donde se recogen detalladamente las mejoras obtenidas.

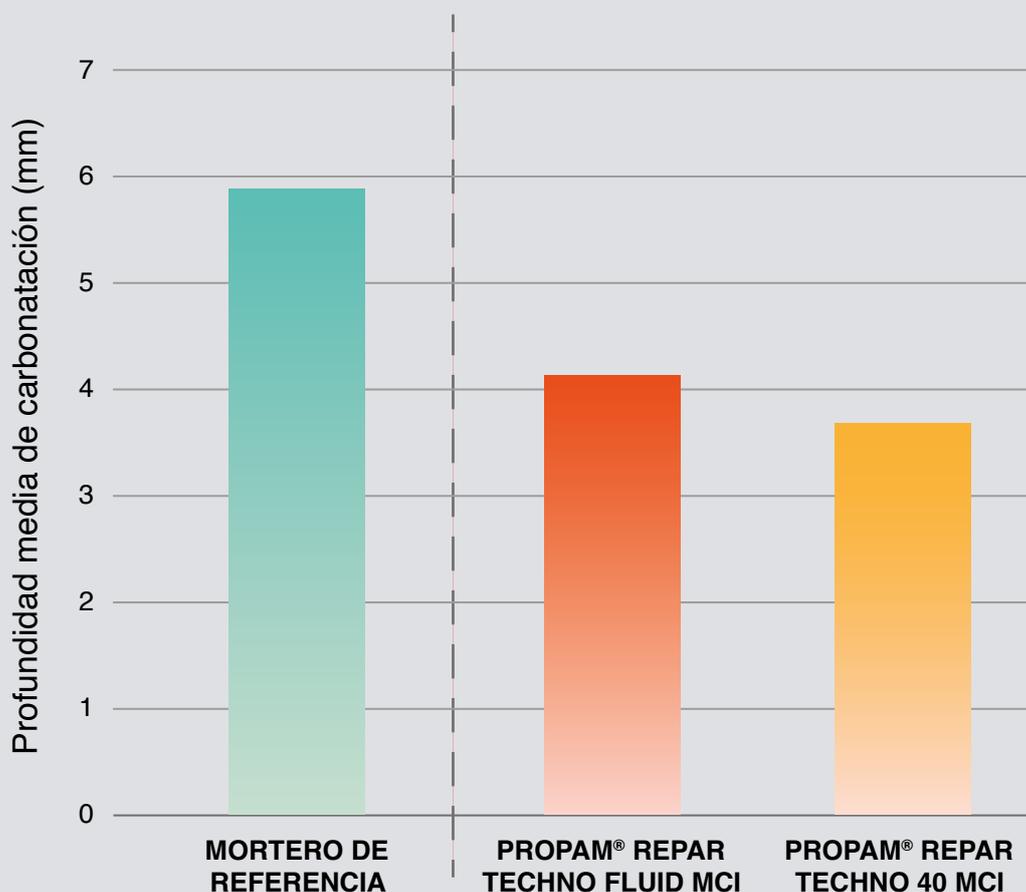
Ensayo UNE 12930-12 Determinación de la resistencia a la carbonatación del hormigón

Las muestras tras su proceso de curado y acondicionamiento a condiciones de laboratorio fueron introducidas en cámara climática con 3% CO₂. Para determinar el frente de carbonatación se empleó fenolftaleína, se puede observar las zonas no coloreadas donde hay carbonatación.

Se produce una reducción significativa en la carbonatación de hasta un 40% menos, en las condiciones de ensayo descritas.



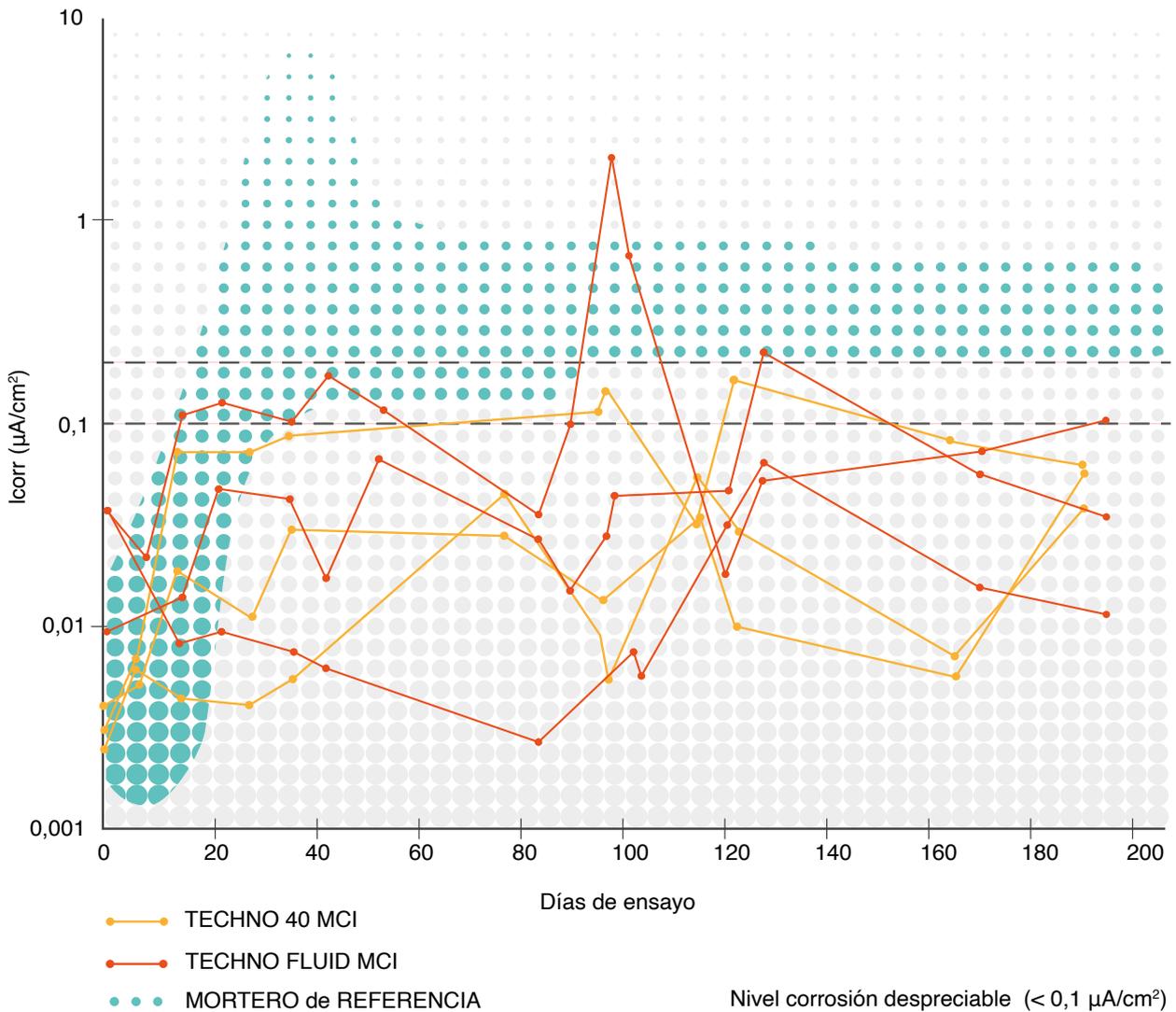
Frente de carbonatación en muestra estudiada



Profundidad de carbonatación media obtenida en las probetas

Ensayo de proceso de corrosión inducida por carbonatación acelerada

El ensayo empleado es el de corrosión inducida por carbonatación acelerada, este ensayo mide el inicio y progreso de la corrosión de la armadura mediante la medida de la velocidad de corrosión tras someter al mortero a ciclos de carbonatación acelerada (10% CO₂) e inmersión en agua.

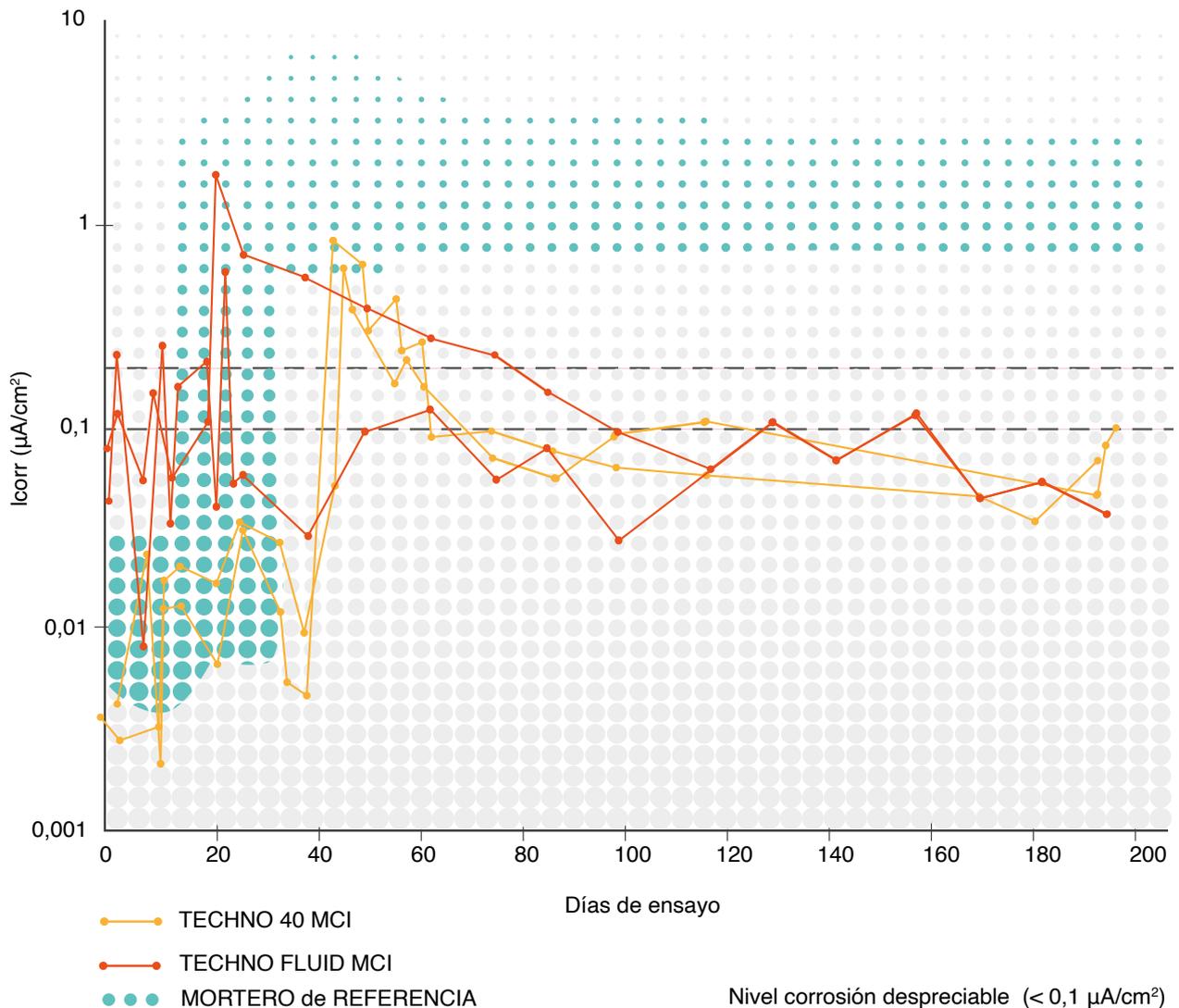


“

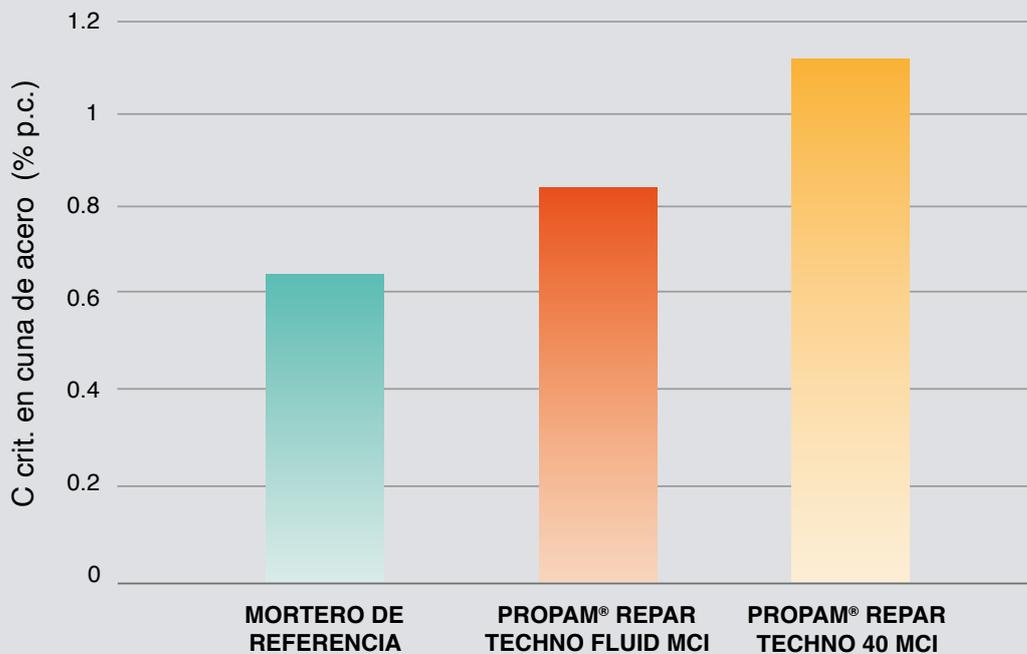
Podemos observar cómo los morteros sin inhibidor presentan corrosión sostenida en el tiempo a partir de los 28 días del ensayo, mientras que en el caso de PROPAM® REPAR TECNO 40 MCI y PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI se superan los 185 días sin que esta se desarrolle, y además podemos observar el efecto del inhibidor ante un único intento de corrosión que es rápidamente frenado volviendo el valor de “ I_{corr} ” a valores de protección ($< 0,1 \mu A/cm^2$), de manera que hemos obtenido una mejora al menos en seis veces en el tiempo de corrosión bajo este ensayo.

Ensayo de proceso de corrosión por cloruros

Se utiliza el ensayo UNE 83992-2 EX, Ensayo de penetración de cloruros en el hormigón - Método integral acelerado, este ensayo tiene por objeto determinar los efectos del inhibidor de la corrosión migratorio en la resistencia a la penetración de los iones cloruro, la concentración crítica de cloruros y el proceso de corrosión una vez esta se encuentre iniciada, mediante la medida de la velocidad de corrosión.

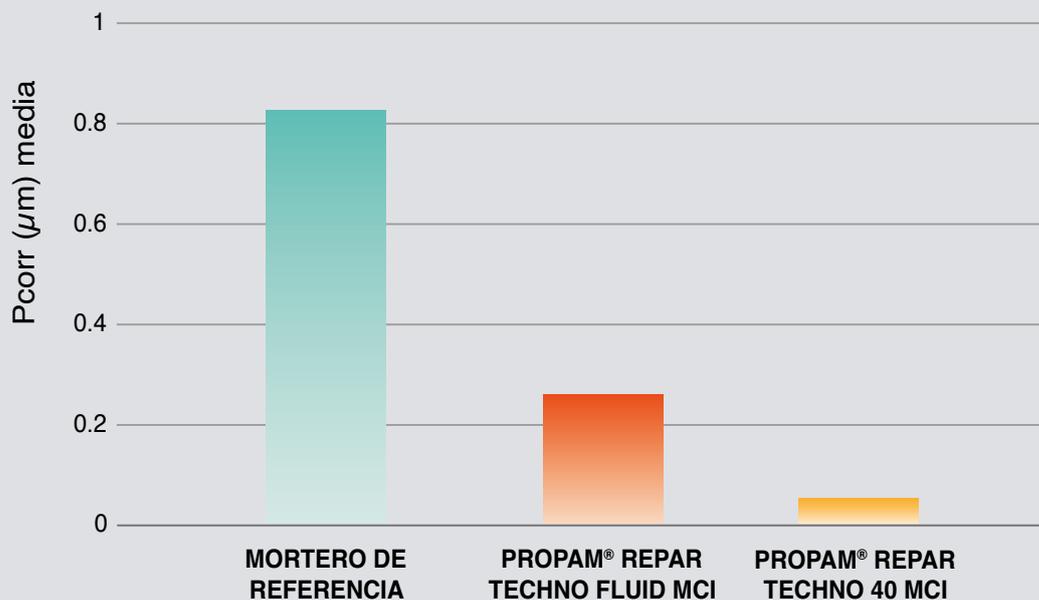


Podemos observar en este caso como aumentan las prestaciones respecto a la difusión por cloruros entre un 8% y un 30 % y como se estabilizan los valores de corrosión en valores inferiores a $0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, siendo este un nivel de corrosión despreciable.



Concentración crítica de cloruros que ha dado lugar al inicio de la corrosión

El aumento de la concentración crítica de cloruros del entorno del 0,6% en peso de cemento (valor normal para un mortero o un hormigón) mejora hasta valores de 1,12 % en peso de cemento.



Cálculo de la penetración de la corrosión media para los morteros estudiados

Respecto a la penetración de la corrosión media, se obtiene una mejora del Pcorr, entre el 77% y 94%.



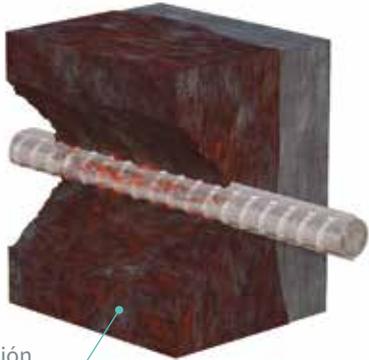
En definitiva, podemos ver como el empleo PROPAM® REPAR TECNO 40 MCI y PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI, en la ejecución de reparaciones de hormigón contribuye de forma muy significativa en la protección aportando durabilidad adicional a la obtenida con morteros tradicionales.



SISTEMAS PROPAMSA - DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS

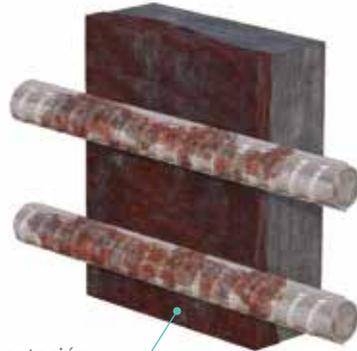
TRATAMIENTO CURATIVO

Reparación por parcheo y combinación con inhibidor líquido



carbonatación con corrosión

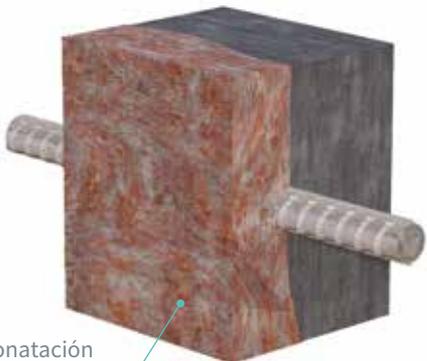
Reparación integral de grandes volúmenes por proyección o encofrado, sin necesidad de inhibidor líquido



carbonatación con corrosión

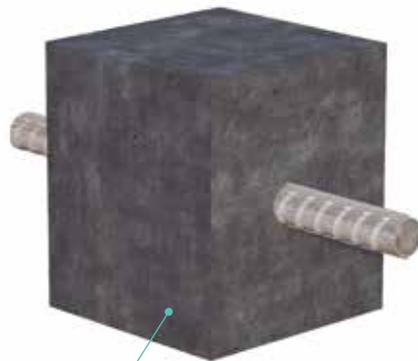
TRATAMIENTO PREVENTIVO

Sistema: Cortec® MCI + Betopaint® (sin daños visible en la estructura)



carbonatación con corrosión

Sistema: Cortec® MCI + Betopaint® (sin daños visible en la estructura)



hormigón nuevo

TRATAMIENTO CURATIVO

Reparación por parcheo y combinación con inhibidor líquido:

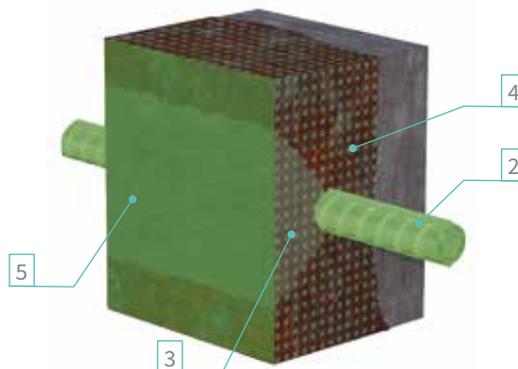
PATOLOGÍA

El hormigón presenta la superficie dañada por efecto de la corrosión de la armadura, y es necesario reparar zonas puntuales. Presencia de elevados niveles de cloruros, en el interior del hormigón.



OBJETIVO

Reparación de las superficies dañadas, protección de larga duración ante los contaminantes, protección mejorada contra el daño de la corrosión latente, reducir el riesgo de efecto de ánodo de anillo.



SOLUCIÓN

1. Limpieza y preparación.
2. Protección de armaduras con BETOPRIM.
3. Reparación con PROPAM® REPAR TECHNO 40 MCI o PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI de las zonas puntuales.
4. Aplicar CORTEC® MCI inhibidor migratorio líquido a toda la superficie.
5. Protección final con BETOPAINT® de toda la superficie

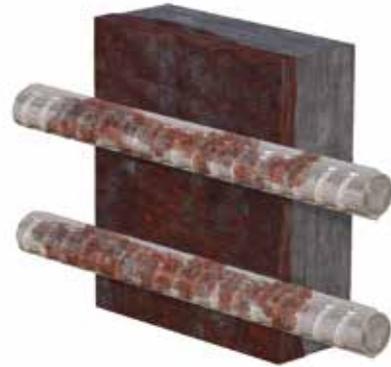


TRATAMIENTO CURATIVO

Reparación integral de grandes volúmenes por proyección o encofrado, sin necesidad de inhibidor líquido:

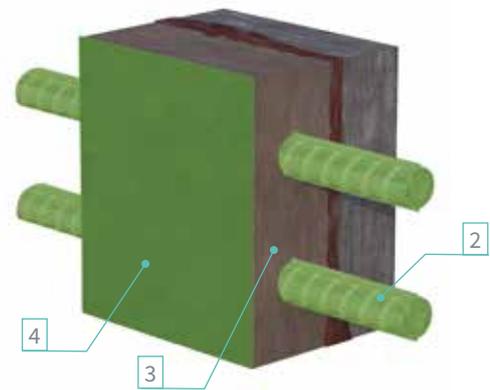
PATOLOGÍA

El hormigón presenta daños importantes debidos a la corrosión de la armadura, y es necesario reparar completamente. Presencia de elevados niveles de cloruros en el interior del hormigón.



OBJETIVO

Reparación de las superficies dañadas, protección de larga duración ante los contaminantes, protección mejorada contra el daño de la corrosión latente, reduce el riesgo de efecto de ánodo de anillo.



SOLUCIÓN

1. Limpieza y preparación.
2. Protección de armaduras con BETOPRIM.
3. Reparación con PROPAM® REPAR TECHNO 40 MCI o PROPAM® REPAR TECHNO FLUID MCI de toda la superficie.
4. Protección final con BETOPAINT® de toda la superficie.

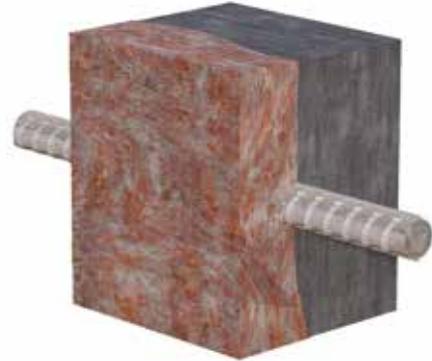


TRATAMIENTO PREVENTIVO sobre hormigón contaminado:

Sistema: Cortec MCI® + Betopaint® (sin daños visible en la estructura)

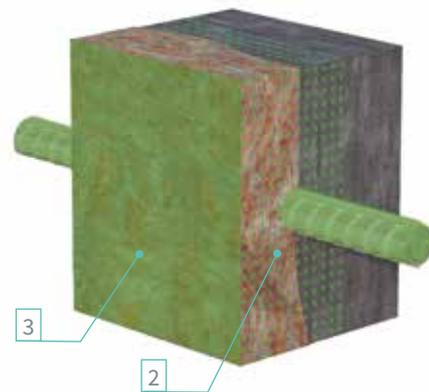
PATOLOGÍA

Hormigones sin protección superficial.
Ambientes agresivos.
Inicio de corrosión sin daños ni roturas.



OBJETIVO

Disminuye la velocidad de corrosión, protege el hormigón de daños, protege contra la carbonatación y la penetración de cloruros.



SOLUCIÓN

1. Limpieza y preparación.
2. Aplicar CORTEC® MCI inhibidor migratorio líquido a toda la superficie.
3. Protección final con BETOPAINT® de toda la superficie.



TRATAMIENTO PREVENTIVO sobre hormigón nuevo:

Sistema: Cortec MCI® + Betopaint® (sin daños visible en la estructura)

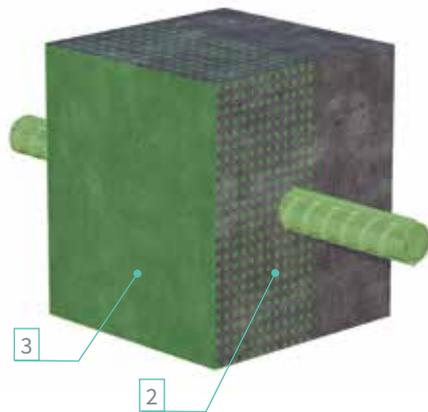
PATOLOGÍA

Hormigones sin protección superficial.
Ambientes agresivos.



OBJETIVO

Disminuye la velocidad de corrosión, protege el hormigón de daños, protege contra la carbonatación y la penetración de cloruros.



SOLUCIÓN

1. Limpieza y preparación .
2. Aplicar CORTEC® MCI inhibidor migratorio líquido a toda la superficie.
3. Protección final con BETOPAINT® de toda la superficie.





Centros de fabricación

Central / Fábrica Barcelona

C/ Ciments Molins, s/n
Pol. Ind. Les Fallúiles
08620 Sant Vicenç dels Horts (Barcelona)
Tel. 93 680 60 40
Fax 93 680 60 49
pedidos@propamsa.es

Fábrica Centro

Calle Vega del Tajo, 8
19209 Quer (Guadalajara)
Tel. 949 29 77 20
Fax 949 29 77 22
pedidoscentro@propamsa.es

Fábrica Sur

Polígono Ind. La Chaparrilla
Parcelas 53 y 54
41016 Sevilla
Tel. 95 440 51 45
Fax 95 440 61 29
pedidosevilla@propamsa.es

Fábrica Noroeste

Polígono Ind. Chan da Ponte - Parcela 21
36450 Salvatierra de Miño (Pontevedra)
Tel. 98 666 40 09
Fax 98 666 42 00
pedidosgalicia@propamsa.es

Fábrica Levante

C/ Camí del Azagador Parcela 22, Polígono 6
46610 Guadassuar (Valencia)
Tel. 96 244 61 71
Fax 96 244 22 19
pedidoslevante@propamsa.es

Depósitos

Depósito Palma de Mallorca

C/ Can Valero, 3 · Local 2 · Pol. Ind Can Valero
07011 Palma de Mallorca
Tel. 971 25 38 45
Fax 971 25 38 68
pedidospalma@propamsa.es

Depósito Norte

Laukariz Bidea · 68 A-C PAB (Zabalondo Industrialdea)
48100 Munguía
Tel. 94 674 41 58
Fax 94 615 63 64
pedidosnorte@propamsa.es

