

Omar Alejandro González Noriega, Ana Karen Gálvez Larios y Alfredo Brito Franco

Omar Alejandro González Noriega estudió Ingeniería Mecánica en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEMor) y la maestría en Ingeniería Química Metalúrgica en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y actualmente se encuentra realizando su Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en el CIICAp en la UAE-Mor.

Ana Karen Gálvez Larios estudió Ingeniería Química, Maestría y Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, actualmente se encuentra realizando su Pos-Doctorado en el Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM.

Alfredo Brito Franco estudió Ingeniería Ambiental, la Maestría y actualmente se encuentra realizando su Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en el CIICAp en la UAE-Mor.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

La corrosión

Comúnmente cuando dejamos un objeto metálico a la intemperie, como una bicicleta, unas pinzas, el automóvil u otro objeto, podemos ver como este cambia de color y comienza a deteriorarse. A este fenómeno se le denomina corrosión, es el deterioro de un material debido a su interacción con el medio ambiente. Todos los materiales son susceptibles a la corrosión, es por ello por lo que se busca como mitigarla. La corrosión puede producirse de manera uniforme, cuando se presenta a lo largo de toda la superficie del material en la misma proporción. Por otra parte, también está la corrosión localizada, siendo esta una de las más peligrosas, ya que comienza atacando pequeñas zonas las cuales irán creando un picado, el cual incrementa de tamaño conforme pasa el tiempo, y pueden también aparecer grietas o fisuras, las cuales se propagarán consecutivamente hasta que el material falle. ¡Pero no hay de qué preocuparse! ya que existen los ingenieros en corrosión, los cuales son los encargados de evitar la presencia de la corrosión mediante la correcta selección de materiales y aplicando diferentes métodos para protegerlos. Entre los campos de estudio de la ingeniería de corrosión se encuentran la: aeronáutica, industria alimentaria, pesquera, petrolera, nuclear, biomédica y el sector de la construcción, que es en el que nos centraremos en este artículo.

El concreto

El hormigón (concreto) es una mezcla de cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (grava), agua, aire y aditivos. El componente más importante del hormigón es el cemento. Una de sus propiedades más importantes es la resistencia a la compresión, esta depende de la relación agua-cemento. Al incrementar la cantidad de agua el concreto se volverá más poroso, lo que causa que tenga menor resistencia a la compresión. Si es menor el contenido de agua, será menos poroso y más resistente a la compresión. Como el concreto tiene baja resistencia a la tracción, para mejorar su resistencia se

La ciencia de la construcción

agrega una barra de acero y de ahí nace el hormigón armado (Figura 1). Pese a ser un material muy resistente se puede deteriorar por deterioro físico (sismos y fisuras), químico (ataques de ácidos y sulfuros) y corrosión.

de producirse un proceso de corrosión, se perderá parte de la resistencia de la estructura dejándola susceptible a derrumbes (Figura 2).

¿Pero qué es lo que pasa cuando se corroen las varillas en una construcción?

Cuando el acero de refuerzo se corroe, sucede un proceso de oxidación, es decir el metal pierde un electrón, el cual interactuará con el agua (humedad del ambiente) y el oxígeno, generando la formación de un hidróxido. Cuando este interactúa con el hierro forma hidróxido de hierro; después vuelve a reaccionar con el agua y oxígeno repitiendo este proceso hasta que se obtiene óxido de hierro hidratado. Esto produce un incremento en el volumen del acero de refuerzo (varillas) de 2 hasta 10 veces su tamaño original. En este estado el concreto comienza a fisurarse hasta que la cubierta de concreto cae. Después será visible la varilla, de un color marrón que, al estar a la intemperie, sin ningún medio que la proteja, se corroerá rápidamente, lo que producirá la reducción de su diámetro y acabará derrumbándose la construcción. Este hecho fue posible visualizarlo en el temblor de 1985 en México, mediante diversos estudios realizados a los escombros de los edificios en los cuales era posible ver que algunos de los edificios contaban con acero de refuerzo corroído e incluso algunos ya no contaban con este (Figura 3).

¿Si he evitado el uso de agua contaminada en la preparación del concreto, hay algún otro factor que afecte la integridad de mi hogar?

El concreto tiene una muy buena propiedad: es alcalino. Es decir, tiene una elevada cantidad de iones de hidroxilo, los cuales mantienen el acero de refuerzo protegido de un proceso de corrosión. Teniendo un pH 12-13, el acero formará una capa pasiva, es decir una capa de óxido, la cual reduce o inclusive puede detener el proceso de corrosión dependiendo las condiciones en las cuales se encuentre. ¿Pero entonces

por qué se corroe el acero de refuerzo si está protegido? Los principales ataques de corrosión que presenta el acero de refuerzo son el ataque por carbonatación y el ataque por cloruros. El ataque por carbonatación es producido por el dióxido de carbono CO_2 presente en el ambiente, el cual reacciona con el agua (humedad del ambiente) produciendo ácido carbónico, el cual se difunde por los poros del concreto, produciendo otra reacción química denominada carbonatación. La carbonatación hace que el pH del concreto disminuya a un pH 7-8, condiciones en las cuales el acero comenzará a corroerse. Esto se produce debido a una mala preparación del concreto (hormigón), relación agua/cemento, un mal curado y una cubierta de concreto delgada. El caso del ataque por cloruros, análogamente ocurre por un proceso de difusión, no obstante, este proceso es más agresivo (generalmente produce un proceso de corrosión localizada) y se produce rápidamente. El ataque puede ser por el uso de agua de mar para la creación del concreto, uso de aditivos que aceleran el tiempo de curado los cuales tienen cloruros, brisa del mar (zonas costeras), uso de sal para derretir hielo (actividad realizada en zonas de nevada), entre otros. ¿Cómo podemos evitar estos tipos de ataque? Aplicando humo de sílice para reducir los poros en el concreto, reduciendo la difusión del CO_2 y NaCl. Otro método es la correcta relación agua/cemento, una cubierta lo suficientemente gruesa, la cual dependerá de las condiciones ambientales, el correcto curado y compactación del concreto. Es por ello por lo que para proteger el concreto de un proceso de difusión de CO_2 y NaCl también se aplican recubrimientos (pinturas). Las pinturas tienen como objetivo proteger las superficies, ya que estas promueven una barrera contra la corrosión



FIGURA 3. MURO deteriorado sin cubierta de concreto en donde se observa el acero expuesto a corrosión atmosférica. [HTTPS://WWW.ISTOCKPHOTO.COM/ES/FOTO/DESTRUYENDO-EL-MURO-DE-HORMIGON-C3%B3N-ARMADO-CA-C3%ADDA-DE-YESO-GM1017692268-273651218](https://www.istockphoto.com/es/foto/DESTRUYENDO-EL-MURO-DE-HORMIGON-C3%B3N-ARMADO-CA-C3%ADDA-DE-YESO-GM1017692268-273651218)

de especies presentes en el ambiente, debido a su alta resistencia al oxígeno, agua y transporte iónico. Es por ello por lo que siempre se aplica impermeabilizante a las losas, pintura a los muros y algunas veces antes de estos, se aplica un aplanado liso a la superficie para que esté libre de poros. La mayoría de los recubrimientos tienen propiedades específicas además de las ya mencionadas. Por ejemplo, los impermeabilizantes también cuentan con el efecto de repeler o absorber la energía solar. Si se utiliza un impermeabilizante rojo este absorbe la energía solar un 80%, mientras que el blanco repele un 75% de esta.

¿Por qué se pintan las estructuras de los edificios?

Cuando se construyen edificios o plazas comerciales grandes, comúnmente se utilizan vigas de acero para su construcción, ya que eso reduce el tiempo de trabajo. Además, se pueden usar en zonas con suelos difíciles para su cimentación, son menos voluminosas y pesadas que el concreto, entre otras ventajas. Uno de los métodos para proteger la estructura es llevando a cabo el pintado de estas, el cual sirve para proteger el material de la corrosión. Además, este tipo de pinturas utilizadas en el sector de construcción cuentan con otra propiedad, es que son anti-fuego. Se sabe que, cuando hay un incendio, las estructuras de acero tienden a perder resistencia, motivo por el cual muchas veces colapsan los edificios durante un incendio; la propiedad anti-fuego del recubrimiento brindará el tiempo suficiente para llevar a cabo la evacuación del edificio, antes de que este se derrumbe.

Métodos cotidianos para prevenir la co-

rosión ¿de verdad funcionan?

Es frecuente en nuestro país que cuando se construye un hogar tiende a hacerse de una planta, con la idea de que en un futuro se expandirá a dos; por ello se dejan las varillas descubiertas en la azotea. No obstante, al hacer esto quedan expuestas a la intemperie, lo cual tiene un efecto contundente en el proceso de corrosión, que comenzará a propagarse a lo largo de toda la varilla de la construcción. Es por ello por lo que se realiza la práctica de colocar una botella de plástico sobre las varillas con la finalidad de protegerlas, pero ¿de verdad funciona? La respuesta es no, tiene el efecto contrario, llevándose a cabo un proceso de corrosión denominado *bajo depósitos*; este ocurre cuando sobre un metal hay un depósito de algo no conductor, que limita la interacción del oxígeno con el metal. De esta forma, no se llevará a cabo el proceso normal de corrosión, que podría llegar a pasivar el material, por lo cual se producirá un proceso de disolución continuo del material.

Otro método de protección contra la corrosión

Otro método contra la corrosión es la protección catódica. En esta se aplica una corriente inducida. Como se mencionó, cuando un material se corroe ocurre una reacción de óxido reducción en donde el material, como por ejemplo el acero, cede electrones al ambiente y empieza a corroerse. Este proceso ocurre de forma constante; en él los electrones fluyen, formando una corriente eléctrica. El área del estudio de la corrosión es la electroquímica, porque estudia la conversión de la energía química en electricidad y viceversa. Entonces se hacen aproximaciones de corriente de deterioro para compen-

sarla con una corriente continua aplicada mediante una fuente externa (polo negativo a la fuente y positivo al ánodo); sin embargo, esta corriente no se puede calcular de forma exacta, ya que el ambiente nunca es estable, tiene ciertas variaciones. Por ello la corrosión nunca se detiene completamente, solo se controla.

Importancia de la ciencia en la construcción

Ahora que sabemos qué es la corrosión y su importancia nos podemos dar cuenta que construir un edificio no solo se trata de agua y cemento, detrás de todo hay ciencia. La correcta selección del material, el uso del agua adecuada, el aplanado y pintado de nuestro hogar puede tener un gran efecto en su durabilidad. De esa forma la casa de tus sueños en vez de durar 100 años puede durar menos de 30 años. Inclusive puede derrumbarse durante un temblor debido a los efectos de la corrosión, produciendo pérdidas monetarias o incluso pérdidas humanas.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

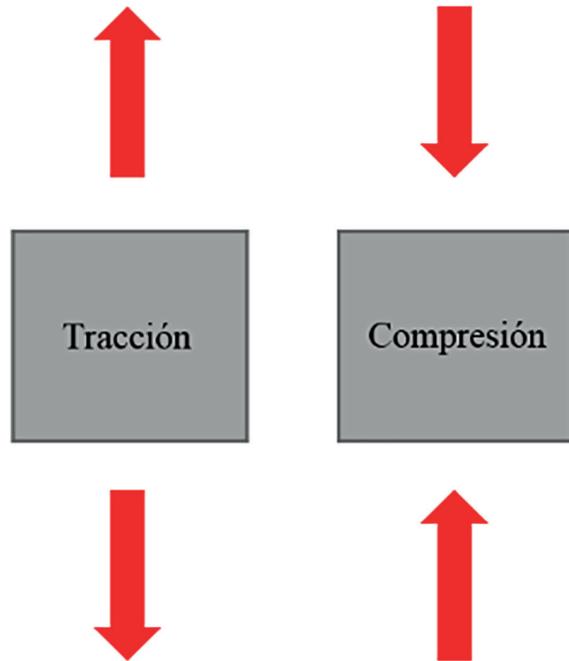


FIGURA 1. TRACCIÓN y compresión (autor Omar Alejandro González Noriega).

¿Qué efecto tiene utilizar cualquier tipo de agua para la preparación del concreto?

Frecuentemente cuando se quiere preparar concreto, se hace uso del agua que se encuentra a nuestro alcance, como agua de mares, ríos, aguas estancadas, entre otras. ¿Pero qué efecto tienen estas en la construcción? Como ya se mencionó, se hace uso de acero de refuerzo (varillas) para brindarle resistencia a la tracción a las casas, edificios, entre otros. Sin embargo, unos de los medios más agresivos para los metales son los cloruros, por lo que el utilizar el agua de mar para la creación de un concreto puede llevarte a reducir la vida útil de una casa de 100 a 25 años; todo depende del contenido de cloruros presentes en el agua.

Otro factor que afecta la vida útil de las construcciones es el uso de aguas contaminadas, ya que las aguas que contienen microorganismos pueden ser perjudiciales para el acero de refuerzo. Existe un área del estudio de la corrosión encargada del análisis de microorganismos que pueden generar corrosión en los materiales. Hay una diversidad de bacterias, pero unas de las más peligrosas son las BSF (bacterias sulfato reductoras), que son bacterias que pueden producir sulfuros, los cuales afectan contundentemente a los materiales metálicos. Es por ello que se debe evitar el uso de aguas contaminadas o cloradas, ya



FIGURA 2. CASAS derrumbadas después de un terremoto. [HTTPS://PIXABAY.COM/ES/PHOTOS/TERREMOTO-ESCOMBROS-L-AQUILA-1665870/](https://pixabay.com/es/PHOTOS/TERREMOTO-ESCOMBROS-L-AQUILA-1665870/)

Referencias

- <https://www.launion.com.mx/blogs/ciencia/noticias/196103-la-importancia-de-la-ingenieria-en-corrosion.html>
- Dhawan S. Bhandari H., Ruhi G., Singh B., & Sambyal P. (2020). Corrosion Preventive Materials and Corrosion Testing. First Edition CRC Press Taylor and Group.

- El-Ready M. (2019). Steel-Reinforced Concrete Structures. First Edition CRC Press Taylor and Group.
 - Martínez G., Bosco J., López T., & Menchaca C. (2015). Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción. Primera edición. OmniaScience. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.211>.
- Lectura sugerida**
<https://acmor.org/perfiles/m-i-q-omar-alejandro-gonz-lez-noriega>



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx

launion.com.mx



@uniondemorelos