



---

# ¿Qué es la corrosión?

White Paper

# ¿Qué es la corrosión?

---

**Por Doug Jones**

Equipo de Expertos de Bossard,  
Bossard Estados Unidos

[www.bossard.com](http://www.bossard.com)

Todos los derechos reservados © 2020 Bossard

Las recomendaciones y consejos mencionados deben ser adecuadamente comprobados por el lector en el uso práctico y ser aprobados como adecuados para su aplicación.  
Cambios Reservados.



ASSEMBLY  
TECHNOLOGY  
EXPERT

## ¿QUÉ ES LA CORROSIÓN?

# Introducción

En algunos casos la corrosión puede ser vista como agradable, como una ligera capa en una regadera de cobre usada para la decoración, pero la mayoría de las veces nos gusta evitar que la corrosión se apodere de nuestros diseños hasta que el ciclo de vida esperado del producto haya pasado. La corrosión puede llevar a clientes descontentos que pueden encontrar manchas de óxido en su nuevo y brillante tractor de jardín, o la corrosión puede incluso causar lesiones y muerte como resultado del colapso de un techo sobre una piscina cuyo techo fue diseñado de forma inadecuada. Comprender los tipos de corrosión y utilizar buenas prácticas de diseño para prevenirla debería ser importante para cualquier ingeniero.

óxido. La corrosión comienza con el 60% de humedad relativa. Si el aire contiene dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, sal, cenizas, hollín y otros contaminantes, las posibilidades de corrosión aumentan.

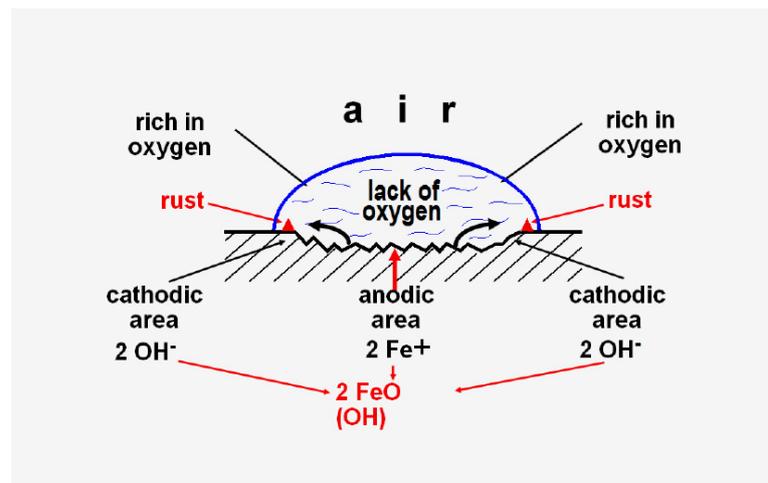
## Principios de la corrosión

La principal causa de la corrosión en las fijaciones es la humedad y las reacciones electroquímicas que pueden ocurrir entre ellas y sus componentes de acoplamiento. .

## Modelo de gota de agua

La figura de arriba representa una gota de agua que descansa en una superficie de hierro plana. La superficie de la gota de agua está expuesta al aire, lo que la hace rica en oxígeno. El interior de la gota tiene una falta de oxígeno que crea una diferencia de potencial electroquímico que permite que la corriente eléctrica fluya. La corriente eléctrica fluye a través del agua, que actúa como un electrolito, desde la superficie anódica del hierro hasta la superficie catódica del agua, haciendo que los iones de hierro se disuelvan.

Al mismo tiempo, los iones de hidróxido se forman en el agua y reaccionan con los iones de hierro causando la precipitación del hidróxido de hierro  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . El oxígeno disuelto oxida rápidamente este compuesto para formar hidrato de óxido de hierro  $(\text{FeO}(\text{OH}))_n\text{H}_2\text{O}$ , comúnmente conocido como óxido. No requiere mucha humedad para que comience el



## ¿QUÉ ES LA CORROSIÓN?

# Tipos de Corrosión

### Corrosión uniforme

La corrosión uniforme del acero es el tipo más común de corrosión y se reconoce por su color rojizo distribuido uniformemente a través de la porción expuesta del elemento de fijación. Si se deja sin atender, las partes pueden volverse más delgadas y débiles causando eventualmente que la unión falle o sea incapaz de desmontarla..



### Prevención

- Proteger las piezas de la humedad
- Usar diseños que permitan que el agua circule y no se estanque
- Proporcionar una buena ventilación para permitir el secado
- Mantener las superficies limpias y evitar la contaminación
- Evitar la condensación continua
- Proteger las fijaciones con capas protectoras o recubrimientos

### Corrosión en las grietas

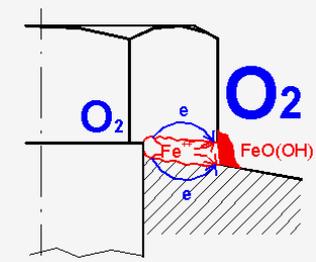
Los pequeños huecos y huellas tienden a absorber la humedad y no se secan fácilmente. La humedad en una grieta pierde rápidamente el oxígeno y desencadena la corrosión anódica descrita en el modelo de la gota de agua. En el caso de las fijaciones, el riesgo de corrosión en las grietas se multiplica con el número de caras de la unión ensamblada.



La tornillería de acero inoxidable austenítico también corren el riesgo de corrosión de las grietas, especialmente si se usan en un ambiente donde hay iones de cloro en el agua.

### Prevención

- Minimizar el uso de arandelas - usar elementos con valona incorporada
- Hacer que las interfaces conjuntas sean lo más suaves posible



## Corrosión galvánica

La unión de dos metales diferentes en presencia de humedad crea un potencial electroquímico que conduce a la corrosión. La corriente fluye desde el metal menos noble, anódico, al metal catódico más noble en esta reacción galvánica, disolviendo el material menos noble.

water, pH 6,0	sea water, pH 7,5	
silver	silver	more noble (cathode)
cooper	nickel	
nickel	cooper	↑
stainless A2	stainless A2	
aluminium		less noble (anode)
lead	steel	
tinn	cadmium	
lead	aluminium	
steel		
cadmium	zinc	
zinc	tin	

Electrochemical potentials of metal



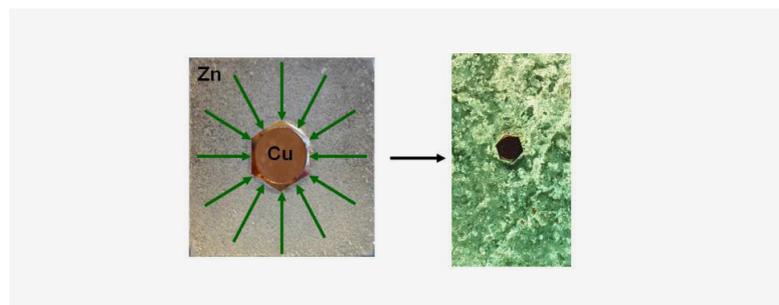
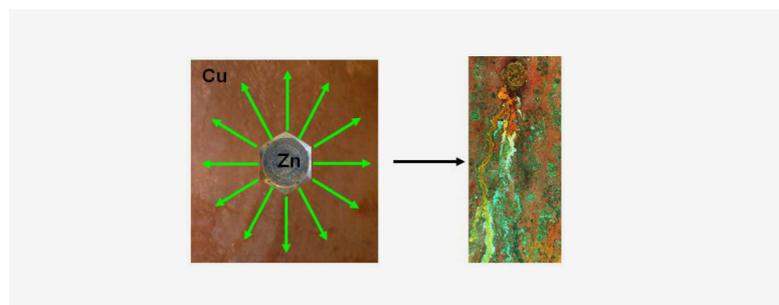
Tuerca de zinc en un platillo de bronce

La densidad de la corriente de corrosión es directamente proporcional a la velocidad de disolución del metal. En el siguiente ejemplo, se utiliza un tornillo de zinc menos noble para fijar una placa de cobre. La pequeña superficie del zinc, comparada con la del cobre, mucho más grande, crea una alta densidad de corriente. Cuando se añade humedad, el zinc se disuelve rápidamente.

Si invertimos los elementos y fijamos una gran pieza de acero zincado con un tornillo de cobre, la densidad de corriente es muy baja, y el proceso de corrosión es mucho más uniforme entre los dos.

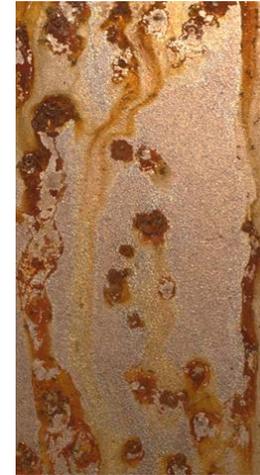
## Prevención

- Los materiales de fijación o el recubrimiento deben ser tan nobles o más nobles que los elementos de la unión.
- Las arandelas de plástico aislante pueden usarse para juntas donde la carga de la unión ensamblada no es crítica.
- Las partes de acero inoxidable o cobre nunca deben ser ensambladas con fijaciones de zinc.



## Corrosión por picadura

En una superficie metálica que está recubierta por un acabado muy noble, como el níquel o el cromo, puede producirse corrosión por picaduras. En el siguiente ejemplo, el acero niquelado tenía poros invisibles que permitían el paso del agua al metal base. La corrosión de las grietas comenzó bajo la superficie, y se mostró a través de los poros como pequeños puntos o picaduras.

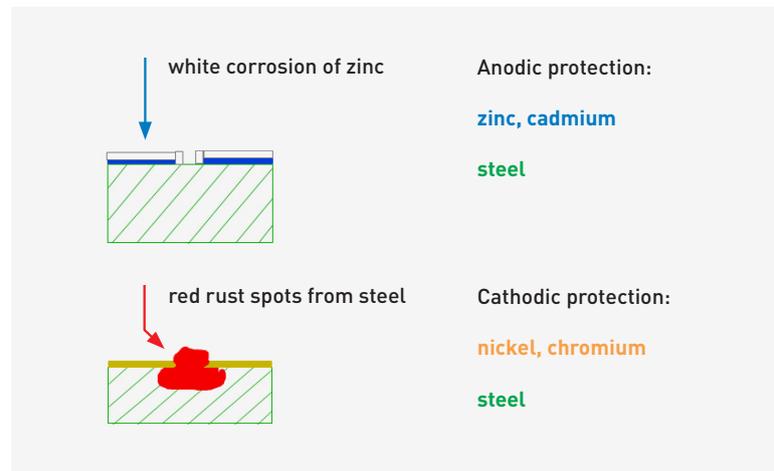


El acero inoxidable y las aleaciones de aluminio también son susceptibles a la corrosión por picadura. Estos metales tienen una capa pasiva de óxido de cromo en la superficie que evita que se corroan en un ambiente normal. Si esta capa pasiva se daña localmente, ya sea mecánicamente o por soluciones que contienen iones de cloruro, puede producirse corrosión por picadura.

El área expuesta se vuelve menos noble que el área pasivada mucho más grande que la rodea y crea una densidad de corriente que permite la corrosión galvánica en el área localizada, o fisuras. Si se permite la entrada de oxígeno en el área activa, puede volver a pasivarse, pero la suciedad, los depósitos de sal y los residuos de cloro pueden obstaculizar el acceso del oxígeno dificultando la reforma de la capa pasiva.

## Prevención

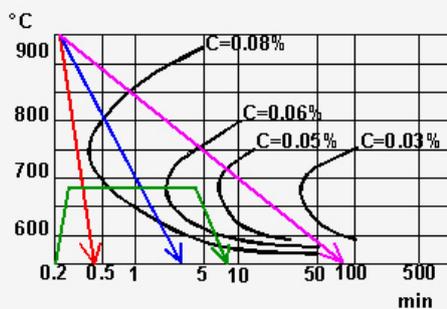
- Hable con su proveedor de recubrimientos de níquel sobre tratamientos posteriores como el líquido deshidratante Castrol (DW924) que llena los poros.
- Mantener las superficies limpias y lisas
- Evite los residuos sólidos o líquidos, especialmente los cloruros - lavar o enjuagar las partes que han sido expuestas.
- Usar acero inoxidable A4 o 316 que contenga molibdeno en ambientes sujetos a cloruros.



## Corrosión intergranular

Los aceros inoxidable austeníticos (Cr Ni) pueden desarrollar una corrosión intergranular cuando se calientan a una temperatura elevada para su estampación en caliente o su soldadura. Después de calentarse (600 - 900°C) y enfriarse lentamente, el carbono puede combinarse con el cromo para formar carburos de cromo. La formación de carburos merma el contenido de cromo necesario para que el acero sea resistente a la corrosión. Si el nivel de cromo cae por debajo del 12%, puede producirse corrosión, especialmente en los límites de los granos.

Un mayor contenido de carbono en el acero inoxidable y una menor velocidad de enfriamiento generará más carburos. El siguiente gráfico muestra el tiempo de enfriamiento en minutos a partir de ciertos niveles de temperatura. Mientras la temperatura del acero y la duración de la exposición al calor permanezcan a la izquierda de la curva, no se producirá corrosión intergranular.



## Prevención

- Usar acero inoxidable con un contenido de carbono inferior al 0,05% si es por estampación en caliente o para soldar.
- Sofocar las partes en agua directamente después del proceso térmico.
- Los aceros inoxidables que contienen más de 0,05% de carbono que serán sometidos a altas temperaturas pueden estabilizarse añadiendo titanio, niobio o tántalo (aceros A3 y A5)



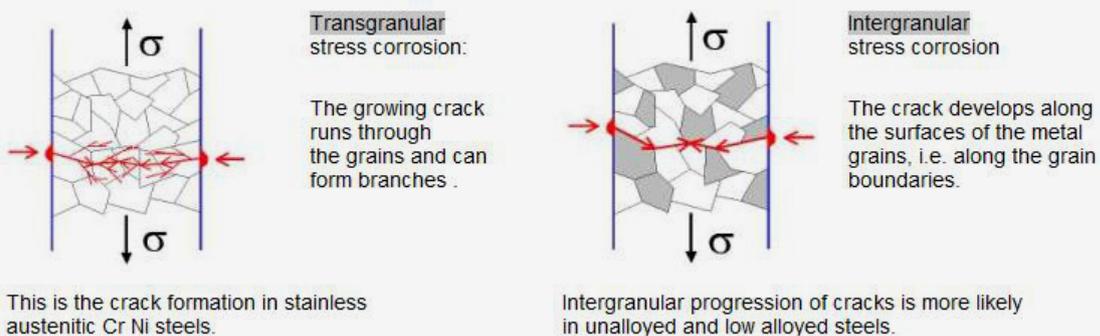
## El agrietamiento por corrosión bajo tensión

El agrietamiento por corrosión bajo tensión puede producirse cuando la corrosión se produce en elementos de fijación sometidos a tensiones de tracción. Lo más frecuente es que este tipo de fallo comience con la corrosión por picadura.

En el caso del acero inoxidable austenítico que ha sufrido corrosión por picadura en presencia de agua salada, la corrosión se acelera perpendicularmente a la orientación de la tensión y se forma una grieta. A través de las reacciones que tienen lugar, el óxido rojo y el ácido clorhídrico se forman continuamente en la base de la grieta. El ataque del ácido impide la repasivación, y el proceso de corrosión continúa, haciendo que la grieta se haga cada vez más profunda hasta que el metal falla.



El agrietamiento por corrosión bajo tensión también puede ocurrir en aceros no aleados y de baja aleación. La grieta formada será de naturaleza intergranular mientras que las grietas en los aceros austeníticos inoxidables serán transgranulares.



## Prevención

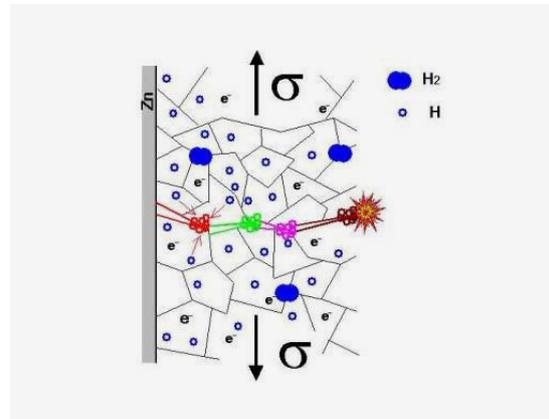
- Observe las reglas de prevención de la corrosión por picadura, especialmente en las fijaciones que están muy tensionadas
- Inspeccionar periódicamente las partes críticas para la seguridad en busca de cualquier signo de corrosión
- Considere el galvanizado en caliente para las partes críticas de seguridad, haciendo que la corrosión sea notable
- Asegurar que las fijaciones críticas de seguridad sean accesibles para su inspección y sustitución

## La fragilización por hidrógeno

El hidrógeno puede ser inducido en el acero durante la limpieza con ácido o el proceso electrolítico. Durante el proceso, la mayoría del hidrógeno se escapa en forma de gas, pero parte de él se disipa a través del metal en forma atómica. Los átomos de hidrógeno se mantienen muy móviles en la estructura de grano del metal, y tienen tendencia a migrar a áreas de concentración de tensión.

Cuando los elementos de fijación de alta resistencia (dureza > 320 HV) son sometidos a estrés, los pequeños defectos de la superficie, como rasguños o inserciones, pueden abrirse en forma de una grieta muy pequeña. Si el hidrógeno está presente en el acero, los átomos son atraídos por las tensiones de tracción alrededor de la punta de la grieta y forman allí una "nube de átomos de hidrógeno". El hidrógeno debilita la microestructura del metal y la grieta puede seguir creciendo hasta que la pieza rompa.

El fallo de la fragilización por hidrógeno siempre será un fallo en diferido o tardío, que no ocurre en el momento del montaje, sino horas o semanas más tarde. Los fallos típicos ocurren dentro de 24 a 48 horas. Las partes más susceptibles son los elementos de fijación roscados de clase de propiedad métrica 10.9 o superior, grado imperial 8 o superior. También están en riesgo las piezas roscadas endurecidas, como los tornillos autoforantes o los tornillos dentados, y todo lo que sea acero elástico como las arandelas de seguridad y los elementos de seguridad para ejes y agujeros. Para las piezas de alta resistencia que son fabricadas por procesos electrolíticos, se puede realizar un proceso de recocido durante un mínimo de cuatro horas a 200-230°C dentro de las cuatro horas siguientes a la electrólisis en un esfuerzo por expulsar el hidrógeno. Aunque esta práctica es muy recomendada y ampliamente utilizada, no es garantía de que se haya eliminado el riesgo. La mejor práctica es no introducir hidrógeno en las piezas en primer lugar. Otros recubrimientos que no crean hidrógeno deben ser considerados para las fijaciones de alta resistencia.



## Tres causas son clave para la fragilización por hidrógeno:

1. Un material susceptible - acero con una dureza de  $> 320$  HV o una resistencia a la tracción  $>1000\text{N/mm}^2$ .
2. Un proceso que introduce el hidrógeno en el metal
3. Un esfuerzo de tensión constante

Si cualquiera de las tres causas anteriores se elimina de la ecuación, la fragilidad por hidrógeno no será una preocupación. Eso significa que la tornillería de clase 8.8 o de grado 5 no están en riesgo, y tampoco las fijaciones con acabado superficial con un recubrimiento que no introduce hidrógeno. También hay que tener en cuenta que el proceso de corrosión produce hidrógeno, por lo que las fijaciones de alta resistencia también deben ser protegidos de la corrosión. Los fallos en diferido o tardíos que se producen muchas semanas o meses después del montaje son normalmente el resultado de la corrosión inducida por el hidrógeno y no de una fuente de hidrógeno introducida durante la fabricación de las piezas.

## Prevención

- No utilice procesos electrolíticos ni productos limpiadores ácidos para fijaciones de alta resistencia con una dureza de  $> 320$  HV o una resistencia a la tracción  $>1000\text{N/mm}^2$
- Si la electrólisis es inevitable, asegúrese de que las piezas estén lo más limpias posible para reducir al mínimo el tiempo necesario para la limpieza con ácido y siga el proceso de recocido descrito anteriormente.

## ¿QUÉ ES LA CORROSIÓN?

# Resumen

---

Tenga en cuenta que, al diseñar los productos, los elementos de fijación son una parte integrada de todo el conjunto y no pueden tratarse como entidades separadas. Las fijaciones siempre deben ser igual en calidad o mejores que las partes que sostienen juntas. Comprendiendo los diferentes tipos de corrosión y las medidas preventivas y siguiendo las reglas que se indican a continuación, se pueden lograr uniones ensambladas buenas y duraderas. Siga las tres reglas siguientes para asegurar un buen diseño de las juntas:

1. Los elementos de unión siempre deben ser en calidad, iguales o incluso mejores que las partes unidas
2. Las uniones ensambladas fijas nunca deben convertirse en puntos de debilidad.
3. Asegúrate de que todas las uniones ensambladas fijas, especialmente las críticas, sean accesibles para su inspección y sustitución.



Para más información:

[spain@bossard.com](mailto:spain@bossard.com)  
[www.bossard.es](http://www.bossard.es)

SC Trade Center  
Av. de les Corts Catalanes, 8  
08173 Sant Cugat del Vallés  
Barcelona