

## RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

La principal característica del acero inoxidable es:

La resistencia a la corrosión, propiedad que le infiere el contener cuando menos 10.5% de cromo en su peso. Al reaccionar con el oxígeno se forma una película de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) pasivamente continua, muy resistente y estable en la superficie de los mismos. Esta película es extremadamente delgada (2 a  $5 \times 10^{-7}$  mm de espesor) y se encuentra aún en los aceros inoxidables con acabado súper-espejo.

La capa pasiva se puede mejorar adicionando diferentes elementos de aleación.

### CORROSIÓN

La corrosión es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque químico por su entorno; es el mecanismo espontáneo con el que la naturaleza revierte los procesos de obtención de los materiales causando la alteración o destrucción de la mayor parte de los bienes fabricados por el hombre.

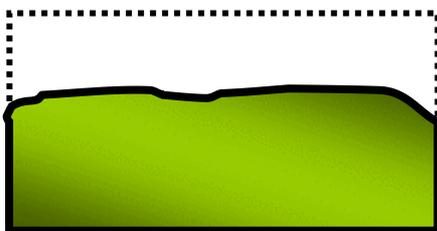
La estabilidad de la capa pasiva y por consiguiente la capacidad de resistir la corrosión, está ligada a las características de la aplicación ---composición, estructura, modalidad---, así como al ambiente agresivo al que se somete el acero inoxidable.

Los fenómenos corrosivos que cuantitativamente son más frecuentes en las práctica son los que se denominan de corrosión húmeda, es decir en presencia de agua en estado de condensación, aunque sea en forma de simple humedad atmosférica. La corrosión húmeda puede ser de tipo generalizada o localizada. También existe la corrosión a altas temperaturas.

### TIPOS DE CORROSIÓN HÚMEDA

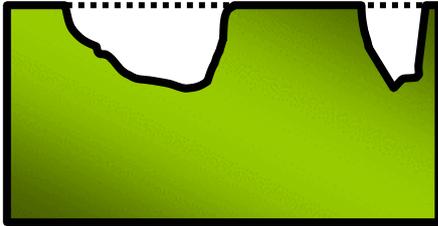
#### CORROSIÓN GENERALIZADA

Se presenta en la totalidad de la superficie expuesta del metal en forma de agresión progresiva y a velocidad constante.

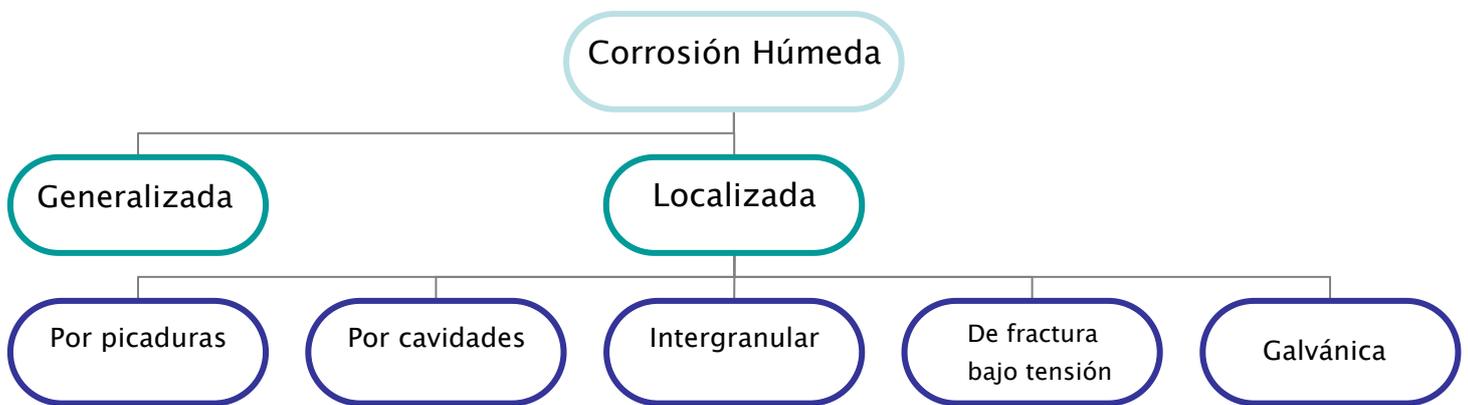


## CORROSIÓN LOCALIZADA

Existen varias causas posibles para este tipo de ataque, en general se trata de variaciones en las condiciones locales de la superficie.



Existen cinco tipos de corrosión húmeda localizada.

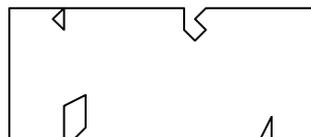


### *Corrosión por picaduras*

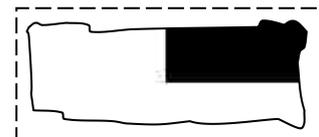
El picado es un tipo de corrosión frecuentemente observado en los aceros inoxidable, es una forma de corrosión localizada muy peligrosa, ya que en ocasiones el avance del debilitamiento en el material puede no ser observable. Se caracteriza por la presencia de pequeñas perforaciones localizadas en una superficie que por otro lado presenta áreas no afectadas.



Sin corrosión



Picadura



Corrosión general

Representación de la corrosión por picadura como una etapa intermedia

Los ambientes típicos capaces de desarrollar corrosión por picaduras son el agua marina y en general las aguas que contienen iones cloro, sobre todo si están estancadas.

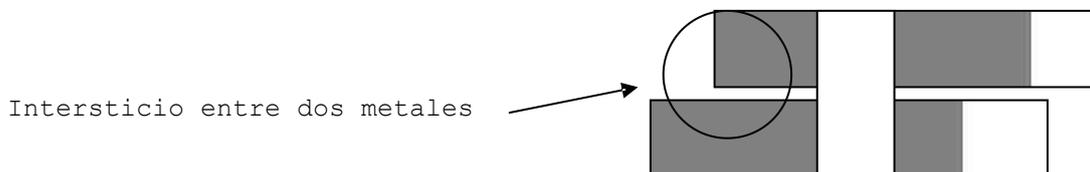
Para evitar este tipo de ataque conviene tener en cuenta lo siguiente:

- Asegurar que las superficies se encuentren descontaminadas, eliminado toda traza de hierro.
- Eliminar la capa de óxidos metálicos de los cordones de soldadura y de las zonas adyacentes.
- Evitar la sensibilización del material tanto en procesos de soldadura como por calentamiento.

### *Corrosión por cavidades*

Esta corrosión se puede presentar cuando se presenten intersticios entre dos superficies acopladas de piezas metálicas del mismo o diferente tipo, o bien entre piezas metálicas y depósitos de cuerpos extraños, incluso no metálicos (microorganismos u otros depósitos de materiales).

Este tipo de corrosión ataca la superficie metálica que se encuentra oculta, por ejemplo, debajo de arandelas o cabezas de tornillo, en las roscas de tornillos o en accesorios de tubería en contacto con juntas, bajo sedimentos o sólidos asentados, o bajo la flora marina.



Los medios para combatir este fenómeno son los siguientes:

- Evitar en la fase de diseño y proyecto la formación de intersticios abiertos hacia el ambiente corrosivo.
- Durante el montaje, evitar que por debajo de las juntas, especialmente en los bordes, queden aprisionados depósitos de suciedad, arena o polvo.
- Con un correcto diseño de las piezas y una cuidadosa limpieza de las mismas, evitar la formación de depósitos, incluso de materiales inertes.

### *Corrosión intergranular*

Es una corrosión localizada a escala microscópica en los límites de grano de la aleación. En el acero inoxidable regularmente es resultado del agotamiento del cromo sobre los límites de grano en zonas sensibilizadas por procesos térmicos.

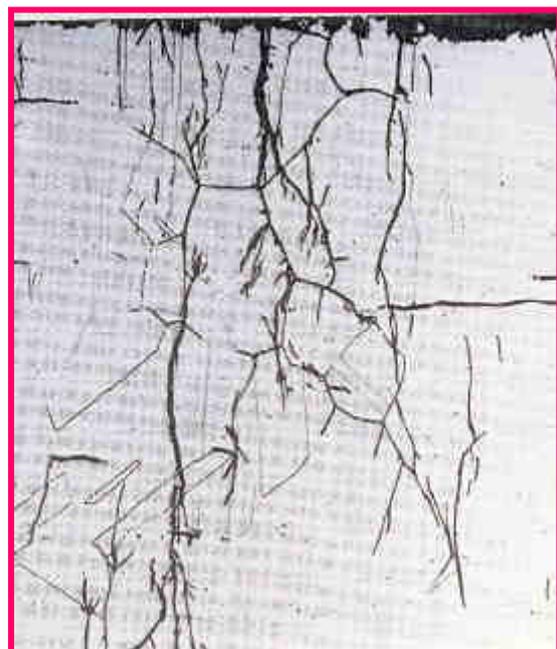
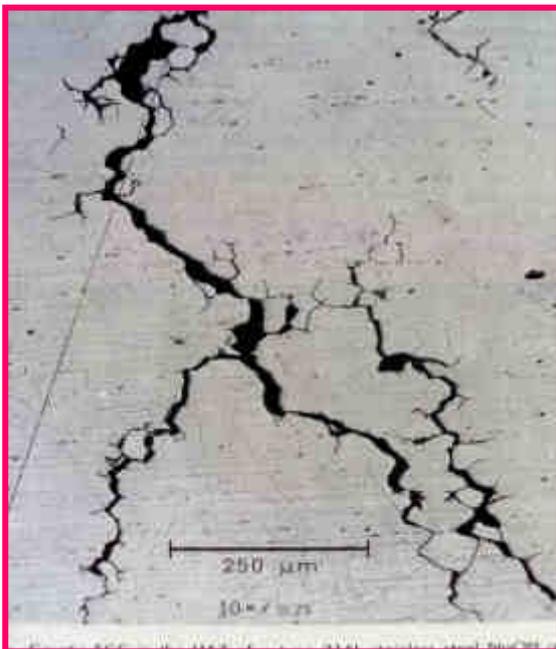
Para evitar la corrosión intergranular:

- Evitar calentar y enfriar lentamente en el rango de sensibilización (450 a 850 °C.)
- Emplear aceros con bajo contenido de carbono (aceros grado "L"), para evitar la formación de carburos de cromo.
- Emplear aceros estabilizados (aceros con Titanio y / o niobio (columbio)
- Se pueden redissolver los carburos de cromo calentando la pieza sensibilizada a una temperatura de 1036 a 1150 °C seguido de un enfriamiento rápido con agua o aire forzado.

#### *Corrosión de fractura bajo tensión.*

Toma la forma de fractura ramificada en un material aparentemente dúctil. Para que la corrosión de fractura bajo tensión ocurra, se requiere de la interrelación de dos factores esenciales: la superficie del material expuesto al medio corrosivo deberá estar bajo esfuerzo de tensión y el medio corrosivo deberá específicamente ser causa de la corrosión bajo tensión.

El esfuerzo de tensión puede ser el resultado de cargas aplicadas, presión interna en el sistema o esfuerzos residuales provenientes de soldaduras anteriores o combadura. El medio corrosivo que puede provocar este fenómeno corrosivo es aquel que tiene presencia de cloruros, sosa cáustica y sulfuros bajo condiciones de alta temperatura. La corrosión de fractura bajo tensión rara vez tiene lugar si la temperatura es menos a 50°.



Para evitar la corrosión bajo tensión, es importante:

- Ensamblar cuidadosamente las piezas para evitar cuerpos en tensión.
- Formar zonas superficiales de compresión en aquellas partes sometidas a estado de tensión mediante martillado, granallado y laminado superficiales.
- Eliminar las tensiones generadas en el proceso de fabricación.
- Realizar apropiadamente la soldadura para evitar estados de tensión en los cordones de soldadura.

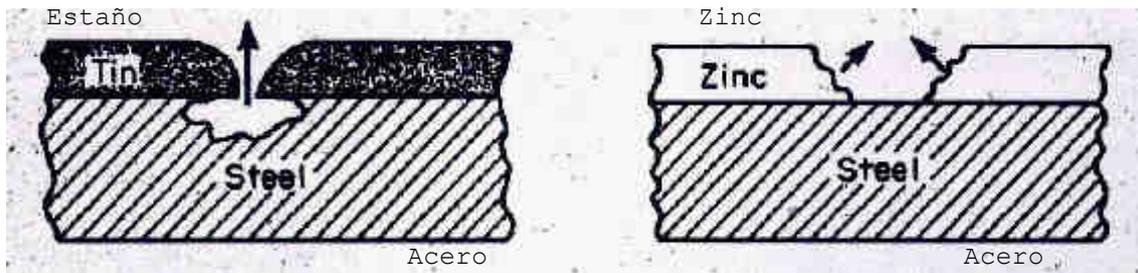
### *Corrosión galvánica*

Este tipo de corrosión ocurre cuando dos metales distintos están en contacto eléctrico y sumergidos en el mismo electrolito (incluyendo la humedad atmosférica). El material más activo de los dos, denominado ánodo, se corroe a una velocidad mayor. El más pasivo, denominado cátodo queda protegido y su velocidad de corrosión será menor que la normal.

Al utilizar el mismo tipo de material o al evitar el contacto eléctrico entre los dos materiales diferentes a unir, se evita este tipo de corrosión.

Los metales y aleaciones pueden ser ordenados de acuerdo a su comportamiento activo (anódico) o noble cuando se encuentran en un determinado electrolito. A esta clasificación se le conoce como serie galvánica, a continuación se enlista un ejemplo de metales o aleaciones, en donde los primeros de la lista son más catódicos y los últimos más anódicos en un ejemplo para agua de mar:

- Grafito, oro, platino
- Hastelloy C
- Incoloy 825
- AISI 316
- AISI 304
- Inconel 600
- Aleaciones cromo-níquel
- Bronces
- Cobre
- Estaño
- Plomo
- Acero al carbón
- Aluminio y sus aleaciones
- Zinc
- Magnesio.



Corrosión galvánica en acero cubierto de estaño y zinc respectivamente. Las flechas indican el ataque de la corrosión.

## RESISTENCIA A DIVERSOS AMBIENTES

### *Atmósfera*

Los aceros inoxidables mantienen una apariencia sin cambio sustancial después de una exposición prolongada a la atmósfera.

### *Atmósfera marina*

En atmósferas marinas los tipos 301, 302, 303, 304, 321 y 347 pueden desarrollar un manchado superficial disperso de color amarillento. Esta afectación es reducida en el caso del tipo 309 y es prácticamente eliminada en las aleaciones de tipo 310 y 316 (este último presenta la mejor resistencia).

### *Agua destilada*

Los aceros inoxidables austeníticos ordinarios prácticamente no son atacados por el agua destilada.

### *Agua doméstica*

La exposición prolongada en agua doméstica caliente (60°) ha mostrado que el AISI 304 es altamente resistente a la corrosión.

### *Agua salina*

El comportamiento del acero inoxidable en contacto con sal está determinado por las condiciones de exposición: donde la velocidad del agua es baja y hay probabilidades que organismos marinos o materias sólidas se adhieran a la aleación, puede esperarse un ataque considerable localizado alrededor o debajo de la materia adherida. Cuando la exposición se realiza bajo condiciones en donde los organismos u otros materiales sólidos no permanecen adheridos a la superficie de la aleación, el ataque a los austeníticos es despreciable.

Bajo las condiciones más adversas de exposición, las aleaciones que contienen molibdeno (AISI 316 y 317) son superiores a otras composiciones.

### *Sales neutras y alcalinas*

Los aceros inoxidable austeníticos están prácticamente libres de corrosión por sales neutras y alcalinas.

### *Sales ácidas*

El comportamiento de los inoxidable en soluciones salinas ácidas dependerá de los ácidos liberados por la hidrólisis. Las aleaciones que contienen molibdeno frecuentemente demuestran una ventaja bajo las condiciones más severas de acidez y temperatura.

### *Ácido clorhídrico*

Todas las concentraciones de ácido clorhídrico atacan los aceros inoxidable, porque este ácido destruye fácilmente su pasividad.

### *Ácido sulfúrico*

El inoxidable tipo 316 proporciona un servicio útil a temperatura ambiente en concentraciones de ácido sulfúrico debajo del 20% y arriba de 85%. Entre 20% y 85% el acero inoxidable está sujeto a ataque rápido. Aleaciones conteniendo molibdeno con cobre y silicio, conjuntamente con niveles más elevados de cromo y níquel, proporcionan resistencia al ataque a temperaturas de alrededor de 50° C.

### *Ácido nítrico*

Los aceros inoxidable austeníticos tienen una buena resistencia a la corrosión por el ácido nítrico. En todas las concentraciones y prácticamente en todas las temperaturas. Los tipos 304 y 347 son usados comúnmente para este ácido hasta su punto de ebullición, para temperaturas mayores se recomiendan los tipos 309 y 310.

### *Ácido fosfórico*

Los tipos 302 y 304 son satisfactorios con la mayoría de las concentraciones a temperatura ambiente.

### *Ácido láctico*

Los aceros inoxidable austeníticos normales son utilizados ampliamente para manejar soluciones de tipo láctico. Para soluciones concentradas calientes se recomienda usar aplicaciones de aleaciones que tengan molibdeno, como los tipos 316 y 317.

### *Corrosión por alimentos*

Los alimentos que contienen ácidos, tales como el acético, cítrico, málico, tartárico y láctico son procesados en equipos hechos de acero inoxidable tipo 304 ó 316. Donde se añade sal durante el procesamiento de alimentos se recomienda más el 316.