

WWI PROCAT, S.L.

LA CORROSIÓN Y LA PROTECCIÓN CATÓDICA EN TUBERÍAS DE AGUA CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Fco. Javier Miranda González de Echávarri

Licenciado en Ciencias Químicas

Director de WWI PROCAT, S.L. empresa especializada en protección catódica

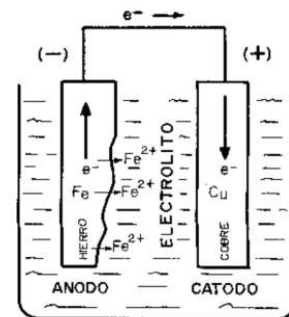
Certificación nº 9391 de NACE Internacional como especialista en protección catódica nivel 4 (CP SPECIALIST)

1 INTRODUCCIÓN

Este texto tiene como objetivo explicar de una manera clara y concisa los fenómenos de corrosión más frecuentes en tuberías de agua enterradas.

2 FUNDAMENTOS DE LA CORROSIÓN

La corrosión es la tendencia que tienen los metales a volver al estado combinado, es decir, al mismo estado en que se encontraban en la naturaleza, que es, en términos termodinámicos, el estado más estable. En el caso del acero o del hierro la corrosión se pone de manifiesto con la conocida "herrumbre". Si exceptuamos la corrosión a temperaturas y presiones altas, que es un proceso puramente químico por ataque del oxígeno al metal sin reacciones electroquímicas, el resto de fenómenos de corrosión son siempre de naturaleza electroquímica (llamándose también corrosión húmeda), y tienen su origen en la formación de pilas, con una corriente eléctrica que circula entre determinadas zonas de la superficie de un mismo metal o metales diferentes, conocidas con el nombre de ánodos y cátodos, y a través de una solución llamada electrolito capaz de conducir dicha corriente.



PILA DE CORROSION POR PAR GALVANICO

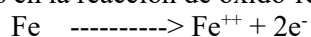
El origen de las pilas de corrosión tiene lugar por el contacto de diferentes metales (par galvánico), contacto entre zonas del mismo metal que tienen propiedades electroquímicas diferentes, o por diferencias en el electrolito en dichas zonas, tanto en sus características físicas como en las químicas (que afectan a las electroquímicas).

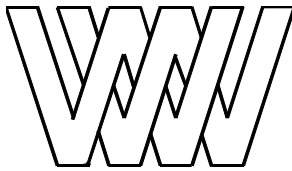
Los metales tienen diferentes tendencias a desprenderse de ellos. Cuanto mayor sea la tendencia para ello más facilidad tiene para comportarse como ánodo (frente a otro metal que hace de cátodo) y corroerse.

2.1 REACCIONES ELECTROQUÍMICAS

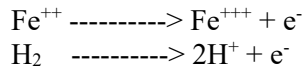
En las reacciones electroquímicas se dan simultáneamente una o varias reacciones de oxidación y de reducción, teniendo siempre lugar con transferencia de electrones en los contactos entre metales y de iones en el electrolito.

Los reductores son todas aquellas partículas -como moléculas, átomos o iones- que ceden electrones en la reacción de óxido-reducción. Por ejemplo:



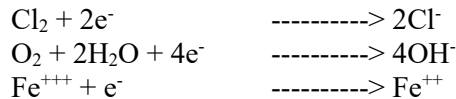


WWI PROCAT, S.L.



Éstas son reacciones del hierro y del hidrógeno en las que se comportan como reductores, y a su vez se oxidan.

Así mismo las partículas que captan electrones, en las mismas reacciones, son oxidantes y se reducen. Ejemplos típicos de oxidantes son:



Donde el Cl_2 el Fe^{+++} y el O_2 son oxidantes, que a su vez se reducen.

Cuanto mayor es la intensidad de corriente de la pila de corrosión, mayor será la pérdida de metal en la zona anódica. La intensidad de la pila de corrosión depende básicamente de dos factores, que son:

- Diferencia del potencial de electrodo entre el ánodo y el cátodo.
- **Resistividad** del electrolito.

La resistividad (inversa de la conductividad) es una característica propia de cada electrolito. Su valor depende de la humedad, temperatura, cantidad y tipo de sales que contenga.

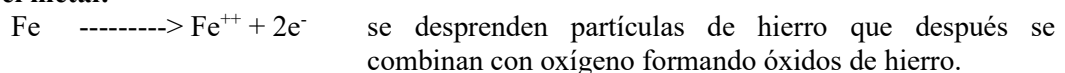
En el hierro o el acero por cada miliamperio, que circula en la pila de corrosión a lo largo de 1 año, se destruyen (pasando a óxido de hierro) cerca de 10 gramos.

2.2 CONCEPTO DE ÁNODO Y CÁTODO

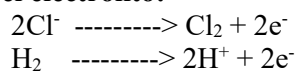
El ánodo (superficie en contacto con tierra o agua) es el electrodo donde tiene lugar la oxidación, y el cátodo (superficie en contacto con tierra o agua) es el electrodo donde se dan las de reducción. El ánodo pierde electrones y por él sale la corriente hacia el electrolito, mientras que en el cátodo se acumulan esos electrones entrando la corriente desde el electrolito. En consonancia con lo que antes hemos visto las reacciones anódicas y catódicas más importantes son las siguientes:

ÁNODO

En el metal:

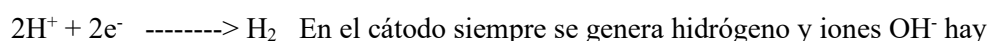


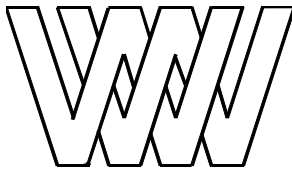
En el electrolito:



CÁTODO

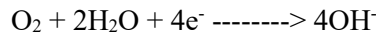
En el cátodo no hay reacción de disolución del metal y por lo tanto permanece inalterado. La corrosión tiene lugar en el ánodo. Cuando en la solución -electrolito - que contiene el electrodo, no hay iones de este metal, se reducen otros iones que tengan carácter oxidante, es decir que capten electrones, siendo los más normales el H^+ y el O_2 disueltos en el agua, con las siguientes reacciones:





WWI PROCAT, S.L.

alcalinización con aumento del pH.



En las pilas de corrosión el ánodo se polariza positivamente (se hace menos negativo) y el cátodo se polariza positivamente.

En esa polarización en el cátodo se forma una película muy fina donde se acumulan iones positivos.

3. CORROSIÓN DE LAS TUBERÍAS DE ACERO ENTERRADAS

Factores que por corrosión principalmente afectan a estas tuberías.

Como antes decíamos concierne a las tuberías enterradas, no las zonas aéreas como por ejemplo las piezas que están dentro de arquetas a no ser que estas se inunden.

Agresividad de los suelos

Como hemos dicho, la corrosión de las tuberías de acero enterrada siempre es electroquímica.

El parámetro fundamental que se debe tener en cuenta para estudiar la agresividad de un suelo (electrólito) es su resistividad, que depende principalmente de la humedad y su contenido en sales.

De esta forma:

- A mayor humedad menor es la resistividad.
- Las sales que más influyen en la resistividad son los cloruros (Cl^-) como por ejemplo la sal común (cloruro de sodio). Otras sales importantes son los sulfatos.

3.1 PRINCIPALES CAUSAS DE CORROSIÓN EN TUBERIAS ENTERRADAS

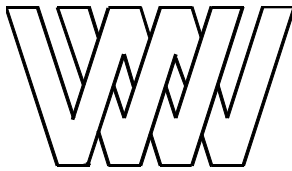
Las causas de formación de las pilas de corrosión suelen ser (**en tuberías enterradas**) desde un punto de vista simple son las siguientes:

- Contacto entre dos metales distintos como por ejemplo el acero al carbono con el cobre, con el acero inoxidable y con el acero hormigonado.
- Deformación de la estructura cristalina en una parte del metal (respecto a otra que no tiene esa deformación por ejemplo en soldaduras).
- Diferencias en la composición química en el electrólito.

Otros factores que tienen importancia son:

- La presencia de ácido sulfhídrico, carbón de coque y residuos orgánicos.
- El pH de los suelos influye mucho en su agresividad ya que los iones H^+ favorecen las reacciones catódicas de formación de hidrógeno y en consecuencia la generación de pilas de corrosión.
- La presencia de algunas bacterias puede darle a un suelo una gran agresividad, sin olvidar que el fenómeno de corrosión que generan es también de tipo electroquímico. Las bacterias más frecuentes, en cuanto a la corrosión, son las sulfato - reductoras.
- Corrientes vagabundas.

PRINCIPALES PROBLEMAS DE CORROSIÓN EXTERNA EN TUBERÍAS DE AGUA

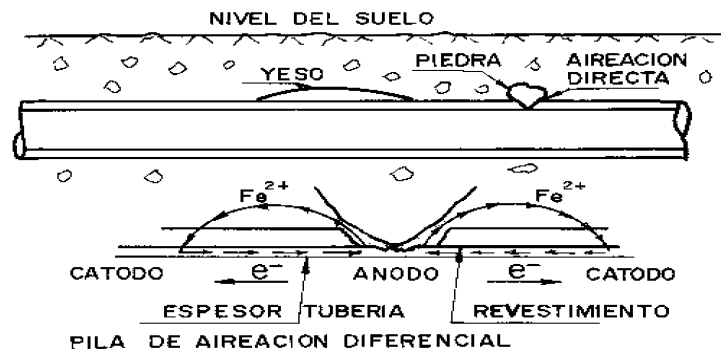


WWI PROCAT, S.L.

Tanto la corrosión protección como la protección **son fenómenos superficiales** por el contacto exterior con el electrolito (la tierra o el agua). Una tubería de agua puede tener corrosión externa y no interna o viceversa, y lo mismo sucede con la protección.

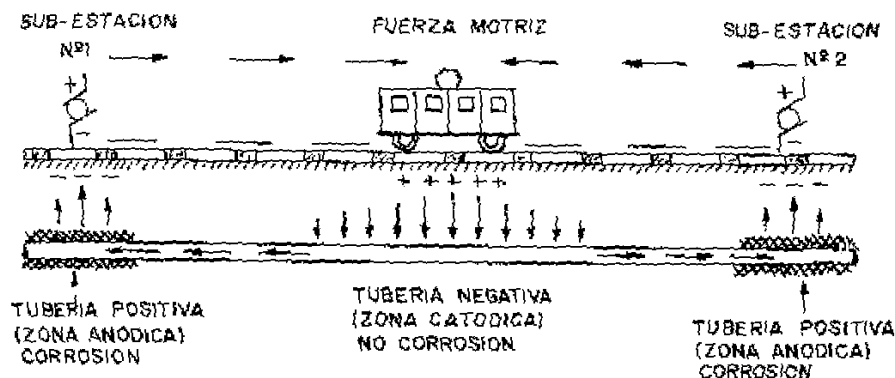
3.2 CORROSIÓN POR IREACIÓN DE DIFERENCIAL

Vemos un ejemplo típico de corrosión por aireación diferencial de una tubería enterrada, causado por la llamada pila de aireación diferencial. La presión de una piedra sobre el revestimiento lo rompe dejando acero en contacto con el electrolito y dificultando además el acceso del oxígeno a la zona que está debajo de la piedra. La zona menos aireada (oxigenada) hace de ánodo frente a la más aireada que hace de cátodo. Posiblemente las pilas de aireación diferencial son las más frecuentes.

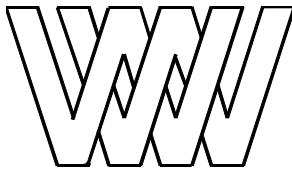


3.3 CORROSIÓN POR CORRIENTES VAGABUNDAS

Otro tipo de corrosión muy frecuente en tuberías enterradas es el debido a las corrientes vagabundas. A veces, de forma confundida, se las llama corrientes parásitas. Se trata de corrientes continua que circula por el suelo, muchas veces derivadas de las líneas electrificadas de tren. Estas corrientes circulan por el terreno y si encuentran una tubería enterrada se canalizan por ella. Los puntos de entrada hacen de cátodo y los de salida de la corriente al suelo, para retornar a su origen,



CORROSION POR CORRIENTES VAGABUNDAS.



WWI PROCAT, S.L.

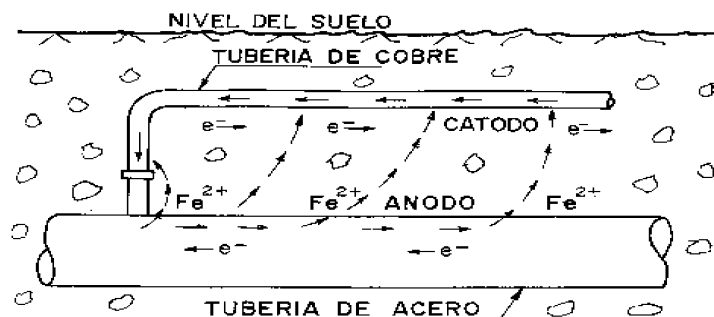
hacen de ánodo. La corriente alterna tiene un efecto muy inferior (un 2%-3%) al de la corriente continua y tiene importancia cuando se concentra en puntos muy localizados como sucede con los revestimientos modernos de gran calidad que tienen muy pocos defectos.

3.4 CORROSIÓN POR PARES GALVÁNICOS

Junto con la corrosión por aireación diferencial esta es que la que más suele darse.

Estas pilas se forman al encontrarse dos metales distintos unidos eléctricamente e inmersos en un mismo electrólito, que naturalmente tienen un potencial de electrodo diferente. Cuanto más diferente es el potencial entre los dos metales mayor es la intensidad de la pila de corrosión. Los casos más frecuentes son el acero-cobre, el acero al carbono-acero inoxidable y el acero al carbono pasivado (normalmente en hormigón)-acero sin pasivar.

En canalizaciones de agua los pares galvánicos más frecuentes son los del contacto con armaduras hormigonadas, los de tomas de tierra de cobre (bombas de agua electrificadas, filtros con tomas de tierra, etc.).

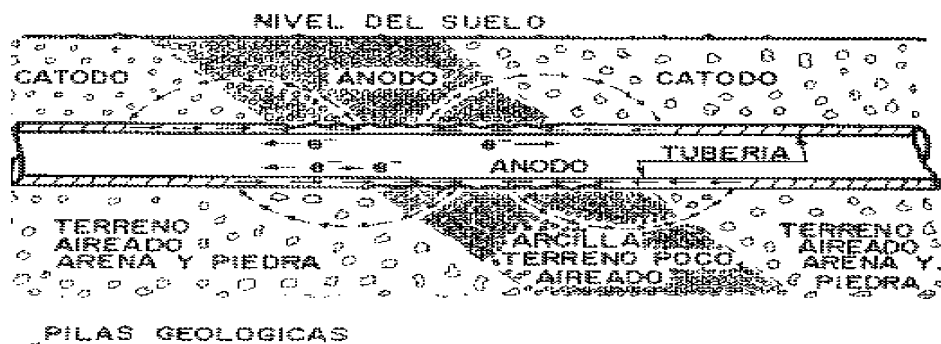


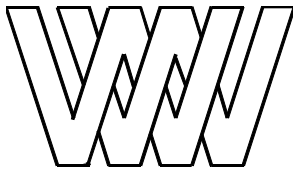
CORROSION DE LA TUBERIA DE ACERO CON UN RAMAL DE COBRE.

3.5 CORROSIÓN POR PILAS GEOLÓGICAS

En el esquema de abajo se puede ver un ejemplo de las llamadas pilas geológicas. La pila se genera porque la tubería de acero está en contacto con dos tipos de suelos distintos. Uno es bien aireado y probablemente con resistividad alta (el de arena y piedras) y el otro es poco aireado y con menos resistividad.

El potencial entre la tubería y el suelo, es distinto en cada sitio y por esta diferencia de potencial se forma pilas de corrosión.





WWI PROCAT, S.L.

3.6 CORROSIÓN POR BACTERIAS

Algunas bacterias utilizan el óxido de hierro en su metabolismo generando zonas de mucha acidez sobre el acero. Se suelen dar en suelos llamados anaerobios, es decir poco oxigenados. Este tipo de suelos es frecuente en el interior de las ciudades, en manglares y lodazales.