

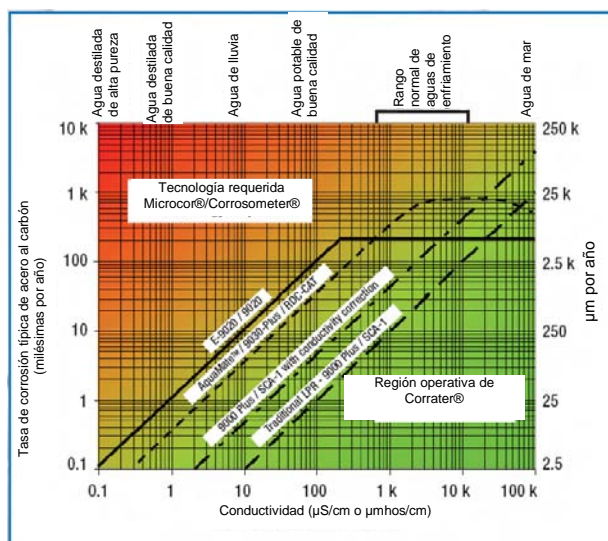
Guía para la selección de sondas CORRATER®

Aplicaciones generales

Las sondas y los instrumentos CORRATER® proporcionan una medición directa de la **tasa de corrosión** y una tendencia cuantitativa de las picaduras de los metales en electrolitos mediante la técnica de resistencia a la polarización lineal. Los sistemas CORRATER® poseen la particular ventaja de una respuesta rápida a los cambios en las condiciones corrosivas que existen dentro de un sistema, de modo que se puedan evaluar rápida y fácilmente la inhibición y los cambios en el proceso diseñados para limitar el daño por corrosión.

Resulta generalmente ventajoso el monitoreo continuo de la tasa de corrosión con relación al tiempo a fin de poder registrar alteraciones del sistema para una mayor evaluación. La tasa de corrosión integrada relacionada con el paso del tiempo puede indicar la **pérdida de metal acumulada**.

La técnica de medición de la resistencia a la polarización que utilizan los sistemas CORRATER® posee límites en su funcionamiento que dependen de la tasa de corrosión y de la conductividad eléctrica de los medios del proceso. La Figura 1 indica el rango operativo recomendado para estos sistemas. El área inferior derecha de las curvas designa el área de aplicación satisfactoria de la técnica. No se recomienda el uso de la técnica CORRATER® para las condiciones del proceso que se ubican en el área superior izquierda de las curvas. En esta área, se recomienda el uso de la técnica CORROSOMETER® para determinar la pérdida de metal.



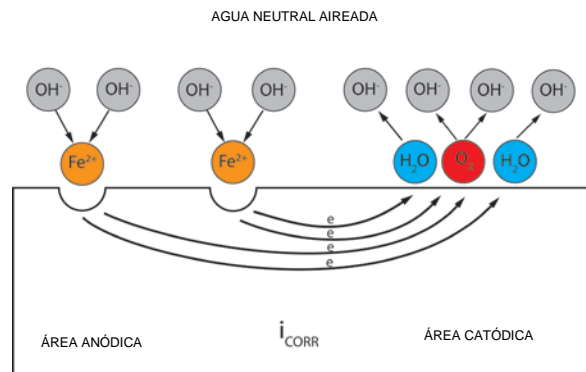
(Figura 1)

- NOTAS:**
1. Los límites en el rango operativo se basan en un error nominal del 20% en la medición de Rp (ref. Fig. 3)
 2. Para aleaciones en cobre, la tasa de corrosión típica del acero al carbón aumenta con el multiplicador de aleación.
 3. Gráfico para longitudes del cable cortas menores de 100 µs/cm. para 250 pies de cable, y menos de 500 µs/cm. para 1100 pies de cable (sin barreras).

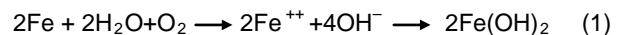
En general, la potencia de los sistemas CORRATER® no se utiliza en los sistemas para el control completo de lazo cerrado de los programas de tratamiento para el agua. La tasa de corrosión se suele controlar con más de un factor, como el uso de un biocida y un inhibidor de la corrosión. Además, los cambios de la tasa de corrosión en el sistema pueden responder lentamente a los cambios en el tratamiento. Esto hace que el control mediante el uso de una sola variable de medición resulte muy complejo. Normalmente, los sistemas CORRATER® se configuran para proporcionar datos sobre la tasa de corrosión y alarmas, junto con otros datos relacionados con la planta, a partir de los cuales es posible tomar medidas correctivas.

Corrosión electroquímica

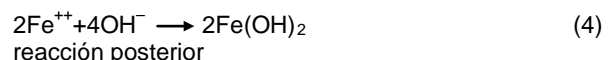
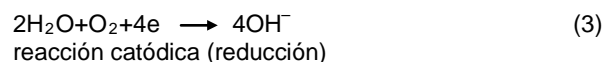
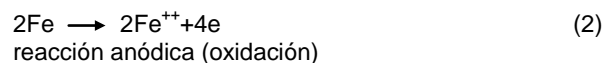
Prácticamente todos los procesos corrosivos son de naturaleza electroquímica. Estos requieren la presencia de un ánodo, un cátodo, un electrolito y un circuito que se conecte al ánodo o al cátodo. La Figura 2 muestra una reacción simple del hierro en agua neutral aireada.



(Figura 2)



La reacción corrosiva comprende dos reacciones complementarias, la reacción anódica y la reacción catódica. La ecuación 1 se divide en las siguientes reacciones.



En el ánodo, el metal se “corroe” y forma iones de metal que pasan a la solución y posteriormente reaccionan con iones de hidroxil (OH) en la solución, para formar el hidróxido ferroso (“óxido”). La reacción libera electrones que pasan del metal al cátodo. En el cátodo, pueden suceder varias reacciones para absorber a los electrones. En este caso, el agua (H₂O) y el oxígeno disuelto (O₂) reaccionan y producen iones de hidroxilo (OH⁻). En la corrosión general, la superficie del metal comprende un gran número de pequeños ánodos y cátodos que forman células corrosivas. Estas células locales se producen por pequeñas diferencias en el metal o el líquido del proceso. Las diferencias en el metal pueden producirse por las juntas de los granos, el soldado, por anomalías durante la fabricación, etc. Las diferencias en el líquido del proceso o en los electrolitos pueden ocasionarse por las diferencias en las concentraciones de oxígeno, en las temperaturas o por otras diferencias localizadas. En la corrosión general, estas áreas anódicas y catódicas están en constante cambio, lo que provoca la corrosión en todas las áreas de la superficie.

Teoría del funcionamiento de CORRATER®

Las sondas y los instrumentos CORRATER® interactúan con el mecanismo de corrosión electroquímica, a fin de determinar la tasa con que los iones de metal pasan a la solución (se corroen). Si fuera posible medir directamente la densidad de corriente de corrosión (*i*_{corr}), que pasa entre las áreas anódica y catódica, al conocer la reacción anódica de corrosión (2) antes mencionada, se podría determinar la cantidad o la masa de metal que pasa a la solución, es decir, la tasa de corrosión. No es posible realizar esta medición directamente, debido a que los ánodos y cátodos existen en áreas adyacentes de la misma porción de material. Sin embargo, al utilizar al menos dos electrodos del metal sometido a prueba, es posible aplicar pequeños potenciales entre los electrodos y medir la corriente resultante. Esta corriente superpuesta entre los electrodos se controla por las mismas reacciones de corrosión anódica y catódica que controlan a la corriente de corrosión. Si los electrodos se corroen a una tasa elevada con los iones de metal que pasan fácilmente a la solución, un pequeño potencial aplicado entre los electrodos produce una corriente elevada o resistencia a la polarización baja. En cambio, si los electrodos se corroen a una tasa baja con los iones de metal que pasan lentamente a la solución, un pequeño potencial aplicado entre los electrodos produce una corriente baja o resistencia a la polarización elevada. Por lo tanto, al aplicar un pequeño potencial entre los electrodos de metal, una corriente elevada (resistencia a la polarización baja) corresponde a una tasa de corrosión elevada, y una corriente baja (resistencia a la polarización elevada) corresponde a una tasa de corrosión baja.

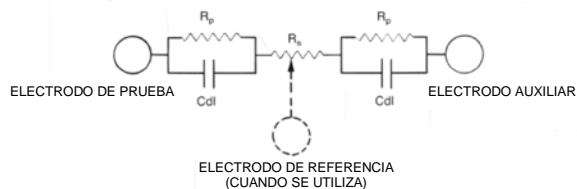
Debido a que únicamente se aplican potenciales pequeños entre los electrodos, el proceso natural de corrosión no se altera de forma significativa. El análisis electroquímico detallado demostrado por Stern & Geary muestra la densidad de la corriente de corrosión para potenciales aplicados pequeños

$$i_{\text{corr}} = \frac{B}{R_p} \quad (5)$$

donde B es la combinación de las pendientes de Tafel anódica y catódica, empíricamente determinadas (*b_ab_c*) y *R_p* es la resistencia a la polarización.

$$B = \frac{(b_a b_c)}{2.303(b_a + b_c)} \quad (6)$$

En la Figura 3, se observa un circuito equivalente al de una sonda CORRATER® en un entorno corroído.



(Figura 3)

R_p = Resistencia a la polarización.

R_s = Resistencia a la solución electrolítica entre electrodos.

C_{dl} = Capacitancia de doble capa de la interfaz líquidos/metal.

Quando se aplica un pequeño potencial en milivoltios entre los electrodos de prueba y auxiliar, se produce un flujo de corriente hacia los capacitores *C_{dl}*, que se reduce, a medida que estos capacitores se cargan, a una corriente constante a través de las resistencias a la polarización *R_p* y la resistencia a la solución *R_s* de los medios. A partir de la corriente medida y el voltaje aplicado, es posible determinar la resistencia *2R_p + R_s* mediante la ley de Ohm. En los casos en que la resistencia a la solución es baja, puede ser posible ignorar la *R_s* y, por lo tanto, medir la resistencia a la polarización *R_p*. A partir de la resistencia a la polarización *R_p* se determina la tasa de corrosión utilizando la constante apropiada. Para el instrumento CORRATER®, se incorpora una constante apropiada para el acero al carbón en el enfriamiento de agua al instrumento, para producir una tasa de corrosión directa en unidades de ingeniería.

Compensación de resistencia

En el rango típico del enfriamiento de agua y las tasas de corrosión máxima de 10 mpy, la compensación de resistencia a la solución no es significativa. El instrumento portátil 9000 Plus y el SCA-1 funcionan a este nivel (ver Figura 1). Para conductividades más bajas o tasas de corrosión más elevadas, conocer la conductividad de la solución (opuesta a la resistencia específica de la solución) permite realizar correcciones mediante la ampliación del rango de funcionamiento (ver Figura 1).

Los modelos de instrumentos RCS 9030-Plus, RDC-CAT y Mate II utilizan una técnica patentada que realiza una medición de alta frecuencia para determinar la resistencia *R_s* que se aplica automáticamente para ampliar aún más el rango de funcionamiento (ver Figura 1).

La compensación de resistencia, mediante el uso de sondas de tres electrodos, es común en el uso en laboratorios, debido a que se utiliza un electrodo de referencia con un espaciado muy reducido, usualmente un capilar de puente salino. De este modo, se reduce la proporción de resistencia a la solución detectada en la medición de resistencia a la polarización. En el campo, las consideraciones prácticas dificultan la producción de electrodos de referencia con un espaciado lo suficientemente cercano como para reducir significativamente el error de la resistencia a la solución. Si el tercer electrodo (referencia) posee un espaciado similar al del electrodo de prueba y el auxiliar, no se corrige la resistencia a la solución. La medición y la corrección separadas de la resistencia a la solución amplían el rango de funcionamiento con mayor efectividad.

Indicación de picaduras (o desequilibrio)

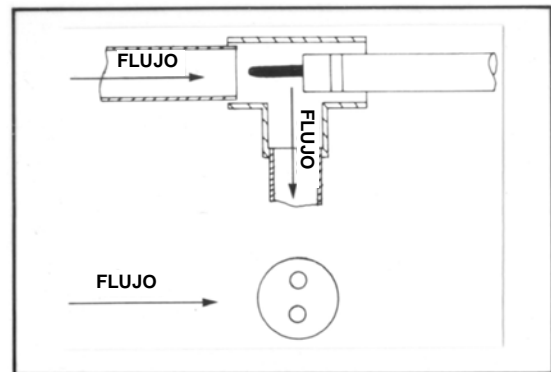
La medición de la corrosión por picaduras o desequilibrio surge de la medición del **ruido electroquímico**. La corrosión por picaduras sucede cuando existe una distribución dispareja de las áreas anódica y catódica o cuando las áreas anódica y catódica no están próximas entre sí. Esto tiende a hacer que un electrodo sea más catódico o anódico que el otro. La diferencia de potencial resultante entre los dos electrodos se mide con el instrumento CORRATER®. La corrosión por picaduras producirá un aumento en esta medición, con una mayor irregularidad y fluctuación de la lectura.

Montajes de la sonda

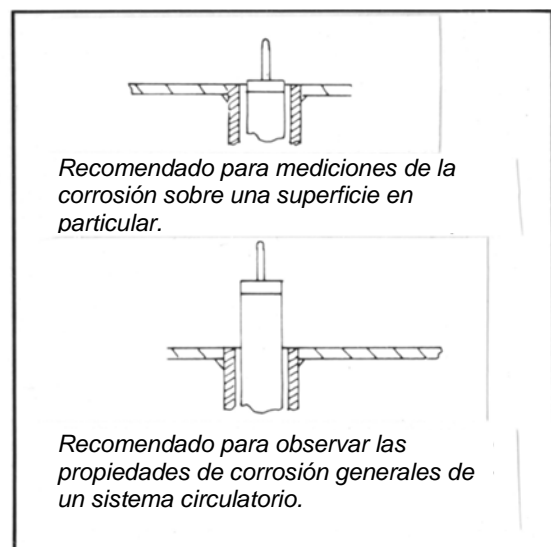
Las sondas CORRATER® están disponibles en muchas configuraciones de montaje para uso de laboratorio y campo. Para el uso de campo, es importante que se prevea retirar las sondas para su inspección a determinados intervalos sin interrumpir el funcionamiento del sistema. Esto puede lograrse mediante el uso de un elemento auxiliar de desvío adecuado o de sondas retractiles.

Ubicación de la sonda

Como sucede con los cupones o las sondas CORROSOMETER®, la ubicación de una sonda CORRATER® debe considerarse detalladamente para obtener lecturas que representen con la mayor precisión posible la corrosión real existente en el sistema. Al igual que un cupón suele mostrar una tasa de corrosión diferente si se lo instala de frente o con un lado en sentido perpendicular al flujo del sistema, una sonda CORRATER® puede arrojar diferentes lecturas según las posiciones del electrodo en relación al flujo. Normalmente, *no* se debe colocar una sonda de modo que un electrodo evite que otro electrodo reciba todo el flujo. Ambos electrodos deben estar en posición perpendicular al flujo, siempre que sea posible. Las Figuras 4 y 5 muestran la ubicación recomendada en relación al flujo.



(Figura 4)



(Figura 5)

Normalmente, las sondas CORRATER® se deben ubicar de modo que el líquido pueda desplazarse por los electrodos a una velocidad no menor a 1 pie (30,48 cm) por segundo. Las sondas ubicadas en áreas de estancamiento con frecuencia producirán datos de corrosión o de corrosión por picaduras que no representan las condiciones reales de la planta.

Envejecimiento de la sonda

Siempre que el metal puro esté expuesto a un sistema corrosivo, se corroerá a una tasa diferente que la parte anterior del sistema hasta que los productos de la corrosión o los inhibidores se depositen en la superficie del metal nuevo y la corrosión se equilibre. Por lo tanto, la lectura inicial de una sonda CORRATER[®] recién instalada no representará inmediatamente una tasa de corrosión real. El tiempo necesario para que la sonda CORRATER[®] se equilibre depende de la corrosividad del sistema. Por ejemplo, un sistema de salmuera saturado en oxígeno puede requerir menos de 20 minutos, mientras que una torre de enfriamiento con buena inhibición puede requerir 24 horas o más. Cuando varias lecturas sucesivas CORRATER[®] no varían o lo hacen aproximadamente un punto, en contraposición a la dispersión, la sonda está en equilibrio con el sistema. A partir de entonces, las lecturas del instrumento mostrarán la tasa de corrosión en el punto en que se ubica la sonda.

Limpieza del electrodo

Los electrodos CORRATER[®] se suministran de fábrica libres de polvo, con superficies limpiadas a chorro que no requieren limpieza antes de su uso. Si los electrodos se ensucian con productos de corrosión u otros materiales, se deben limpiar y pulir hasta lograr un brillo opaco con una tela esmeril o lana de acero. Una vez realizada la limpieza de los electrodos, se les debe quitar toda la grasa con un disolvente adecuado y deben manipularse con un paño limpio o una toalla de papel, a fin de prevenir la formación de una capa aceitosa sobre la superficie.

Reemplazo del electrodo

Los electrodos CORRATER[®] nuevos son cilindros con un diámetro de 3/16" por 1 1/4" de largo. A medida que los electrodos se corroen, el diámetro disminuye y, en algún punto, este diámetro reducido comienza a afectar la precisión de las lecturas de corrosión y corrosión por picaduras. Se recomienda reemplazar los electrodos CORRATER[®] cuando se reduce el diámetro a no menos de 5/32". Al colocar electrodos nuevos o limpios, siempre se los debe manipular con un paño limpio o una toalla de papel y **ajustar firmemente con la mano.**

Multiplicador de sonda

El multiplicador de sonda es un factor de proporcionalidad que relaciona las características de polarización eléctrica de una sonda con su tasa de corrosión. Se ha elegido un factor de calibración para que el multiplicador de la sonda de acero bajo en carbono sea equivalente a 1,0 de 0,5 a 3,0; con un valor nominal del acero bajo en carbono de 1,0 en sistemas industriales de enfriamiento de agua.

<u>Material</u>	<u>Multiplicador</u>
Acero al carbón para tuberías ASTM A53	1,00
Acero al carbón AISI C1005-C1010	1,00
Acero al carbón AISI C1015	1,00
Acero al carbón AISI C1018-C1020	1,00
Acero al carbón AISI C1080	1,00
Acero con aleación AISI 4130	1,00
Acero al carbón AISI C1022	1,00
Barra de hierro	1,00
Acero al carbón AISI C1018	1,00
BS 970 EN 3B	1,00
Acero inoxidable AISI 304	0,89
Acero inoxidable AISI 316	0,90
Acero inoxidable AISI 316L	0,90
A.I. Carpenter 20 Cb3	0,98
Níquel Monel 400	1,13
Níquel Monel K-500	1,04
Níquel Inconel 600	0,95
Cobre/Níquel CDA 715 70/30	1,50
Cobre 110 ETP com. puro	2,00
Cobre/Níquel CDA 706 90/10	1,80
Alum. CDA 687 Bronce con arsénico	1,62
Bronce siliconado CDA 642 Al	1,48
CDA 442 Admiralty no inhibido	1,67
CDA 445 Admiralty fosforizado	1,68
CDA 443 Admiralty con arsénico	1,67
Duronze IV	1,56
Aluminio 1100-0	0,94
Aluminio 2024	0,86
Cinc grados 1A, 1, 2, 3, 4 ó 5	1,29
Titanio ASTM B-348 grados 2-4	0,75
Cable común	2,57
Circonia	0,98



Rohrbach Cosasco Systems, Inc.
11841 East Smith Avenue
Santa Fe Springs, CA 90670, EE.UU.
Tel.: (1) 562-949-0123 Fax: (1) 562-949-3065
Teléfono gratuito desde EE.UU.: 800-635-6898
Correo electrónico: rsc@rohrbackcosasco.com
Sitio Web: <http://www.rohrbackcosasco.com>



ISO 9001:2000
Certificate No. FM 10694