



*Genocidio*

C.8  
38

UNA DIVULGACION

**L A E**

FA\_621.79.02 LAE

Aplicaciones de las medidas electroquímicas al estudio de la  
**CORROSION METALICA**

R. 211

*Sumario:*

POTENCIAL ELECTRODICO. Potencial normal. Serie electroquímica. Metales activos y nobles. PILAS. ANODOS Y CATODOS. Pilas locales. Polarización. Sobretensión.

LEY DE FARADAY. CURVAS DE POTENCIAL. Método práctico de la medida de la corriente por el valor de I.

ANÁLISIS DEL HIERRO EN PRESENCIA DEL NÍQUEL.

ANÁLISIS DE LOS METALES. Anódicos. Catódicos. De absorción. Interés de la determinación de la clase de oxidantes y grado de acción.

EFECTOS DEL PODER AGRESIVO DEL AGUA DURANTE LAS REACCIONES

INFLUENCIA DE LA AGRESION ELECTROQUIMICA DE LA AGUA EN LA ACCION DE LOS INHIBIDORES.

INTERES PRACTICO DE LAS MEDIDAS DE POTENCIALES.

CAPAS DE PINTURA

FA  
620.  
19  
LAE



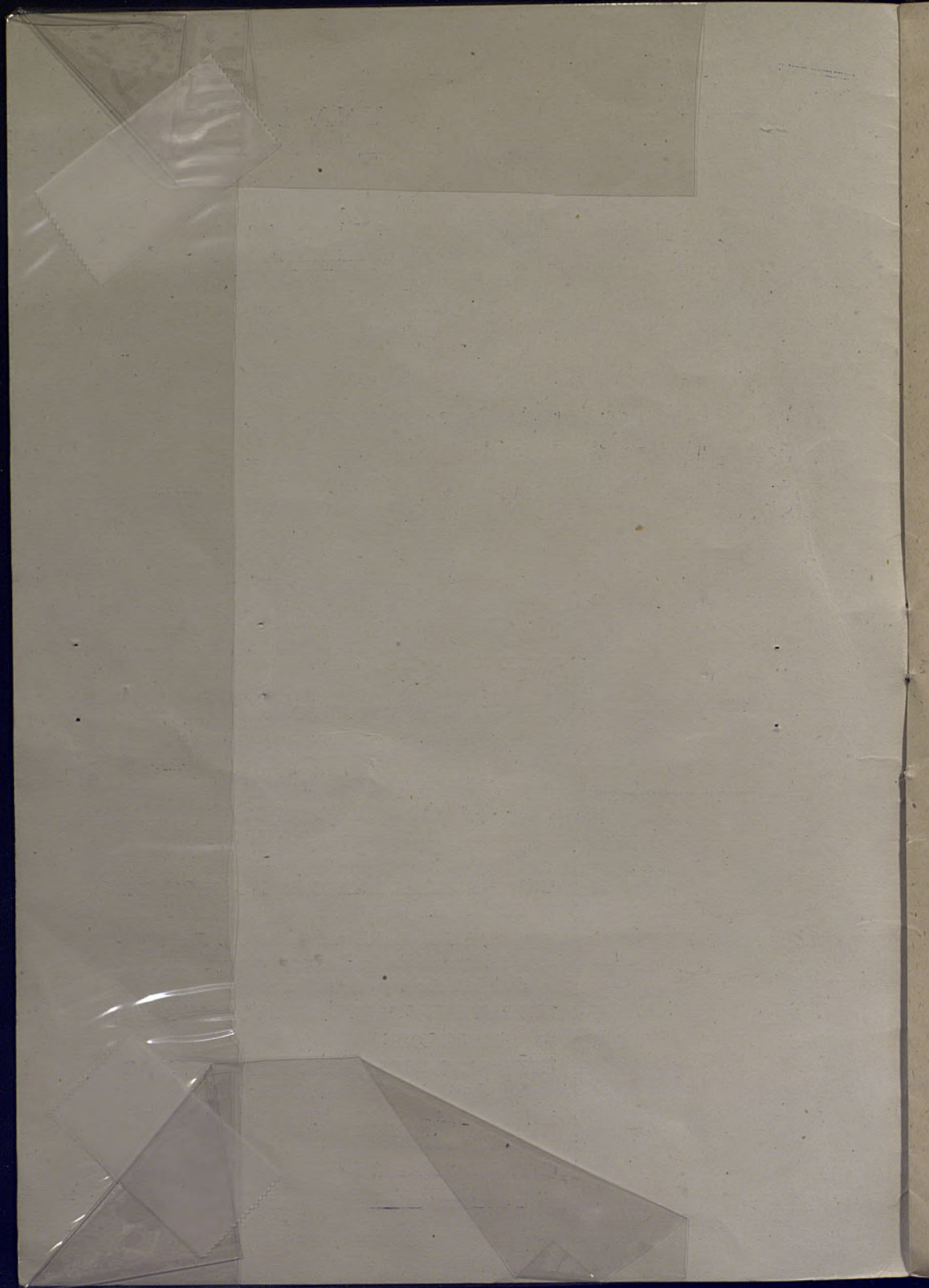
BIBLIOTECA  
Campus UPC  
TERRASSA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
Biblioteca



1400168076







*E*l estudio del fenómeno de la corrosión es de enorme interés para el técnico, a fin de evitar la destrucción de los metales, de los que tanto uso se hace en la vida moderna.

Se entiende por corrosión la destrucción de los metales por agentes químicos o electroquímicos para diferenciarla de la erosión o destrucción por agentes mecánicos.

Así, reducir un metal a polvo con una lima, es erosión. La formación de herrumbre en el hierro, es corrosión.

Téngase en cuenta que la mayoría de las reacciones químicas se realizan en aparatos metálicos; las estructuras de los edificios, puentes, etc., son metálicas; podríamos decir que la vida del hombre está basada en la conquista de los metales, pero la naturaleza tiende implacablemente a transformarlos en aquellas sustancias de las que el hombre los obtuvo; pero los productos de la corrosión aparecen tan diseminados, que el hombre no puede de un modo económico volver a utilizarlos. Como ejemplo suele citarse el del hierro, del que se calcula que la corrosión destruye anualmente un dos por ciento de lo que producen los altos hornos de todo el mundo. Todo esto ha hecho que el estudio de la corrosión haya tomado gran incremento.

El problema es tremendamente complejo y tiene que ser enfocado parcialmente a casos particulares. Por ello, interesa al técnico disponer de un modo sencillo de hacer pruebas de corrosión.

Generalmente se ha utilizado la pérdida de peso de chapas metálicas colocadas en el líquido corrosivo. El procedimiento, a veces irreemplazable, es largo y tedioso y puede ser substituído ventajosamente en la mayoría de los casos, por procedimientos electroquímicos, que son rápidos y sencillos.

Claro es que las condiciones de los ensayos electroquímicos difieren de la de los casos prácticos, pero los datos que de ellos se obtienen proporcionan orientaciones muy interesantes en la práctica, ya que permiten seleccionar el material más adecuado para un determinado uso. El ensayo de nuevas aleaciones comparándolas con las existentes, la determinación de la concentración admisible en una reacción determinada para que no sea destruído el recipiente, son problemas que se presentan con gran frecuencia.

Todo ello nos ha inducido a publicar este folleto, que ofrecemos a la Industria Española.



3

El estudio del idioma es de la naturaleza de la ciencia exacta, y  
el método de su enseñanza debe ser el mismo que el de la enseñanza  
de las ciencias exactas, y no el de las ciencias humanas.

El método de enseñanza del idioma debe ser el mismo que el de la  
enseñanza de las ciencias exactas, y no el de las ciencias humanas.

El método de enseñanza del idioma debe ser el mismo que el de la  
enseñanza de las ciencias exactas, y no el de las ciencias humanas.

El método de enseñanza del idioma debe ser el mismo que el de la  
enseñanza de las ciencias exactas, y no el de las ciencias humanas.

El método de enseñanza del idioma debe ser el mismo que el de la  
enseñanza de las ciencias exactas, y no el de las ciencias humanas.

El método de enseñanza del idioma debe ser el mismo que el de la  
enseñanza de las ciencias exactas, y no el de las ciencias humanas.

El método de enseñanza del idioma debe ser el mismo que el de la  
enseñanza de las ciencias exactas, y no el de las ciencias humanas.



## FENOMENO DE LA CORROSION

### Potencial electródico.

Si al introducir en una solución acuosa un electrodo metálico se realiza entre ambos una transferencia de cargas, al alterarse la densidad electrónica respectiva se producirá una diferencia de potencial entre el electrodo del sistema y la solución, que recibe el nombre de «potencial electródico». La parte que queda con una densidad electrónica mayor se cargará negativamente, y la otra parte del mismo sistema, electrodo-solución, positivamente. Este establecimiento de polaridad puede verificarse de varias maneras:

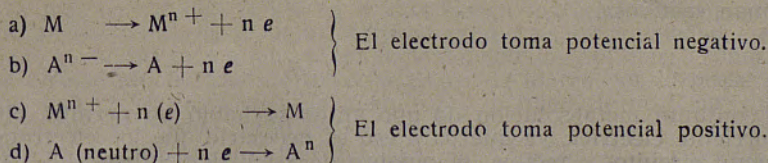
El metal puede ceder a la solución iones cargados positivamente; por tanto, él quedará cargado negativamente.

Al metal pueden llegar aniones cargados negativamente, que le ceden sus electrones para transformarse en grupos atómicos neutros, y entonces también queda el metal cargado negativamente.

El metal sumergido en una solución de iones metálicos puede ceder a éstos sus electrones para transformarlos en átomos neutros, y el metal queda, por tanto, cargado positivamente.

También puede ocurrir que lleguen iones hidrógenos. El hidrógeno en las reacciones electroquímicas se comporta como un ión metálico, y como metal capta electrones, quedando el electrodo cargado positivamente; o bien puede ocurrir lo inverso del caso de los aniones; es decir, que moléculas neutras como las de oxígeno capten electrones del electrodo metálico para transformarse en aniones cargados negativamente y quede aquél cargado positivamente.

Resumiendo: las reacciones que producen una alteración del estado electrónico del electrodo son, entre otras:



En el caso a), en que el metal cede iones positivos, es decir, pasa a la solución, se dice que es un metal activo, mientras que en el caso c) los iones metálicos se descargan, por tratarse de un metal no activo (noble) con respecto a la misma.



### Potencial normal. Serie electroquímica

Se llama potencial normal al que toma un electrodo del metal sumergido en una molécula normal (actividad = 1) de sus iones, medido frente al electrodo normal de hidrógeno.

Si ordenamos los metales con arreglo a sus potenciales normales, se obtiene una tabla que recibe el nombre de «serie electroquímica de los metales», que permite deducir, en principio, cómo se comportarán éstos en distintas soluciones. Sin embargo, como en la práctica no se trabaja con soluciones nomales, habrá que tener en cuenta la concentración iónica en cada caso. El potencial a la temperatura de 25° C. está determinado por la fórmula de Nerst:

$$E = E_0 + \frac{0'05^{\circ}}{n} \log C$$

siendo  $E_0$  el potencial normal,  $C$  la concentración iónica y « $n$ » el número de electrones puestos en juego en el fenómeno.

Así, según sea la concentración iónica, puede ocurrir que el orden de la serie electroquímica aparezca alterado.

Otros factores pueden modificar también el orden de la serie; verbigracia: la formación de capas protectoras que polarizan el electrodo y ennoblecen el metal. Tal es el caso del aluminio.

#### POTENCIALES NORMALES

Potasio (K').....	-2,922	Estaño (Sn'').....	-0,136
Sodio (Na').....	-2,712	Plomo (Pb'').....	-0,126
Magnesio (Mg'').....	-2,34	Hidrógeno (1 atm) (H')	0,000
Aluminio (Al'').....	-1,64	Cobre (Cu'').....	+0,3448
Cinc (Zn'').....	-0,762	Mercurio (Hg <sub>2</sub> ).....	+0,7986
Hierro (Fe'').....	-0,440	Plata (Ag'').....	+0,7995
Niquel (Ni'').....	-0,250	Oro (Au'').....	+1,42

### Metales activos y nobles

Los iones de los metales que tienen un potencial elevado son desplazados de sus soluciones por los de otro de potencial inferior; ello es debido a que la energía de ionización de estos últimos es menor que la de los primeros.

Suele tomarse como referencia el ión hidrógeno, ya que éste se encuentra presente en todos los ácidos y en el agua, y así, los metales situados encima del hidrógeno en la serie electroquímica no son atacados por los ácidos si éstos no son oxidantes, y reciben el nombre de «metales nobles», mientras que los que se encuentran debajo del hidrógeno sí son atacados, y se llaman «activos».

### Pilas

El conjunto metal-solución de que antes se habló no permite obtener una corriente eléctrica, ya que para eso es necesario que los electrones recorran un circuito, y reciben el nombre de «semielementos».

Pero si dos de estos semielementos con potenciales electrodicos diferentes se sitúan convenientemente dentro de un mismo líquido o en líquidos distintos separados por un diafragma poroso; al mismo tiempo que los metales se unen exteriormente con un conductor metálico, los electrones po-



drán circular, dando lugar a una corriente eléctrica. El conjunto recibe el nombre de «pila galvánica».

Un caso particular es cuando se sumergen dos electrodos del mismo metal en soluciones de sus iones con distinta concentración. En este caso, la pila recibe el nombre de «pila de concentración».

### Anodos y cátodos

Cuando en un electrodo se verifica una reacción de tipo «a» o «b», es decir, que el electrodo aumenta su densidad electrónica, bien por pérdida de iones cargados positivamente, bien por ganancias de electrones, se dice que actúa como «ánodo», mientras que si cede electrones, reacciones «c» y «d», el metal actúa como «cátodo».

Este criterio permite determinar perfectamente si el electrodo es ánodo o cátodo, independientemente que sea polo «positivo» o «negativo». Así, en una pila, el ánodo que cede iones a la solución disolviéndose, tiene potencial negativo, mientras que el cátodo lo tiene positivo. Por el contrario, en la electrolisis, los iones metálicos con carga positiva reciben electrones para neutralizarla en el polo negativo; pero como en éste se ceden electrones, es el cátodo y el electrodo que se disuelve, el positivo, es el ánodo.

### Pilas de corrosión

En el proceso de la corrosión metálica, el ánodo y el cátodo se encuentran en la superficie del metal, y el conductor metálico es la masa del mismo. Así se forman unas pilas que llevan el nombre de «pilas de corrosión». El metal se disuelve en las zonas o puntos anódicos y queda protegido en los catódicos, lo que asegura la producción de corrosión en forma de «picaduras» si subsiste la localización; generalmente, las zonas anódica y catódica cambian constantemente de distribución sobre la superficie del metal, hecho que dificulta la apreciación cuantitativa del fenómeno.

Para que se produzca diferencia de potencial entre distintas partes de un metal, basta que existan heterogeneidades en su superficie, bien sean físicas o químicas; como también diferencias de concentración o contenidos de oxígeno en la solución que lo baña.

Si un metal contiene impurezas más activas que él, actuarán como ánodos y se disolverán, protegiendo al metal; mientras que si son más nobles, será el metal el que funcionará como ánodo, corroyéndose. Un caso típico lo tenemos en el hierro que se encuentra en la serie electroquímica entre el cinc y el estaño, en el medio atmósfera.

Si el hierro se protege con cinc (hierro galvanizado) y se forma una grieta o discontinuidad en su superficie, quedando del hierro al descubierto, se produce una pila local, en la que el cinc actúa como ánodo, ya que es más activo que el hierro, y éste queda inatacado; mientras que si se usa el estaño (hoja de lata), al producirse una irregularidad en la superficie, el estaño, más noble, funciona como cátodo, y el hierro como ánodo, corroyéndose mucho más de prisa la chapa de hierro por la presencia del estaño, que en este caso resulta perjudicial en lugar de proteger, mientras se mantenga el mismo signo en los polos.

El comportamiento anódico del cinc con respecto al hierro cuando están sumergidos en agua fría, puede variar si ésta se calienta, y entonces es atacado el hierro, posiblemente debido a la deshidratación de la capa de hidróxido de cinc que lo ennoblece.



## Polarización

Cuando se utiliza una pila como manantial, la diferencia de potencial que se obtiene siempre es más pequeña que la teórica en función de la velocidad con que se toma la energía, debido, en parte, a la resistencia eléctrica del líquido y, en parte, a los fenómenos que se designan con el nombre genérico de «polarización», entendiéndose por tal la separación del equilibrio en el sentido de disminución del potencial producida por cualquier causa, entre las que se encuentra la variación de la composición del líquido, que, al no ser uniforme, origina una pila de concentración, formación de capas de óxido, etc.

## Sobretensión

Particular interés tiene la llamada sobretensión, que representa el equivalente del trabajo para la formación de burbujas gaseosas sobre los electrodos. La sobretensión de hidrógeno, que se presenta en los casos de ataques de los metales por los ácidos, sólo es nula para el platino o paladio platinado y para el grafito.

En general, metales con alta sobretensión de hidrógeno la tienen baja de oxígeno, y a la inversa.

## Ley de Faraday

El transporte de iones en las reacciones electroquímicas, tanto en la electrolisis como en las pilas, se rige por la ley de Faraday. Esta nos dice que la cantidad de corriente necesaria para transportar un átomo gramo de un metal es igual a la valencia del mismo multiplicada por una cantidad constante llamada «faraday», y que equivale a 96.494 culombios.

En la práctica, se utiliza, generalmente, el equivalente electroquímico técnico, que es el número de gramos depositados o disueltos por una corriente de un amperio durante una hora.

Como en la corrosión en un medio líquido conductor se disuelve un metal según una reacción electroquímica, se tiene un medio de medir la corrosión si se puede determinar la intensidad de la corriente producida.

## Curvas de potencial-intensidad

La marcha del fenómeno de polarización, en general, la podemos apreciar muy bien si hacemos una representación gráfica, tomando en abscisas

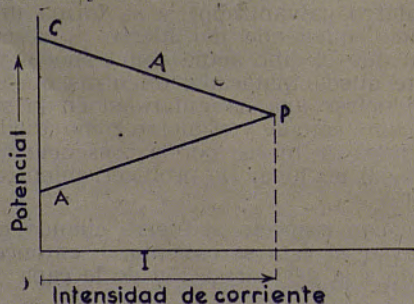


Fig. 1

los valores de intensidad y en ordenadas los del potencial. Cuando no circula corriente, el potencial de la parte anódica del metal es A, y de la parte catódica, C. Debido a la polarización al tomar corriente, estos valores varían, y este cambio está representado por las líneas CP y AP. El punto P representa el potencial común a que han llegado las zonas anódica y catódica, y la intensidad «I», el valor máximo posible de intensidad y, por tanto, de corrosión (fig. 1).

Para obtener este valor máximo, se necesita que la resistencia interior



de la célula sea despreciable, es decir, que el líquido sea muy buen conductor, como sucede en el caso de ataque por los ácidos.

En la polarización no influye el valor absoluto de la corriente tomada, sino el de la densidad (intensidad por unidad de superficie), y, por tanto, de la inclinación de las curvas depende de la distribución en la superficie del metal de las zonas anódica y catódica. Si la zona anódica tiene gran pendiente, lo que equivale a una polarización intensa en dicha zona, el control del proceso es anódico, y dependerá especialmente de los fenómenos que ocurrirán en dicha zona; lo contrario diríamos si fuese la zona catódica la que tuviera mayor pendiente.

Si la resistencia del líquido es grande, como en el caso de soluciones salinas muy diluidas, el potencial anódico no llegaría a igualar al catódico porque se producirá en el interior de la misma una caída de potencial =  $IR$ , siendo  $R$  la resistencia del electrolito; entonces no se obtiene la intensidad máxima  $I$ , sino otra menor  $I'$ , siendo, en este caso, los potenciales anódico y catódico  $A'$  y  $C'$  en lugar de  $P$  (fig. 2).

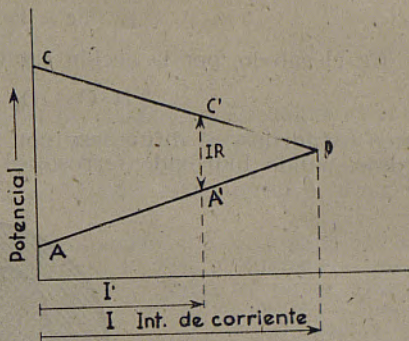


Fig. 2

### Método práctico de la medida de corrosión mediante el valor de $I$

Cuando un metal se corroe, los ánodos y cátodos están en su superficie y la corriente circula por el interior del metal, por lo que no se puede leer el valor de  $I$ .

Una manera de medir el valor de  $I$  es separar las zonas anódica y catódica. Esto a veces es posible colocando dos chapas del metal en distintas condiciones, verbigracia: en el caso de la oxidación del hierro en una solución salina.

Colocando una chapa en el interior del líquido y otra en contacto con la superficie del mismo, la primera actuará como ánodo, corroyéndose, y la otra, que se comporta como cátodo, queda completamente inatacada. Más adelante se explicará el mecanismo de este fenómeno.

Otra posibilidad siempre utilizable es formar la pila con el metal a ensayar y otro más noble que él, de tal manera que este funcione como cátodo y el primero como ánodo. Para ello es ideal el platino, ya que es el metal más noble de que podemos disponer, y el par metal bajo ensayo-platino nos permite medir perfectamente la intensidad de corrosión por medio de una simple lectura de la intensidad de la corriente eléctrica; también da muy buen resultado metal-grafito.

Unicamente en soluciones muy diluidas del orden 1/1.000 ó 1/10.000 M debido a su pequeña conductividad, la acción del cátodo de platino no puede evitar la formación de cátodos en la superficie del metal. Entonces, claro es, no se medirá toda la corriente producida en el fenómeno, ya que parte de ella cerrará su circuito por el interior del metal, obteniéndose cifras bajas para el valor de la corrosión.

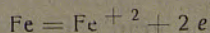
A pesar de ello, las medidas hechas con distintos metales en la misma solución son proporcionales al valor verdadero, y, por tanto, comparativas.



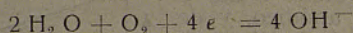
## Corrosión del Fe en presencia del oxígeno

Como el caso del hierro es de gran importancia práctica, se describe con más detalles.

La reacción que se verifica en el ánodo es:



En el catodo, por la acción catalítica de los puntos catódicos:



estos oxhidrilos, al difundirse por la solución, reaccionarán con iones ferrosos, dando hidróxido ferroso, el cual pasa a férrico por la acción del

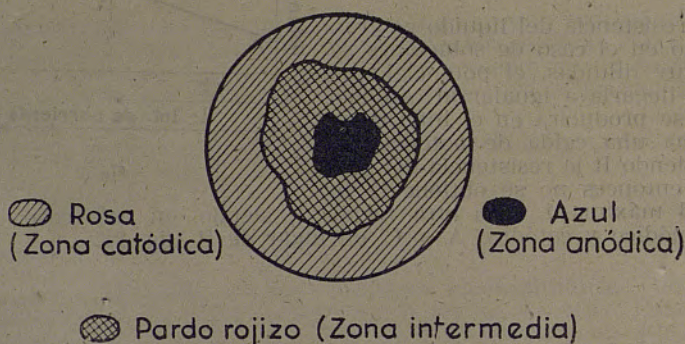


Fig. 3

oxígeno del aire. Es decir, que el oxígeno, que hace que se ataque el hierro, no actúa directamente sobre él, sino a distancia, y, aun siendo el hidróxido férrico insoluble, no protege al metal, ya que no se forma sobre los átomos del hierro de la superficie metálica, sino en el líquido.

Una demostración de qué éste es el mecanismo elemental del fenómeno puede presentarse muy fácilmente de la siguiente manera: Se toma solución de KCl N/10 y se le añade una pequeña cantidad de fenolftaleína y ferrocianuro potásico y con ellas se forman gotas sobre una placa de hierro bien limpia, al cabo de un rato, en la gota se verá una distribución análoga a la de la figura 3.

El centro A presenta un color azul. Los iones ferrosos formados dan, con el ferrocianuro, ferrocianuro ferroso de este color.

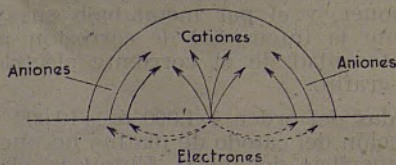


Fig. 4

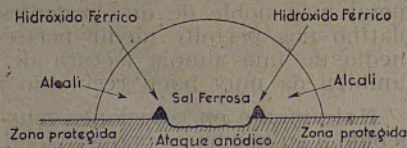


Fig. 5

La zona exterior se colorea de color rosa por la acción de los iones  $\text{OH}^-$  sobre la fenolftaleína.



La zona intermedia B aparecerá con un anillo rojizo de óxido férrico por la acción de los iones  $\text{OH}^-$  sobre los iones ferrosos y posterior oxidación por el oxígeno del aire a hidróxido férrico.

Una sección de la gota presentaría un aspecto parecido al de la figura 4. También se ha dibujado el movimiento de los iones y electrones en las figuras 4 y 5.

### Inhibidores

En la actualidad tienen gran aplicación las sustancias llamadas «inhibidores», que aplicadas sobre el metal o añadidas a la solución en pequeñas cantidades, disminuyen o evitan la corrosión.

Durante la última guerra preocupó la protección del material bélico para su transporte por mar a largas distancias.

El procedimiento clásico consistía en protegerlo con una capa gruesa de grasa. Esto es de difícil aplicación a grandes piezas, y, además, tiene el inconveniente de requerir varias horas de limpieza antes de poder utilizar el material así protegido, mientras que en la guerra es necesario disponer rápidamente de las armas en un momento determinado; verbigracia: en desembarcos. Se encontró el medio de envolverlas en celofán, pero el procedimiento resultaba difícil para grandes unidades, por la fácil rotura del papel, aunque fué utilizado hasta para tanques de tamaño medio, pues la protección obtenida era tan buena, que armas que ocasionalmente se habían caído al agua pudieron ser utilizadas en el momento de recogerlas.

En su deseo de encontrar un procedimiento más fácil y barato de conseguir esta protección, los investigadores norteamericanos llegaron a obtener un aceite especial (se supone que un derivado del petróleo), que, aplicado en una capa muy fina por medio de un pincel o por pulverización sobre el metal, proporciona una protección eficaz durante mucho tiempo. Su efectividad es tal, que puede ser aplicada a la superficie del hierro, aunque éste se encuentre debajo del agua.

Sin embargo, cada vez se extiende más el empleo de inhibidores, los cuales se clasifican en:

- Inhibidores anódicos.
- Inhibidores catódicos.
- Inhibidores de adsorción.

### Inhibidores anódicos

Son los que entorpecen la acción anódica cuando, como en el caso del hierro, los inhibidores forman compuestos de hierro difícilmente solubles; así se comportan los hidróxidos, fosfatos o carbonatos, que suelen añadirse al agua para hacerla menos agresiva.

Los iones cloro, que forman compuestos solubles con el hierro, disminuyen la acción inhibitoria, ya que entonces el compuesto insoluble que forma el inhibidor no lo es directamente sobre el hierro, sino a distancia. Se necesita tanta más cantidad de inhibidor cuantos más iones cloro haya presentes, debiendo ser suficientemente grande para formar una capa continua, ya que si el recubrimiento es irregular, en las zonas que no estén cubiertas se acentuará la acción corrosiva, pudiendo ser ésta mayor que sin inhibidor, por producirse picaduras. Por esto se dice que los inhibidores anódicos son eficaces, pero peligrosos.

Otro tipo de inhibidores anódicos son los cromatos y los aceites emulsionables.



## **Inhibidores catódicos**

Estos pueden actuar por impedir el acceso de oxígeno a las regiones catódicas. Así ocurre con las sales de metales que forman hidróxidos poco solubles, tales como el estaño y níquel, que pueden proteger al hierro en solución neutra, formándose un depósito sobre la zona catódica que dificulta la llegada del oxígeno, además de aumentar la resistencia eléctrica en la interfase.

El bicarbonato cálcico deposita sobre el hierro una capa de carbonato de calcio, y este compuesto y el óxido de hierro, que se produce posteriormente, quedan en contacto con el metal y lo protegen.

Las capas que los inhibidores anódicos forman sobre el hierro son finísimas, casi invisibles, mientras que las catódicas son gruesas y visibles. Sin embargo, éstas no protegen tan completamente como las anódicas, aunque tienen la ventaja de ser seguras en su uso, porque nunca resultan agresivas.

Otro tipo de protección inhibidora catódica consiste en la obstaculización de desprendimiento de hidrógeno en caso de ataque por los ácidos. Así, el ácido sulfúrico que contiene arsénico ataca al hierro menos que si es puro.

## **Inhibidores de adsorción**

Los inhibidores de adsorción suelen ser sustancias de elevado peso molecular, generalmente en estado coloidal, que forman una película sobre la superficie del metal, impidiendo el ataque. Así, la adición de 0,2 por 100 de agar-agar al agua destilada reduce el ataque a un 3 por 100 del valor primitivo.

## **Interés de la determinación del tipo de inhibidor empleado**

En la práctica tiene gran interés no sólo ensayar sustancias que puedan servir como inhibidores, sino también determinar cuándo un agua es agresiva o ha sido adecuadamente corregida. También interesa la medición de la intensidad de las incrustaciones que formaría el agua que ha de utilizar la industria.

Esto, en la práctica, puede hacerse de una manera sencillísima y segura mediante medidas electroquímicas.

## **Estudio práctico del tipo de inhibidor conveniente**

Puede hacerse con un pequeño aparato, consistente en una cuba electro-lítica, que se divide en dos compartimientos por medio de un diafragma poroso, la que se llena con un electrolito que puede ser sulfato potásico. En un compartimiento se sumerge una lámina del metal bajo ensayo, y en otro un metal que sea anódico o catódico, frente a aquel según que se quiera ensayar un inhibidor catódico o anódico. Así, para el hierro, cuando el inhibidor es anódico, se usa cobre o platino, y cinc para uno catódico.

Los electrodos se unen a un microamperímetro muy sensible. Cuando la corriente medida ha tomado un valor estable, se añade el inhibidor en el compartimiento que contiene el metal bajo ensayo. Una disminución de la corriente indica un inhibidor, y un aumento, un acelerador. El valor de la



disminución de la intensidad de la corriente nos mide el efecto protector, ya que la ley de Faraday nos permite calibrar el microamperímetro en valores de corrosión.

### Medida del poder agresivo del agua

La medida del poder agresivo del agua se puede hacer por una simple medida de la intensidad de la corriente entre un electrodo de hierro y otro de platino. Si el agua ha sido tratada añadiéndole fosfatos, cromatos, etcétera (que son inhibidores anódicos), el dispositivo nos indica también la eficiencia conseguida en el tratamiento utilizado. Esto resulta de gran interés práctico para el control del agua para alimentación de calderas, en depuradores de agua, etc. Como el electrodo de hierro puede ser la misma tubería o caldera en que está contenida el agua, el control se hace precisamente en las condiciones reales.

### Incrustaciones

Como antes se dijo, la acción del bicarbonato cálcico u otra sustancia que pueda formar una capa gruesa sobre el hierro es la de un inhibidor catódico, y, por tanto, si se utilizar el par platino-hierro, se mediría la incrustación sobre el platino, que es el que actúa de cátodo; pero si en su lugar se emplea un dispositivo semejante al utilizado para los inhibidores catódicos, es decir, un metal más activo que el hierro para que actúe como ánodo frente a éste, que puede ser el cinc, con el par hierro-cinc se tienen las condiciones adecuadas para medir la incrustación sobre el hierro; y como en el caso anterior el hierro puede ser la tubería, caldera o elemento que contenga el agua, la medida se hace en las condiciones reales.

Fácilmente se puede hacer un montaje doble que permita la medida de las incrustaciones y el poder agresivo simultáneamente.

### Explicación electroquímica de la acción de los inhibidores

Los inhibidores disminuyen el área de la parte sobre que actúan los agentes corrosivos, y, por tanto, al disminuir la superficie de ataque, la densidad de corriente aumenta, y este aumento trae consigo un aumento de polarización (la inclinación de la línea de polarización cambia), y la intensidad alcanzada en la intersección de las dos líneas curvas es mucho menor que sin el inhibidor, aunque el potencial pueda quedar constante si el inhibidor actúa simultáneamente con la misma intensidad como anódico y catódico.

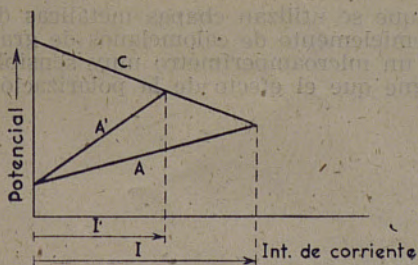


Fig. 6

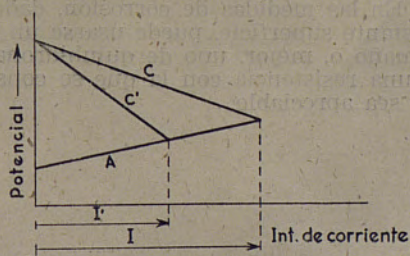


Fig. 7



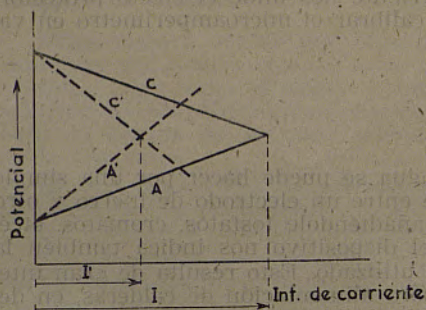


Fig. 8

neralmente no es de valor práctico, pero sí lo tienen las curvas potencial-tiempo, ya que ellas nos indican perfectamente la formación o destrucción de una película en la superficie del mismo.

Si al trazar una curva potencial-tiempo el potencial crece, es decir, si se hace menos negativo (disminuye el valor absoluto del número que lo mide), el metal es protegido por la capa que se forma, mientras que si decrece, o sea se hace más negativo, la capa de óxido se disuelve y el metal se ataca cada vez más.

En la práctica, se utilizan estas curvas para determinar la concentración necesaria de un inhibidor para formar una película que sea protectora.

Una medida de potencial permite comprobar por qué el aluminio se comporta como menos activo que el hierro gracias a su capa de óxido.

### Capas de pintura

El efecto protector o el estado físico de capas de pintura puede determinarse también simplemente por una medida de la intensidad de la corriente, ya que aquélla protege por aislamiento del metal del medio que los rodea. El circuito puede cerrarse a través de los poros de la pintura, y el valor de la corriente medirá la porosidad y, por tanto, la protección.

### Medida práctica del potencial

Generalmente, los potenciales se miden con un potenciómetro o voltímetro electrónico, para evitar la polarización de los electrodos que ocasionaría la corriente tomada por el aparato si éste fuese electromagnético.

En las medidas de corrosión, dado que se utilizan chapas metálicas de bastante superficie, puede usarse un semielemento de calomelanos de gran tamaño o, mejor, uno de quinidrona, un microamperímetro muy sensible y una resistencia con la que se consigue que el efecto de la polarización no sea apreciable.

En las figuras 6, 7 y 8 tenemos los distintos casos:

Figura 6: Inhibidor catódico, modificación de la línea de polarización catódica.

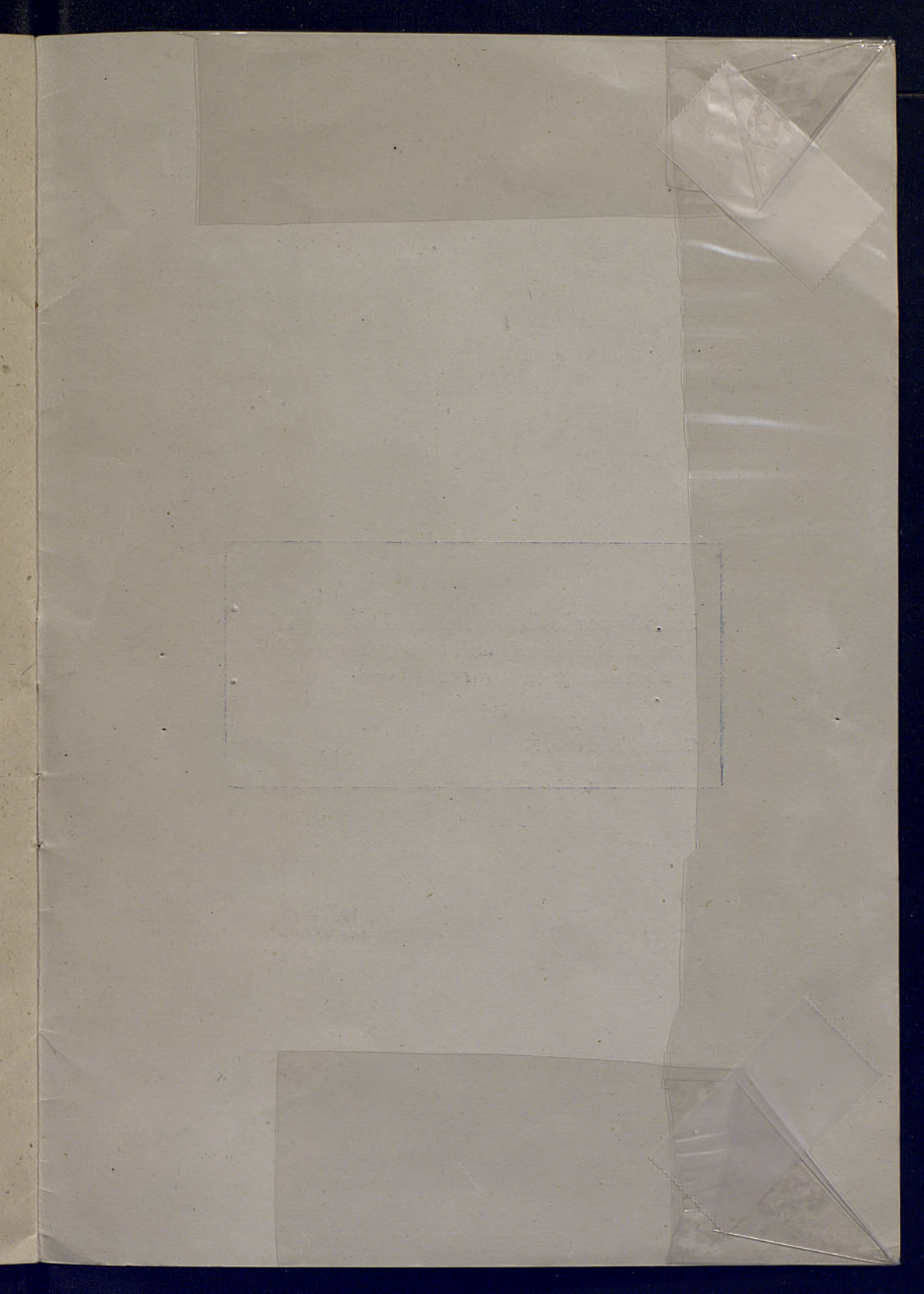
Figura 7: Modificación de la línea de polarización anódica.

Figura 8: Caso de inhibidor anódico y catódico.

### Interés práctico de las medidas de potencial.

La medida del potencial absoluto de un metal frente a la solución ge-







Editado por los Laboratorios de Aplicaciones  
Electrónicas, únicos fabricantes de  
Aparatos para la medida la corrosión.

General Pardiñas, 57  
Teléfono 26 20 49 h

MADRID