

# Determination of Electro-Chemical Corrosion Velocity of Steel SAE 100 Through Thermostatic control

Curso: Corrosión y Degrado de Materiales

Aco Peralta Henry Ismael, Calderon Asencio Arnold Christian, Campomanes Avila Samir, Hernandez Barrientos Pedro Ernesto, Hilario Mendoza Junior Andre.

Escuela de Ingeniería Metalúrgica  
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica  
Universidad Nacional de Ingeniería

## Resumen

Se determinó la velocidad de corrosión mediante la técnica de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS) considerando que la corrosión metálica se produce mediante un mecanismo electroquímico, este ensayo acelerado basado en el uso de corriente alterna (AC) evita una alta caída de potencial haciendo el sistema real. Se obtuvieron curvas de polarización potencial de corrosión y Potencióstáticas (AC) la probeta utilizada para estos ensayos será un acero de bajo carbono SAE 1010, en una solución de ácido clorhídrico 0.10M. El potencial de corrosión o reposo se determinó según la norma ASTM G5. [5], y posteriormente se realizó la prueba con la misma probeta y solución pero a distinta temperatura. Los resultados obtenidos permiten cuantificar la variación de velocidad de corrosión de los materiales a temperaturas diferentes a las ambientales.

La velocidad de corrosión por Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS), evalúa el comportamiento electroquímico de interfaces de electrodo - electrólito y es útil en la interpretación de los fenómenos del interés científico y tecnológico como la electrocatalisis, la corrosión, o el comportamiento de Recubrimientos sobre substratos metálicos.

La (EIS) se basa en la aplicación a la interface de un voltaje armónico  $V_0 \sin(\omega t)$  cuya amplitud es de algunos milis Voltios y cuya frecuencia se hace variar desde unos milis Hertz hasta los Mega Hertz; la respuesta en corriente  $I_0 \sin(\omega t + \phi)$  y se despliegan los siguientes diagramas de impedancia  $Z$ : el plano complejo de la impedancia, es decir, su parte imaginaria  $Z''$  en función de la parte real  $Z'$  (diagramas de Nyquist), o el módulo de la impedancia  $Z$  y la diferencia de fase  $\phi$  en función del logaritmo de la frecuencia  $f$  (diagramas de Bode).

Para la interpretación de los diagramas o para el análisis cuantitativo de procesos en la interface, estos diagramas son ajustados a la función de transferencia (impedancia), estos circuitos equivalentes se muestran en la tabla 1. [4].

Tabla 1. Impedancia de elementos usados en EIS. [4]

Elemento equivalente	Impedancia
Resistor ( $R$ )	$R$
Capacitor ( $C$ )	$1/j\omega C$
Inductor ( $L$ )	$j\omega L$
Elemento de fase constante ( $Q$ )	$1/Y(j\omega)$
Warburg semi infinito ( $W$ )	$1/Y(j\omega)^{1/2}$

La interface electrodo – electrolito es representado mediante una simulación de interface electroquímica Una representación de la interface

## INTRODUCCIÓN

La velocidad de corrosión de un material es una medida de caracterización de un material más si su vida útil de servicio desempeña áreas críticas como por ejemplo tuberías que transportan soluciones a distintas concentraciones, tanques de almacenamiento de soluciones de distintos pH. Impulsores que terminan colapsando antes de cumplir su vida útil programada.

Cuando un metal se sumerge en un medio acuoso se inicia un proceso de ordenamiento de cargas eléctricas. Los electrones libres de un metal modifican el espacio eléctrico y generan una interacción con los iones y masa en la vecindad del metal, este reordenamiento de los electrones libres en la superficie del metal y de iones y masa en el electrolito es debido a una polarización influenciada por las cargas en esta vecindad, formándose la llamada interface eléctrica.

en función de elementos eléctricos pasivos, como son las resistencias y capacitancias (llamadas en electroquímica, elementos de fase constante). Una representación gráfica de esta interpretación es dada en la figura 1.

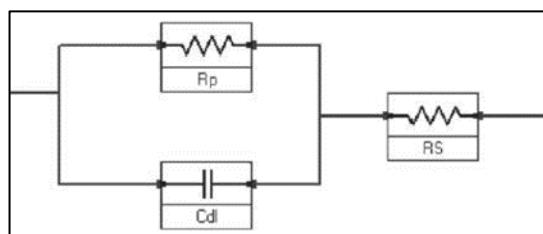


Figura 1. Circuito equivalente de Randles, que simula una interface electrificada.

Rev. Acad. Colomb. Cienc. 34 (131): 241-251, 2010. ISSN 0370-3908.

De la figura 1, existen dos elementos que describen tanto la termodinámica, como la cinética de lo que ocurre en esta interface electrodo – electrolito. El parámetro termodinámico es el factor capacitivo ( $C$ ) está asociado a la carga distribuida en esta interfaz y por ende con el potencial eléctrico. Es la capacitancia de la doble capa eléctrica. [1, 4]

El parámetro cinético es el factor resistivo o resistencia de polarización ( $R_p$ ), determina la cinética de las reacciones se asocia al impedimento o resistencia que los protones ( $H^+$ ), así como el oxígeno tienen que vencer para poder llegar al contorno de la superficie del metal a recombinarse con los electrones que este posee. Teniendo en cuenta que esta resistencia controla la cantidad y velocidad de transporte a través de la doble capa eléctrica.

El inhibidor de ácido orgánico que contiene oxígeno, nitrógeno y / o azufre es adsorbido sobre la superficie metálica bloqueando los sitios de corrosión activa. Aunque los inhibidores orgánicos más eficaces y eficientes son compuestos que tienen enlaces pi, estos presentan toxicidad biológica y características ambientales nocivas. [6] Tal como es el caso del ácido acético utilizado en ésta experiencia, siendo una solución ecoamigable.

## PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Las medidas de velocidad de corrosión convencional se realizan por técnicas de estado estacionario se basan en ecuaciones que describen a los sistemas electroquímicos que no contienen al tiempo como variable (ecuaciones de estado estacionario) la extrapolación de las rectas de Tafel y la medida de la resistencia de polarización ( $R_p$ ) son técnicas de estado estacionario que más se utilizan en la industria. Sin embargo se debe

precisar estas medidas son observables por las siguientes limitaciones:

1. No es un método exacto basado en una relación lineal entre la polarización aplicada y la corriente, en el entorno del potencial de corrosión ( $E_{corr}$ ) [2].
2. Supone que las pendientes de Tafel son constantes en sistemas reales no lo es.
3. La resistencia de polarización ( $R_p$ ) se obtiene antes de haber alcanzado las condiciones de estado estacionario [1].
4. Perturbaciones inducidas en el electrodo de trabajo (porque cambia ligeramente el medio y/o metal) en el curso de las medidas [2].

La determinación de la velocidad de corrosión por técnicas no estacionarias (pulsos de potencial, pulsos de corriente, pulsos diferenciales, Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS), etc.), los métodos de Impedancias, da resultados con menos distorsión electrodo de trabajo electrolito, sistemas reales desde el punto de vista del monitoreo automático de la corrosión [4].

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

Determinar el cambio de velocidad de corrosión de una probeta SAE 1010 a temperatura ambiente y a una temperatura de laboratorio ( $T=45^\circ\text{C}$ ).

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Comparación velocidad de corrosión obtenida por las curvas de polarización de Bode y Nyquist determinando del ángulo de fase, con la resistencia de polarización ( $R_p$ ).
2. Simulación de circuito eléctrico equivalente de interface eléctrica.

## DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para la determinación de la velocidad de corrosión se utilizó 01 probetas una de acero SAE 1010 cuya composición química según las norma respectiva se presentan en las tablas 2.

Tabla 2. Composición química de SAE 1010, Norma ASTM A830

Elementos	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
(%)	0.08/ 0.13	0.30 /0.6	0.04	0.05	0.1	-	-	-

Para la obtención de las medidas se utilizó un equipo de Potenciómetro Gamry Reference 3000. Necesita pozo a tierra menor a 5 ohmios. En la FIGMM tenemos uno a 2.5 ohmios. Rango de corriente en amperios (A) de nanoamperios (nA) hasta los 3.0 A. con software dedicados Gamry para corriente continua (DC) y corriente alterna (AC) se muestra en la figura 2.

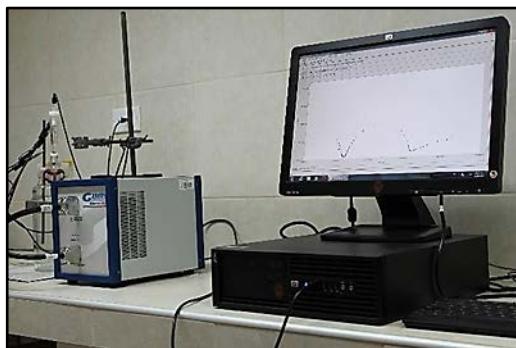


Figura 2. Potenciómetro Gamry Reference3000. Cortesía del Laboratorio de Hidroelectrometalurgia-FIGMM.

**Celdas Faraday:** Hecha de aluminio con el propósito de aislar el sistema de perturbaciones.

**Electrodos:** Electrodo de Trabajo: Bajo norma, su área lateral es de 1cm<sup>2</sup> y con área superficial de 5.7 cm<sup>2</sup>. La velocidad que se puede ejercer sobre él es de 0.2-200 RPM mientras está sumergido en la solución (electrolito).

**Electrodo Auxiliar o Contra Electrodo:** Puede ser de platino, pero comúnmente se utiliza el de grafito. Tiene función de cerrar el circuito al pasar corriente a través de él.

**Electrodo de Referencia:** Electrodo por el cual no circula corriente y va dentro del Capilar de Luigui. Su función es mantener constante la concentración de la solución dentro de la celda y cerca al electrodo de trabajo, gracias a su tapa con micro poros. En otras épocas, era habitual es uso de sulfato de mercurio (640 mV) pero debido a lo peligro de usar al Hg en su forma de sulfato, ésta solución se reemplazó por Calomel (Cloruro de Hg con 242 mV). Para evitar riesgo es mejor utilizar la solución de cloruro de plata (222 mV).

El electrodo de trabajo que se utilizó en la celda de polarización de tres electrodos para la evaluación de la velocidad de corrosión se manufacturó en nuestra escuela, tiene por dimensiones 6 mm de diámetro y 10 mm de altura, está recubierto de fibra de vidrio como protección y va empotrado en la parte inferior del electrodo, para hacer contacto con la solución electrolítica de HCl, como se presenta en la figura 3.



Figura 3. Electro de trabajo de la probeta de acero SAE1010.Cortesía del Laboratorio de Hidroelectrometalurgia-FIGMM.

**Baño Térmico:** para trabajar a una temperatura diferente al del ambiente ( $T=45^{\circ}\text{C}$ ), se utilizó un equipo de baño térmico cuyo rango de trabajo es de Tambiente hasta los 200°C, con un accesorio de chaqueta externa que calefacciona la celda de polarización de 3 electrodos, este tiene una capacidad de 10 litros, obsérvese.



Figura 4. Baño térmico Polystat, capacidad 10 L. Cortesía del Laboratorio de Hidroelectrometalurgia - FIGMM.

Desarrollo del análisis para la determinación de la velocidad de corrosión:

1. Primero se preparó el electrodo de trabajo del acero SAE1010. Asegurándose que tenga una buena conductividad y que quede solamente la superficie que dese expuesta en el electrolito de HCl 0.10M. Luego un pulido en papeles abrasivos hasta N° 1500 finalmente en alúmina de granulometría 0.5 micras obteniéndose una superficie especular.
2. Se da inicio a las mediciones electroquímicas primero se medió el potencial de corrosión, de acuerdo a la norma ASTM G31. Se utilizó como electrodo de referencia el cloruro de plata (AgCl/Ag).

3. Se midió también el potencial de corrosión por un espacio de 300 segundos, luego de haber transcurrido 55 minutos del contacto entre el electrodo y la solución, según norma ASTM G3.
4. Las técnicas de medidas estacionarias en DC, esta Tafel además de la medida del  $R_p$  y el potencial de corrosión donde se realizó la medición de acuerdo a la norma ASTM G102.
5. Las técnicas de medidas no estacionarias en AC. Esta la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) se realizó las mediciones Potencióstáticas con parámetros de frecuencia de inicio 0.1 Hertz y una frecuencia final de 10 M Hertz. Con 10 puntos por década. Obteniéndose la curva de polarización de Bode.
6. Hallados finalmente las gráficas para la temperatura ambiente, se procedió a retirar el sistema de celdas con 3 electrodos y se colocó en una celda con chaqueta acoplada al sistema de baño termostático, luego de su instalación se configuró el equipo a la temperatura de 45°C, seguidamente se realizó el procedimiento similar de medida de las curvas en AC y DC.

## RESULTADOS

### A TEMPERATURA AMBIENTE

El potencial de potencial de corrosión se muestra en la figura 4 de la probeta de acero SAE1010.

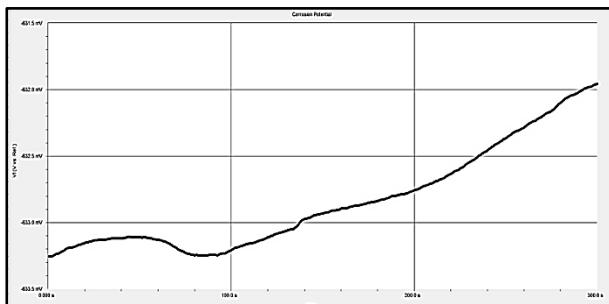


Figura 5. Curva de potencial de corrosión de la probeta de acero SAE1010.

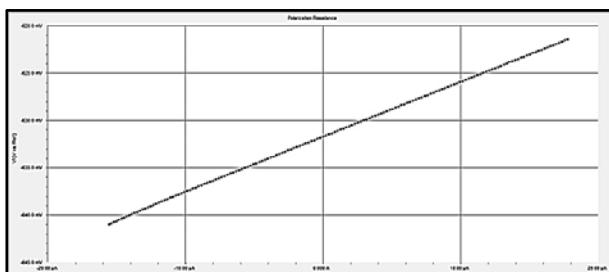


Figura 6. La curva de resistencia a la polarización de la probeta SAE1010.

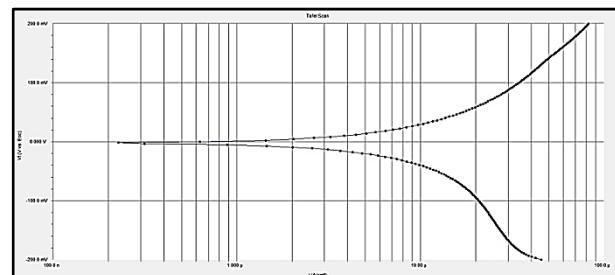


Figura 7. Curvas de Tafel de la probeta SAE 1010.

De las medidas técnicas no estacionarias espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) las curvas de polarización Potencióstáticas en corriente alterna (AC), incluyen gráficas de Bode y de Nyquist se analizó para determinar la velocidad de corrosión real de la probeta SAE 1010. Se muestra en la figura 6 el diagrama de Bode.

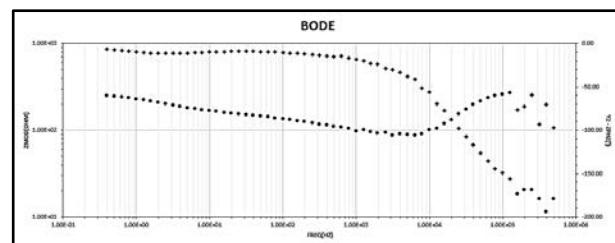


Figura 8. Diagrama de Bode del Acero SAE 1010.

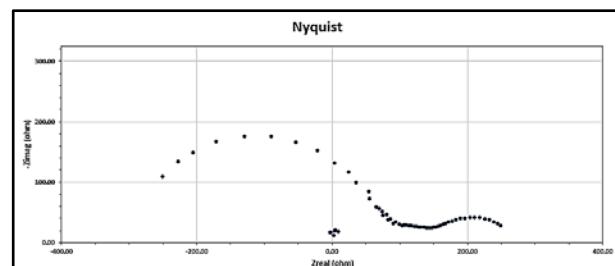


Figura 9. Diagrama de Nyquist del acero SAE 1010.

### MEDIDAS A UNA TEMPERATURA DE 45°C

Del mismo modo que se determinó las curvas a una temperatura ambiental lo hacemos para  $T=45^{\circ}\text{C}$  a continuación se muestran las gráficas en DC.

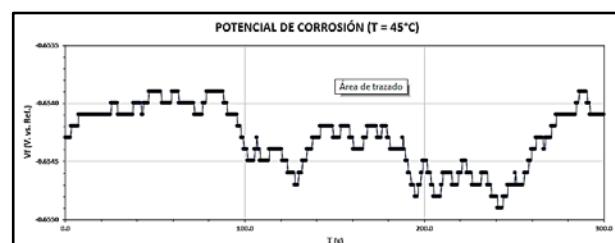


Figura 10. Curva del potencial de corrosión respecto del tiempo en segundos del SAE 1010.

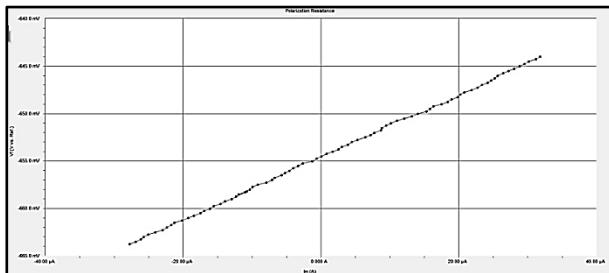


Figura 11. Curva de resistencia de polarización del SAE 1010.

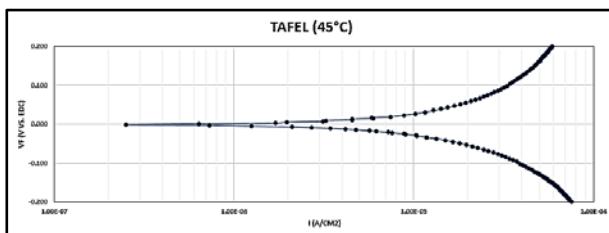


Figura 12. Curvas de Tafel respecto a la densidad de corriente, probeta SAE 1010.

De las medidas técnicas no estacionarias espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) la curva de polarización Potencióstáticas en corriente alterna (AC). De la probeta SAE 1010 Se muestra los diagramas de Bode y Nyquist.

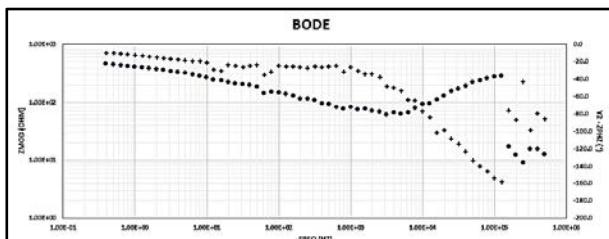


Figura 13. Diagrama de Bode probeta SAE 1010.

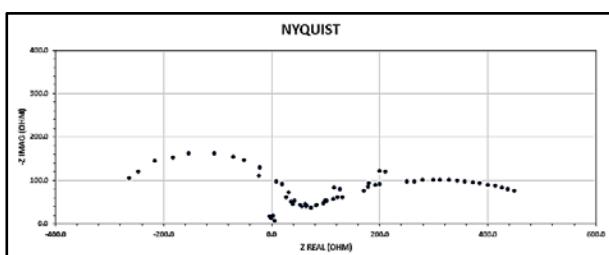


Figura 14. Diagrama de Nyquist del SAE 1010.

Los resultados de las medidas por técnicas estacionarias en corriente continua (DC), la curva de polarización de Tafel. Y las medidas por técnicas no estacionarias en corriente alterna (AC) la curva de polarización Potencióstáticas de Bode se muestra los resultados comparativos en la tabla 4.

Tabla 3. Muestra los resultados obtenidos medidos en técnicas estacionarias en corriente continua (DC) y técnicas no estacionarias en corriente alterna (AC).

Medidas	Probeta Acero SAE1010 (Tambiente=25°C)		Probeta Acero SAE1010 (T = 45°C)	
	Corriente continua (DC)	Corriente alterna (AC)	Corriente continua (DC)	Corriente alterna (AC)
Potencial de circuito abierto (OCP) en (mV.)	-628.2		-645.20	
Densidad de corriente (A/cm²)		1.288E-5		2.244E-5
Potencial de corrosión (mV.)	-632.00		-654.10	
Resistencia de Polarización Rp (kΩ )		0.084		0.074
Velocidad de corrosión (um/año)	100.434		174.980	

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos mostrados en la tabla 3 se tienen las siguientes conclusiones:

1. De los siguientes diagramas de polarización mostrados en las figuras numero de 5, 6, 10,11 muestra continuidad uniforme confirmando la buena configuración de la celda de polarización que está exenta de perturbación y ruido externo.
2. Los resultados de la tabla 3. La resistencia de polarización Rp obtenida en corriente Alterna AC. dan un valor menor cuando la probeta está sometida a un baño termostático ( $T=45^{\circ}\text{C}$ ) evidenciando que la velocidad de corrosión en esta presencia es mayor.
3. El resultado de la velocidad de corrosión en (um/año) de la probeta SAE 1010 aumenta al incrementar la temperatura del baño termostático ( $T=45^{\circ}\text{C}$ ).
4. La simulación de la interface eléctrica electrodo – electrolito mediante circuitos eléctricos equivalente (CEE) es muy similar a lo que se presenta en la figura.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASM HANDBOOK, Corrosion Fundamentals, Testing, and Protection, Volumen 13, USA. 2006.
- [2] GONZALEZ FERNANDEZ José, Control de la Corrosión estudio y medida por Técnicas Electroquímicas, Ed. Grafipren S.A., Madrid 1989.
- [3] PHILIPPE MARCUS, Corrosion Mechanisms in Theory and Practice, Third Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, USA. 2012.
- [4] ALLEN J. BARD, LARRY R. FAULKNER, Electrochemical Methods Fundamentals and Applications, Jhon Wiley & Sons, INC, New York, USA. 2001.
- [5] ASTM G-5 1978 Standard Reference Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements.

- [6] MAHMOUD N. EI-HADDAD, Chitosan as a green inhibitor for copper corrosion in acid-ic medium, International Journal of Biological Macromolecules, vol. 55, pp 142-149, 2013.

## ANEXOS

En la figura N° 11 de los anexos se presentan los anexos de la NORMA ASTM G102 – 89 medidas electroquímicas Determinación de la velocidad de corrosión.

G 102 - 89 (2004) <sup>1</sup>	
X1. SAMPLE CALCULATION—ALLOY EQUIVALENT WEIGHT	
X2.1 Data:	X2.1.5 Iron = 100 + 31.5 = 68.5 %;
X2.2 Alloy: UNS S31600, actual composition not available;	X2.2.1 Valence values from Ref.(2)
X2.2.2 Corrosion Potential: 300 mV versus SCE in acidic acid;	X2.2.2.1 Iron = 13 X2.2.2.2 Nickel = 12 X2.2.2.3 Molybdenum = 12
X2.2.3 Anticipated:	X2.3 Calculations—For simplicity, assume 100 g of alloy dissolved. Therefore, the gram equivalents of the dissolved components are given by (Eq. 1).
X2.2.4 Copper:	$Q = \frac{1}{3700} \times 3 + \frac{12}{3570} \times 2 + \frac{12}{5570} \times 3 + \frac{68.5}{5570} \times 2 \quad (X2.2)$
X2.2.5 Chromium: 16.15 %—mid range 17.0%;	$= 0.081 + 0.089 + 0.078 + 2.03 = 3.02 \text{ g equivalent}$
X2.2.6 Nickel: 10.10 %—mid range 12.0%;	
X2.2.7 Molybdenum: 2.3 %—mid range 2.5%;	
X2.2.8 Iron, Bismuth (gauge minor elements):	
$I = 12 + 23 + 31.5 \quad (X2.3)$	The alloy equivalent weight is therefore 68.500 ± 25.50.
X2. SAMPLE CALCULATION FOR CORROSION RATE FROM CORROSION CURRENT	
X3.1 Data and requirements—See X1 and X2.	$E_i = 327 \text{ mV} \quad (X3.1)$
X3.1.1 Corrosion rate in mg/m <sup>2</sup> /year:	$CR = \frac{3.27 \times 10^{-3} \times 20.3 \times 25.50}{0.02} = 0.211 \text{ mg/m}^2/\text{year} \quad (X3.2)$
X3.2 Calculations—See Eq. 5.	
X3. SAMPLE CALCULATION FOR STERN-GEARY CONSTANT	
X4.1 Corr 1 Data—Tafel slopes polarization diagram:	X4.3 Corr 2—Cathodic reaction is diffusion controlled:
$IR = 31.2 \text{ mV/decade, and}$	$IR = 31.2 \text{ mV/decade}$
$IR = 11.0 \text{ mV/decade}$	(X4.3)
X4.2 Calculation in accordance with Eq. 7:	X4.4 Calculation—(Eq. 8):
$R = \frac{31.2}{31.2 + 11.0} = 16.7 \text{ mV or } 0.0167 \text{ V} \quad (X4.2)$	$R = \frac{31.2}{31.2 + 23.3} = 23.3 \text{ mV} \quad (X4.4)$
X5. SAMPLE CALCULATION—CORROSION CURRENT FROM POLARIZATION RESISTANCE DATA	
X5.1 Data—Polarization: 10 mV from corrosion potential.	$\frac{17.1}{(1.02)^2} = 10.8 \mu\text{A/cm}^2 \quad (X5.1)$
X5.1.1 Current measured = 11.1 μA.	
X5.1.2 Specimen Size—142 mm diameter masked circular area.	X5.2.2 Polarization resistance calculation:
X5.1.3 Total slope values given in X4.	$R_p = \frac{IR}{I^2} = \frac{10 \text{ mV}}{10.8 \mu\text{A/cm}^2} = 92 \text{ ohm cm}^2 \quad (X5.2)$
X5.2 Calculation:	X5.2.3 Corrosion current—(Eq. 10):
X5.2.1 Current density (see X4):	$I_{corr} = \frac{23.3 \text{ mV}}{R_p} = 23.3 \mu\text{A/cm}^2 \quad (X5.3)$

Figura 1 anexo de ASTM G102-89 página N° 6.

G 102 - 89 (2004) <sup>1</sup>			
X6. SAMPLE CALCULATION—SOLUTION RESISTIVITY EFFECTS			
X6.1 Data:	$R_p = IR = \rho I$		(X6.1)
X6.1.1 Solution Resistivity—4000 ohm cm.	$R_p = 900 = 0.5 \times 4000$		
X6.1.2 Distance Between Luggin Tip and Sample—5 mm.	$R_p = 900 = 200 = 700 \text{ ohm cm}^2$		
X6.1.3 Measured Polarization Resistance—996 ohm cm <sup>2</sup> .			
X6.2 Calculation from (Eq. 11):			
REFERENCES			
(1) Dean, S. W., <i>Material Performance</i> , Vol. 26, 1987, pp. 51-52.			Corrosion Engineers, Houston, TX, pp. 1-13, 1977.
(2) Proctor, M., "Atlas of Electrochemical Equilibrium in Aqueous Solutions," National Association of Corrosion Engineers, Houston, TX, 1974.			(10) Ohman, K. B. and Manfield, F., "Corrosion Rates from Polarization Curves A New Method," <i>Corrosion Science</i> , Vol. 13, No. 70, p. 813 (1973).
(3) Dean, S. W., D. C. Corrigan, Vol. 27, 1988, pp. 546-548.			(11) Manfield, F., "Tafel Slopes and Corrosion Rate from Polarization Resistance Measurements," <i>Corrosion</i> , Vol. 29, p. 10 (1972).
(4) Dean, S. W., Jr., W. F. Driscoll, Jr., and S. J. Kochan, "Electrochemical Methods," <i>Handbook on Corrosion Testing and Evaluation</i> , W. H. Allee, Ed., John Wiley, New York, 1977, pp. 173-174.			(12) Gustone, S., Ladher, K. J., and Syring, H., "The Theory of Rate Processes," McGraw Hill, New York, 1941, pp. 352-359.
(5) Dean, S. W., Jr., <i>Electrochemical Methods of Corrosion Testing—Electrochemical Techniques and Corrosion Rate Measurements</i> , National Association of Corrosion Engineers, Houston, TX, 1977, pp. 52-53.			(13) Manfield, F., "The Effect of Uncompensated Resistance on True Scan Rates in Potentiodynamic Experiments," <i>Corrosion</i> , Vol. 30, No. 10, pp. 59-62 (1974).
(6) Stow, M. and Roth, R. M., <i>Journal of the Electrochemical Society</i> , Vol. 105, 1957, p. 390.			(14) Manfield, F. and Kennedy, M., "Concerning the Choice of Scan Rate in Polarization Measurements," <i>Corrosion</i> , Vol. 37, No. 8, pp. 545-546 (1981).
(7) Stow, M., <i>Corrison</i> , Vol. 14, 1958, p. 440.			(15) Manfield, F. and Ohman, K. L., "A Modification of the Stern-Geary Linear Polarization Equation," <i>Corrosion Science</i> , 1971, Vol. 11, pp. 787-796.
(8) Stow, M., <i>Corrosion</i> , Vol. IV, 1958, p. 163.			
			All the information given in this section regarding the use of any patent rights asserted is contained in the original document. In the event of any discrepancy between the information in this section and the original document, the validity of any such patent rights, and/or of the content of such rights, is defined by the original document.
			This document is subject to change at any time by the responsible technical committee and must be reprinted every three years for further update. Other reprinting or copying without permission is prohibited. For permission to reprint or copy, contact the responsible technical committee or the publisher. While you may often find that your comments have not received a lot hearing you should never cease trying to make them known to the rest of the Committee or Member at the annual meeting.
			The standard is copyrighted ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, P.O. Box 1220, West Conshohocken, PA 19428-2951. United States, individual member price, or multiple copies of the standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 619-872-1315 (phone), 619-872-1321 (fax), or <a href="http://www.astm.org">www.astm.org</a> .

Figura 2 anexo de ASTM G102-89.

T	25 °C	T	45 °C
t(seg)	E1°(mV)	t(seg)	E2°(mV)
288.20	-632.00	288.20	-653.90
288.70	-632.00	288.70	-653.90
289.20	-632.00	289.20	-653.90
289.80	-632.00	289.80	-653.90
290.30	-632.00	290.30	-653.90
290.80	-632.00	290.80	-654.00
291.30	-632.00	291.30	-654.00
291.80	-632.00	291.80	-654.00
292.30	-632.00	292.30	-654.10
292.80	-632.00	292.80	-654.10
293.30	-632.00	293.30	-654.10
293.80	-632.00	293.80	-654.10
294.30	-632.00	294.30	-654.10
294.80	-632.00	294.80	-654.10
295.30	-632.00	295.30	-654.10
295.90	-632.00	295.90	-654.10
296.40	-632.00	296.40	-654.10
296.90	-632.00	296.90	-654.10
297.40	-632.00	297.40	-654.10
297.90	-632.00	297.90	-654.10
298.40	-632.00	298.40	-654.10
298.90	-632.00	298.90	-654.10
299.40	-632.00	299.40	-654.10
299.90	-632.00	299.90	-654.10

Figura 3 anexo Data de la curva de potencial de corrosión en Corriente Continua (DC). Se muestra los valores en los últimos 15 segundos de la medición.