

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

FECHA DE REGISTRO: Ciudad Juárez, Chihuahua, a 04 de diciembre de 2019

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Título del proyecto: Influencia de la actividad biogénica en la corrosión de aleaciones de Aluminio utilizando técnicas electroquímicas

Línea de Investigación del Proyecto: Química Aplicada-Electroquímica

Área de conocimiento: Biología y Química

Tipo de investigación: Básica Aplicada Desarrollo tecnológico

Vigencia del proyecto: Fecha de inicio: dd/mm/aaaa Fecha de término: dd/mm/aaaa Nota: Por fase anual

Financiamiento interno: No Sí Entidad financiadora: _____

Financiamiento externo: No Sí Entidad financiadora: _____

Monto (en caso de contar con financiamiento): \$

DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE

Nombre: Mónica Galicia García

#Empleado: 7499

Correo electrónico: monica.galicia@uacj.mx

Línea de investigación individual: Electroquímica Ambiental

GRUPO DE TRABAJO (PARTICIPANTES)

Nota: Agregar renglones a la tabla según

Numero Empleado	Nombre
7499	Mónica Galicia García
7763	Roxana Malpica Calderón

Profesores-Investigadores de otras Instituciones

Nombre	Grado	Institución
Hortencia Silva Jiménez	Doctorado	Universidad Autónoma de Baja California

Estudiantes Nota: Agregar renglones a la tabla según requerimiento.

Nombre	Matrícula	Programa Educativo	Nivel (pregrado, posgrado)	Tesista del proyecto (sí/no)
María Isabel Sáenz López	124719	QFB	Licenciatura	si
Jacobo Antonio Recio Hernández	145959	LQ	Licenciatura	si
Jonathan Josué Calvillo Solís	154790	LQ	Licenciatura	no

CONVENIOS VIGENTES CON EL SECTOR PÚBLICO, PRIVADO O SOCIAL (EN SU CASO) Nota: Agregar renglones a la tabla según requerimiento.

Nombre de la instancia y grupo de investigación o CA externos	Fecha de formalización
Universidad Politécnica de Juventino Rosas	01 de marzo de 2019

Nota: Agregar renglones a las tablas según requerimientos.

PRODUCTOS COMPROMETIDOS

Artículos en revistas indexadas

Libros

Capítulos de libro

Patentes, prototipos y modelos de utilidad

Modalidad (patente, prototipo o modelo de utilidad)	Nombre de la patente, prototipo o modelo de utilidad	Instancia certificadora

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN: Elaborar de acuerdo al Anexo 2.

Dra Mónica Galicia García



Nombre y firma del responsable del
proyecto

ANEXOS.

Anexo 1. Áreas de conocimiento del Conacyt (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)

Área 1: Físico-matemáticas y ciencias de la tierra

Área 2: Biología y química

Área 3: Medicina y ciencias de la salud

Área 4: Humanidades y ciencias de la conducta

Área 5: Ciencias sociales

Área 6: Biotecnología y ciencias agropecuarias

Área 7: Ingenierías

Anexo 2. Protocolo de investigación: Extensión de 10 a 15 cuartillas. Adjuntar documento al presente formato acorde con la siguiente estructura:

1. Planteamiento del problema

Las aleaciones de aluminio tienen numerosas aplicaciones, principalmente en la industria aeronáutica y la industria petrolera en el transporte de hidrocarburos. Estas aleaciones son susceptibles de ser atacadas por microorganismos, generando biocorrosión o la denominada corrosión influenciada por microorganismos (MIC). Los microorganismos forman una biopelícula la cual es la principal causa de la corrosión y de los problemas técnicos y de pérdidas económicas ocasionada por ésta (Saravia, 1991). E. coli puede encontrarse en medios marinos ya que al ser eliminado principalmente por humanos a través de tuberías, llega mucha de esta a los mares. E. coli junto con otros microorganismos marinos forman una biopelícula en los ductos de tuberías de drenaje, como en el transporte de hidrocarburos. Aprender a monitorear el comportamiento que tiene la bacteria y las formaciones de la biopelícula respecto a la aceleración de la corrosión, resulta importante para así poder tener determinar el mecanismo de acción y de cómo prevenir el proceso de corrosión o retardarlo.

2. Justificación

Es importante caracterizar el proceso de la corrosión microbiológica en las aleaciones de aluminio, para identificar cuáles factores la propician y cómo es que se va desarrollando este fenómeno, para de esta forma poder proporcionar las variables que tendrían que ser eliminadas, para controlar la MIC. Con lo anterior, debido a que, en la industria petrolera, las fallas por corrosión asociadas a MIC, puede generar derrames de hidrocarburos que contaminan los mares, afectando el medio ambiente de muchas especies y humanos que vivan cerca. Del mismo modo, una fuga en los ductos que transportan hidrocarburos puede generar explosiones, lo que dañaría las infraestructuras cercanas, el medio ambiente, e incluso puede ocasionar la pérdida de vidas humanas.

3. Marco teórico

El aluminio es un metal ligero ($d=2.71g/cm^3$) que posee buena resistencia a la corrosión en la atmósfera, hasta temperaturas relativamente altas y en muchos medios acuosos, combinada con buena conductividad térmica y eléctrica. Es muy activo en la serie electroquímica, pero se pasiva simplemente con la exposición al agua o al aire. La película pasiva está compuesta por óxido de aluminio, que en el caso de aluminio expuesto al aire se estima de un espesor aproximado entre 20 y 100 Å (Otero, 1997). Las aleaciones de aluminio ocupan el segundo lugar (con respecto a los aceros) en los materiales que se utilizan con fines estructurales (Maffia, 2013). Además de que al tener un peso tan leve, junto con la alta resistencia en algunas aleaciones de aluminio (próxima o similar a la de algunos aceros estructurales), permite la construcción de estructuras ligeras y

resistentes, particularmente ventajosa en vehículos espaciales, aviones, y en todo tipo de vehículos terrestres y náuticos (Maffia, 2013).

Proceso de pasivación del aluminio

Las condiciones en que se encuentre la sustancia metálica influyen de un modo importante en su potencial de solución o su tendencia a corroerse. Si el medio corrosivo reacciona con el metal, para formar una cubierta protectora adherente que inhibe cualquier deterioración posterior, se dice que se ha producido una pasivación. Este fenómeno altera la posición del metal en la serie de fuerza electromotriz, cambiando la actividad química del metal. (Keyser, 1982). Esta es una alternativa que es preferentemente por medios secos que pueden eliminar el vapor de agua. En algunos casos, los productos de corrosión proveen de forma natural la capa de pasivación (WAH, 2007).

Un buen ejemplo de pasivación lo ofrecen el aluminio y sus aleaciones.

Aunque tienen alto potenciales de electrodo, no se corroen en la atmósfera con tanta facilidad como el hierro y el acero ordinario, que son materiales mucho menos activos. Este comportamiento explica por la formación de una película densa y muy adhesiva de óxido de aluminio, que protege eficazmente al metal que se encuentra bajo ella, mientras que la película de óxido (herrumbre) que se forma sobre el hierro y el acero no se adhiere estrechamente al metal; por lo tanto, el acero no recibe una buena protección de sus óxidos como el aluminio de los suyos (Keyser, 1982).

Corrosión

Se entiende por corrosión la reacción de un metal o una aleación con el medio o ambientes reactivos teniendo como consecuencia su deterioro o destrucción. A causa de este fenómeno los metales pierden su estado elemental y retorna al estado combinado (formando los minerales, como los óxidos, sulfuros, carbonatos, hidróxidos, etc.) de origen. En la actualidad el término corrosión se aplica solamente al ataque electroquímico de los metales, aunque algunos autores opinan que no es muy estricto y se puede considerar también a los no metales como cerámica, plásticos, goma, etcétera (Mariaca, 1999).

La corrosión es una reacción química. En toda reacción química se generan productos de corrosión. Si los productos de la corrosión se quedan en la superficie metálica del metal que se está corroyendo y dificultan la evolución de esta reacción, se está produciendo un fenómeno de paliación (Mórela, 1990).

Corrosión microbiológica

La corrosión influenciada microbiológicamente (MIC) se refiere a la influencia de los microorganismos sobre la cinética del proceso de corrosión de metales causado por su adherencia a las interfaces (usualmente denominada biopelícula). El prerrequisito para la MIC es la presencia de microorganismos: si la corrosión influenciada por su actividad, los otros requerimientos son un electrolito acuoso, una fuente de energía, una fuente de carbono, un dador de electrones y un aceptor de electrones.

Los microorganismos involucrados en la CIM de metales como hierro, cobre y aluminio y sus aleaciones son fisiológicamente diversos. Bacterias y hongos pueden producir grandes cantidades de ácido inorgánico y orgánico como subproductos metabólicos. Es bien conocido que los hongos producen ácidos orgánicos que son capaces de contribuir a la CIM (Bento et al., 2005).

Muchos de los trabajos publicados en corrosión de aluminio y sus aleaciones han sido asociados con la contaminación de combustibles aeronáuticos causado por los hongos *Hormoconis resiniae*, *Arpergillus spp*, *Penicillium spp*. Y *Fusarium spp* (Araya, 2008).

Biopelículas componentes de la corrosión

La corrosión influenciada microbiológicamente (MIC) se refiere a la influencia de los microorganismos sobre la cinética del proceso de corrosión de metales causado por su adherencia a las interfaces (usualmente denominada biopelícula). El prerrequisito para la MIC es la presencia de microorganismos: si la corrosión influenciada por su actividad, los otros requerimientos son un electrolito acuoso, una fuente de energía, una fuente de carbono, un dador de electrones y un aceptor de electrones.

Los microorganismos involucrados en la CIM de metales como hierro, cobre y aluminio y sus aleaciones son fisiológicamente diversos. Bacterias y hongos pueden producir grandes cantidades de ácido inorgánico y orgánico como subproductos metabólicos. Es bien conocido que los hongos producen ácidos orgánicos que son capaces de contribuir a la CIM (Bento et al., 2005).

Muchos de los trabajos publicados en corrosión de aluminio y sus aleaciones han sido asociados con la contaminación de combustibles aeronáuticos causado por los hongos *Hormoconis resiniae*, *Arpergillus spp*, *Penicillium spp*. Y *Fusarium spp* (Araya, 2008).

En la tabla 1 se describen los microorganismos más habitualmente ligados a proceso de corrosión, así como las condiciones fisicoquímicas en cuanto a temperatura y pH necesarias para su crecimiento y desarrollo (Otero, 1997).

Tabla 1.

Principales microorganismos que genera corrosión

Tipo de microorganismos	Ejemplo	Intervalo de temperatura C°	Intervalo de pH
Algas			
Verdes	<i>Chlorella</i>	30-35	5.5-9
Verde-azuladas	<i>Anneystis</i>	35-40	6-9
Diatomeas	<i>Diatomea</i>	18-36	5.5-9
Hongos			
Filamentosos	<i>Penicillium</i>	0-38	2-8
Levaduras	<i>Saccharomyces</i>	0-38	2-8
Basidiomicetos	<i>Peniophom</i>	0-38	2-8
Bacterias			
Aerobias no esporuladas	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	20-40	4-8
Aerobias esporuladas	<i>Bacillus subtilis</i>	20-40	5-8
Aerobias oxidantes del azufre	<i>Thiobacillus Thio-oxidans</i>	20-40	0.5-6
Aerobias oxidantes del hierro	<i>Gallionella</i>	20-40	7.4-9.5
Aerobias reductores del azufre	<i>Desulfovibrio</i>	20-40	4-8

Microorganismos más habituales ligados a proceso de corrosión y condiciones fisicoquímicas para su supervivencia. (Otero, 1997).

Técnicas electroquímicas para el estudio de la corrosión

Potencial de corrosión y corriente de corrosión

Cuando un metal se corroe mediante un mecanismo homogéneo la corriente que pasa a través de la zona anódica, corriente de disolución anódica, debe ser igual y de signo contrario a la corriente catódica, es decir $I_{corr} = I_{an} = I_{cat}$

Puesto que ambas zonas están cortocircuitadas por el mismo metal, la diferencia de potencial será igual a cero, cumpliéndose:

$$0 \Delta = \phi_{cat} - \phi_{an} + IR$$

Si la distancia entre las zonas anódicas y catódicas es grande o el electrolito muy diluido, la caída óhmica puede ser muy grande. Admitiendo que R sea aproximadamente cero, es decir la zona anódica y catódica muy próximas o concentraciones muy elevadas, la expresión anterior se transforma en:

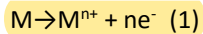
$$\Delta \phi_{cat} = \Delta \phi_{an} = \Delta \phi_{corr}$$

Denominándose a esta diferencia de potencial, potencial de corrosión (Ortega, 1990).

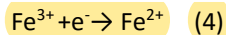
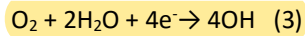
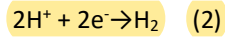
Potencial de circuito abierto OCP

En todo proceso corrosivo existen, necesariamente, dos tipos de reacciones electrónicas, unas anódicas y otras catódicas. Dichas reacciones se dan simultáneamente en áreas diferentes de la superficie del metal. Normalmente las reacciones no son reversibles,

pues no corresponden a procesos en equilibrio e involucran especies reactivas diferentes. En las áreas anódicas suceden reacciones de disolución u oxidación metálica, generalmente del tipo:



En las áreas catódicas se pueden presentar diferentes reacciones de reducción dependiendo de la naturaleza y la concentración de las especies presentes en el medio, y pueden ser:



El potencial en las áreas anódicas estará definido por la relación metal/ion metálico (ecuación 1), mientras que el potencial en las áreas catódicas lo definirá el tipo de reacción o reacciones que predominen en el proceso catódico. Teniendo en cuenta el principio de que toda la superficie electroda es equipotencial, es decir, posee el mismo potencial eléctrico en toda la superficie, el metal que sufre corrosión tiende a asumir un único potencial de electrodo, haciendo que todas las áreas anódica y catódicas se polaricen entre sí para alcanzar un solo valor de potencial, cual se conoce como potencial de circuito abierto (OCP) o potencial de corrosión (E_{corr}). El análisis de las transientes de OCP es en la actualidad una técnica útil para la estimación de la velocidad de corrosión de un metal inmerso en un medio específico.

La corriente relacionada con las fluctuaciones de potencial eléctrico de un metal inmerso un medio conductor, puede escribirse de manera simple de acuerdo con la ley de Ohm como:

$$I = \frac{E_c - E_a}{\Sigma R}$$

Donde E_c y E_a son los potenciales de las áreas catódicas y anódicas ΣR es la sumatoria de todas las resistencias encontradas durante el paso de la corriente en el sistema metal-medio. El potencial de las áreas anódicas depende esencialmente de la interacción del metal con sus iones en soluciones en la superficie del metal. Este potencial (E_e) está dado por la ecuación de Nernst en el momento en que se establezca un equilibrio:

$$E_e = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln [M^{n+}]$$

Donde E_0 es el potencial de electrodo cuando todas las especies están en estado estándar, R es la constantes de los gases, T es la temperatura, n es el número de cargas involucradas y F es la constante de Faraday. Si en la superficie del metal se forma un producto insoluble involucrando los iones metálicos liberados durante la oxidación el potencial estará determinado por el producto de solubilidad del precipitado. Por otro lado, existe una energía de activación asociada a la transferencia de carga y a la remoción de los iones metálicos desde la superficie del electrodo que pasan a la solución. Cuanto mayor sean dichas energías de activación, mayor será la polarización de las áreas anódicas. Este último tiene un efecto directo en el potencial de electrodo (Calderón, *et al.*, 2006).

Polarización, potenciodinámica y pendientes de Tafel. PP

Existen otras técnicas de estado estacionario, en las que el valor de la señal de corriente continua se va variando de forma escalonada, estudiándose la respuesta eléctrica del sistema en distintos estados de excitación. Estos ensayos reciben el nombre de ensayos cinéticos o dinámicos. Así, dependiendo de que la señal de perturbación sea de potencial o de corriente se habla, respectivamente, de ensayos potenciodinámica o galvanométricos. Cuando la señal impuesta es una diferencia de potencial, la tasa de variación de la señal con el tiempo se denomina velocidad de polarización. La velocidad de polarización debe ser lo suficientemente baja como para que el sistema alcance el estado estacionarios después de cada impulso. Así para sistemas con constantes de tiempo muy elevada será conveniente efectuar el barrido en potencial casi estáticamente. Por el contrario, si el valor de τ es pequeño se podrán efectuar ensayos a velocidades de polarización más altas.

Dentro de los ensayos potenciodinámicos, los más empleados son aquellos que se orientan a la determinación de la velocidad de procesos de corrosión uniforme (Vázquez, *et al.*, 2001).

Ley de Tafel

La técnica consiste en la polarización en un campo amplio de potenciales, obteniendo las curvas de polarización del sistema (fig1).

Julius Tafel descubrió, en 1905, que la variación de potencial es una función logarítmica de la densidad de corriente, respondiendo a la siguiente expresión:

$$\eta = a - b \log i$$

Donde η es la polarización aplicada, i es la intensidad de corriente y a y b son dos constantes. Representando las curvas de polarización en coordenadas logarítmicas y extrapolando su parte recta hasta E_{corr} podemos determinar la i_{corr} por este método.

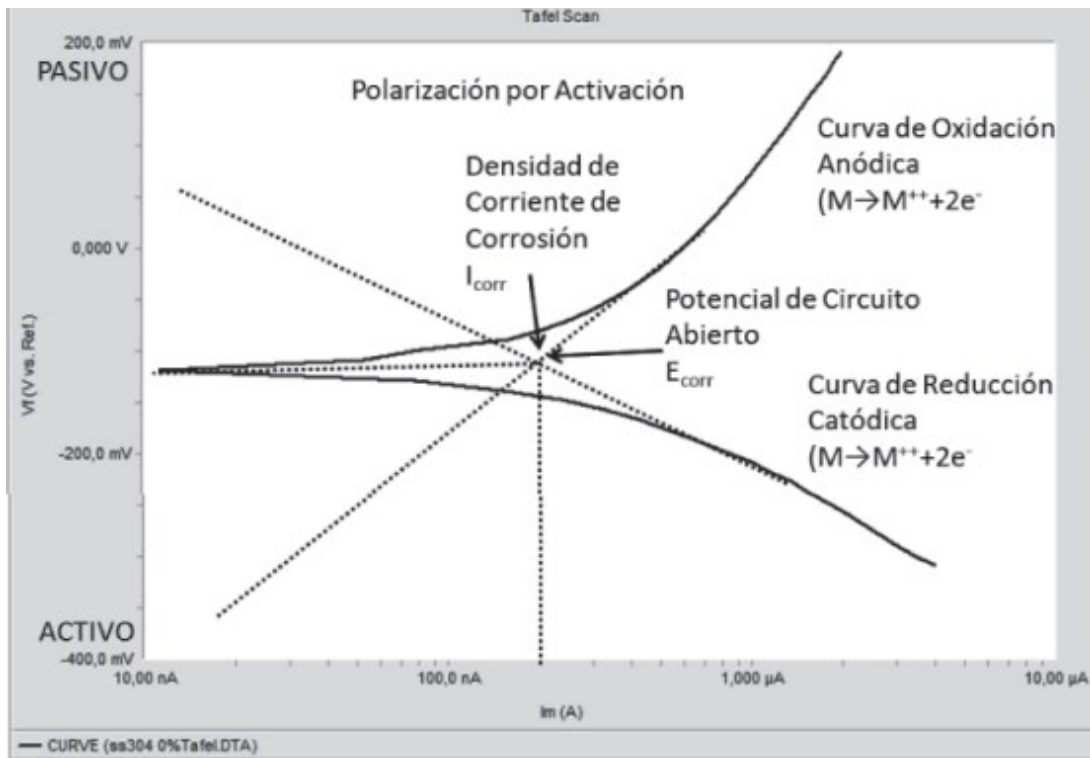


Fig 1. Representación de la ley de Tafel (Vera, 2010).

Espectroscopia de impedancia electroquímica

Se trata de una técnica cuantitativa de corriente alterna que comenzó a aplicarse en los años 70, permitiendo cubrir un rango de frecuencias muy amplio. Se basa en la aplicación de una perturbación sinusoidal de pequeña amplitud sobre el potencial electrodo de trabajo. Es una técnica no destructiva cuando se trabaja en condiciones de equilibrio, muy sensible a pequeños cambios en el sistema, permitiendo la caracterización de sus propiedades. Una frecuencia aplicada se recoge de corriente de onda sinusoidal, diferente al aplicado. Al conocerse el potencial aplicado y la respuesta de corriente del sistema, se puede determinar la impedancia que presenta.

Si aplicación una onda de tipo sinusoidal como se representa la fig. 5 en un sistema electroquímico, el potencial responde a la siguiente expresión:

$$V = E_0 \sin(\omega \times t)$$

Donde E_0 es la amplitud máxima, ω es la velocidad angular y t es el tiempo.

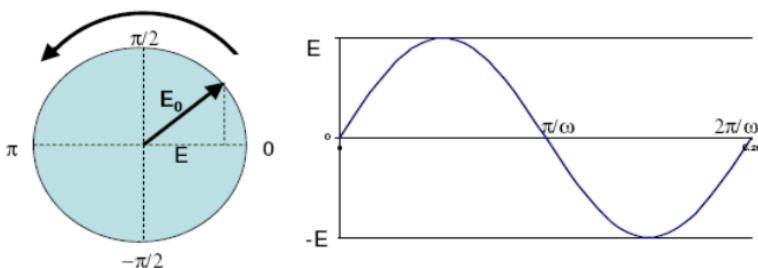


Fig. 2. Onda sinusoidal.

Del mismo modo, la intensidad de corriente, representada en la *figura 6* que atraviesa el sistema se relaciona con el potencial a través de la siguiente expresión:

$$i: I \text{ sen } (\omega t + \Phi)$$

Donde Φ es el desfase.

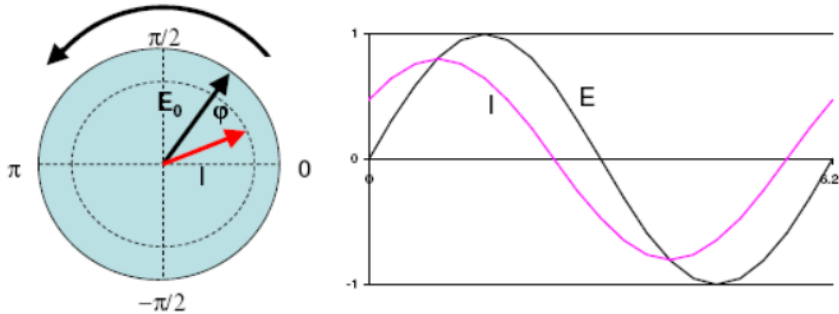


Figura 3. Representación onda potencial e intensidad.

Al cumplirse la Ley de Ohm, tenemos:

$$I = E_0 / R \text{ sen } (\omega t)$$

La respuesta a un potencial, en un circuito simple con resistencia pura R, puede ser descrita por la ley de Ohm. En impedancia, corresponde a una situación donde el ángulo de fase es igual a cero ($\Phi=0$). Desarrollando la expresión obtenemos que:

$$I = E_0 / R$$

Al variar la frecuencia de una señal sinusoidal, la corriente circula por la interface análogamente a un circuito eléctrico, el flujo de corriente pasa a través de los diferentes componentes obteniéndose una respuesta de impedancia (Z), que se define como la oposición al paso de la señal eléctrica. Siguiendo con la analogía con un circuito de corriente continua, donde la resistencia (R) es igual al cociente entre el potencial y la intensidad, obtenemos la siguiente expresión para corriente alterna:

$$Z = E / I$$

Donde el potencial ϵ y la intensidad (I) estarán en función de la frecuencia. La impedancia (Z) depende de la frecuencia que sea aplicada. Un listado de este parámetro a diferentes frecuencias, constituye el espectro de impedancia.

Una vez aplicada la técnica, la representación gráfica de los resultados obtenidos nos aporta información sobre el comportamiento del sistema. La impedancia (Z) se puede representar en función de su componente real e imaginaria. Como podemos ver en la figura 7:

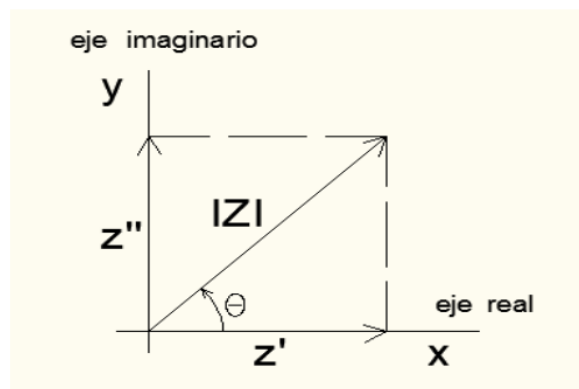


Figura 4. Descomposición vectorial de la impedancia.

Podemos descomponer los componentes del vector y el ángulo según las siguientes expresiones:

$$\Theta = \tan^{-1} (Z' / Z'')$$

$$|Z| = [(Z')^2 + (Z'')^2]^{1/2}$$

En la *figura 8* diagrama Nyquist, tenemos la representación de la componente real (Z') e imaginaria ($-Z''$), multiplicada por -1, de la impedancia (Z):

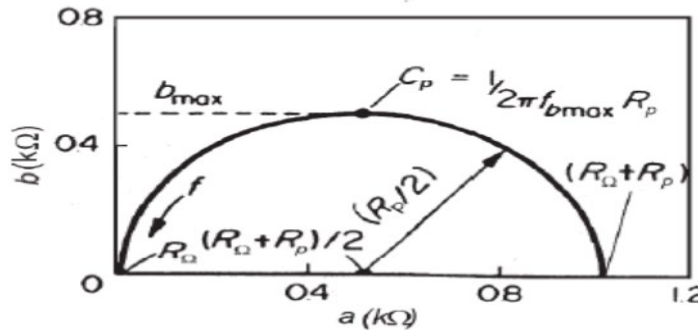


Fig 5. Diagrama Nyquist.

La curva aporta información sobre la parte cinética de la reacción, obteniéndose los valores de resistencia de la disolución y del electrodo durante el proceso de transferencia de carga. Siento R_0 la cinética óhmica de la disolución y R_p es la resistencia de los electrodos, es el sistema más utilizado (Monzon, 2012).

Técnicas para análisis superficial

Microscopia electrónica de barrido

El microscopio electrónico de barrido (SEM) es un instrumento que dirige un haz de electrones a un punto exactamente focalizado de la superficie de una muestra diana y recoge la señal electrónica emitida por la muestra. Básicamente, un cañón de electrones produce un haz de electrones en una columna al vacío que es dirigido y focalizado sobre un pequeño punto de la muestra la bobinas de barrido permiten al haz barrer una pequeña área de la superficie de las muestra. Los electrones con un ángulo pequeño de dispersión interactúan con la superficie y generan una dispersión de electrones secundarios que producen una señal electrónica a su vez produce una imagen con una profundidad de campo de aproximadamente unas 300 veces superior al microscopio óptico (sobre 10µm a 10.000 diámetros de aumento) (Smith y Hashemi, 2004)

Espectrometría de dispersión de energía de rayos X (EDS)

Espectrometría de energía dispersiva o espectrometría de dispersión de energía de rayos X (energy disperded X-ray spectrometry, EDX o EDS) técnica de análisis espectral basada en la dispersión de energía de rayos X emitidos por un elemento excitado por electrones acelerados. Se usa generalmente en combinación con el microscopios electrónicos de barrido, que en este caso cumple la función de →fuente de electrones acelerados, mientras que el EDS desempeña la función de →detector de la composición de los puntos o zonas de la superficie de la muestra analizada (Giannini y Roani, 2008).

4. Objetivo general

Evaluar electroquímicamente la influencia de la formación de biopelículas en las aleaciones de aluminio y la alteración que tiene esta en la capa de pasivación.

Evaluar electroquímicamente la influencia de E. Coli expuesta en diferentes medios en el proceso de corrosión de la aleación de aluminio 6061.

5. Objetivos específicos

5.1) Analizar electroquímicamente el proceso de corrosión de aluminio 6061 sin la cepa de E. Coli, en un medio marino natural y en un medio marino artificial.

5.2) Analizar electroquímicamente el proceso de corrosión de aluminio 6061 sin la cepa de E. Coli, en un medio marino natural y en un medio marino natural.

5.3) Analizar la influencia de E. Coli expuesta en diferentes medios en el proceso de corrosión de la aleación de aluminio 6061, mediante análisis superficiales microscopia electrónica de barrido.

Bosquejar

6. Metas

Poder terminar la velocidad de corrosion que se genera para asi poder identificar qué factores la aceleran y como es que puede disminuirse.

Poder ver de manera superficial la formación de esta biopelícula para asi ver cómo es que esta altera la capa pasivante del aluminio.

Conocer cómo es que E. coli genera corrosion en la aleación de aluminio, ya sea por la formación de la biopelícula, por su metabolismo o por los desechos que esta genera.

Conocer cómo es que se forma la biopelícula en las aleaciones de aluminio, desde su composición y como altera el proceso electroquímico de la aleación.

7. Metodología

Preparación del medio de cultivo de Escherchia coli.

Se preparar un medio de Luria Bertani (LB) en 2 cajas Petri, se usara 0.6g del medio de cultivo y 30mL de agua destilada junto con 0.45g de medio agar nutritivo.

Preparación de la celda electroquímica

La celda electroquímica que se utilizara constara de 3 electrodos: electrodo de trabajo que es las aleaciones de aluminio 6061, el electrodo auxiliar que consisten en una malla de platino y el electrodo de referencia de calonel saturado. El monitoreo se realizara con un potenciostato/galvanostato, marca Biologic modelo VSP300 mediante el software EC Lab V11.01.

Se realizara el montaje de la celda electroquímica, donde se inoculara la cepa de Escherchia coli MC4100.

2.8.4 Polarización potenciodinámica (método de Tafel)

Para calcular la velocidad de corrosion se llevara a cabo por el método de extrapolación de Tafel, de la siguiente manera:

Monitoreo electroquímico por potencial a circuito abierto (OCP)

En el análisis de potencial de circuito abierto se realizara un monitoreo en el medio electrolito de agua de mar artificial con la cepa y sin la cepa, para asi lograr ver el comportamiento de la bacteria con respecto a la corrosion. Esto se realizara durante 10 minutos utilizando el potenciostato/galvanostato, marca Biologic modelo VSP300.

2.8.6 Análisis superficial de los electrodos por microscopia electrónica de barrido

En vasos de precipitado previamente esterilizados en la autoclave se realizara la adición de agua de mar artificial, variando la salinidad (cloruros) 33% y 35 %, ya que las aguas de mar según su profundidad van aumentando la salinidad. Previamente se pesaran las aleaciones de aluminio 6061, para además determinar su pérdida de peso durante estos 30 días que se dejaran, en los cuales en intervalos de 5 a 7 días se llevaran al microscopio electrónico de barrido, para asi obtener imágenes visuales sobre el ataque corrosivo de Escherchia coli en un medio marino.

8. Programa de actividades

Describe las actividades a realizar y señale los meses necesarios para el logro de las metas establecidas.

Nota: Agregar renglones a la tabla según requerimientos.

ACTIVIDAD	DISTRIBUCIÓN MENSUAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Investigar que otros microorganismos podrían utilizarse												
Revisar que se encuentre todo el material que se va a requerir												
Preparación de los electrodos												
Preparación de los medios para la bacteria												
Preparación de la bacteria												
Esterilización del material												
Preparación del medio marino natural												

Pruebas electroquímica con el medio marino natural en presencia y ausencia de bacteria												
Pruebas de análisis superficial en el microscopio electrónico de barrido con el medio marino natural												
Se realizara ahora con un medio marino artificial, preparación nuevamente del material.												
Pruebas electroquímicas ahora con el medio marino artificial												
Pruebas de análisis superficial con el microscopio electrónico de barrido												
Revisar la liberación de productos generados por la bacteria en los medios marinos tanto artificial y natural												
Preparación de la bacteria a trabajar												
Preparación delos electrodos												
Preparación de medios fosfatos												
Realizar pruebas electroquímicas en presencia y ausencia de la bacteria en un medio de fosfatos												
Realizar pruebas de análisis superficial en microscopio electrónico de barrido, en presencia de la bacteria en el medio de fosfatos												
Repetir los experimentos anteriores para ver si reproducibilidad												
Determinar los componentes principales que componen la biopelícula.												
Determinar qué factores son los que favorecen al aumento de la corrosion y concluir.												

9. Impacto del proyecto (académico, tecnológico, social, económico, ambiental y geográfico)

Describe los impactos que los resultados de investigación tendrán en diversos ámbitos.

Académico. Se generará información novedosa sobre la influencia de esta bacteria como modelo conocido en el proceso de corrosión de esta aleación en medio marino. Se obtendrán datos mecanísticos sobre la incidencia en el proceso de pasivación y /o de corrosión y sobre todo se verificará si la formación de biopelícula incide en estos procesos. Esto permitirá lograr tesis de licenciatura, servicios sociales y trabajos en congresos y publicación de un artículo científico con los participantes

Tecnológico. Con la implementación de los resultados obtenidos se generan elementos para el desarrollo de biocidas en el ámbito de la prevención de corrosión para aleaciones de aluminio en medios con alta concentración de cloruros como el medio marino.

Social. Los beneficios de este tipo de proyecto y de proyectos incide en que se genera conocimiento sobre cómo diagnosticar problemas de corrosión microbiológica y la creación de biocidas que impiden que haya este fenómeno y que eviten fugas y derrame de sustancias peligrosas en estructuras de aluminio como en ciertos componentes de aeronaves o en estructuras marinas.

Económico. - Ahorro en costos de reparación o reemplazo de piezas o estructuras de aluminio.

Ambiental.- Brindar seguridad y comodidad en las estructuras minimizando las reparaciones a largo plazo, y así obteniendo beneficios tanto económicos como al medio ambiente por el consiguiente derrame de sustancias peligrosas en suelo y agua.

10. Bibliografía

Araya R. Bobadilla V.C. Rosales M.B. y Vera R. (2008) Corrosión de aleaciones aeronáuticas de aluminio y sus componentes relacionada a la expresión proteica del hongo *Hormoconis resiniae*, Información tecnológica, vol. 19 n°2.

Calderón, J.A. Mattos O.R. y Barcia O.E., (2006) Análisis de la evolución del potencial de circuito abierto del cobalto en medio levemente alcalino, Revista Facultad de Ingeniería (38) p.20-30

Giannini, C. Roani, R., (2008) Diccionario de restauración y diagnóstico, San Sebastián, España, ED. Nerea

Mafia E.G., (2013) Aleaciones Estructura y propiedades de las aleaciones, Recuperado: https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M0624/download.php?secc=0&id=M0624&id_inc=2717.

Mariaca R.L., Genesca L.J., Uruchurtu C.J. y Salvador H.L., (1999) Corrosividad atmosférica, México, México, ED. Plaza Valdés.

Mórela S.P., (1990) Metales resistente a la corrosión, Barcelona, España, ED. Boixareu Marcombo

Keyser A.K., (1982) Ciencia de materiales para ingeniería, México, México, ED. LIMUSA

Ortega M.J.A. (1990) Corrosión industrial, Barcelona, España, ED. Marcombo20

Otero H.E., (1997) Corrosión y degradación de materiales, Madrid, España, ED. SINTESIS

Saravia G.S.G., (1991) Corrosion microbiológica de metales y aleaciones en medio marino (tesis doctoral) UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, Argentina

Smith W.F. y Hashemi J., (2004) Ciencia e ingeniería de los materiales, Madrid, España, ED. McGraw-Hill

Vázquez, V.A.J. Damborenea, J.J. y Damborenea, G.J.J., (2001) Ciencia e ingeniería de la superficie de los materiales metálicos, Madrid, España, ED. CSIC

Vera L.E., (2010) Uso de métodos electrónicos como herramientas para evaluar parámetros de interface en sistemas heterogéneos metal/medio acuoso, REV. ACAD. COLOMB. CIENC., Volumen 34 (131), p. 241-251

11. Anexos

Agregue información que complemente la investigación y apoye la evaluación de la propuesta. Si aplica.