

Obtención de un Inhibidor de Corrosión Alternativo a partir del Zumo de Albaricoque

Obtaining an Alternative Corrosion Inhibitor from Apricot Juice

Williams Ramos, MSc.¹, Álvaro Caballero¹, Jesús Caceres¹, Jhordino Camones¹

¹Universidad Nacional de Ingeniería, Perú

wramos@fip.uni.edu.pe, acaballeroh@fip.uni.edu.pe, jcaceresl@fip.uni.edu.pe, jcamonesp@fip.uni.edu.pe

Resumen– El presente trabajo de investigación estudia el efecto de un inhibidor de corrosión alternativo, el zumo de albaricoque en acero al carbono, dado que el acero al carbono es uno de los metales más utilizados en la industria de hidrocarburos. Para el experimento se trabajó con láminas de acero al carbono expuestas a un medio corrosivo (Una solución de H_3PO_4 con concentración de 146.991 kg/m^3), dichas laminas se trabajaron sin presencia de inhibidor y con presencia de inhibidor (con concentración de 95.09 kg/m^3) respectivamente. Se determinó la pérdida de masa para cada caso y se obtuvo las velocidades de corrosión y el porcentaje de eficiencia del inhibidor (IE %), los resultados muestran una velocidad de corrosión de $2.701 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ (430.6 MPY) para el proceso sin inhibidor y una velocidad de corrosión de $7.940 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ (126.5 MPY) con un IE % del 70.6 para el proceso con inhibidor. Asimismo, se generó un modelo matemático en el cual se introdujo la velocidad de corrosión como variable dependiente y la temperatura, concentración del medio y concentración del inhibidor como variables independientes, de lo cual se puede observar una clara influencia entre la temperatura y la concentración del inhibidor en la velocidad de corrosión electroquímica, mientras que la concentración del medio no tiene una influencia significativa a concentraciones de 97.994 a 146.991 kg/m^3 .

Palabras claves– Corrosión, acero al carbono, inhibidor, albaricoque, velocidad de corrosión.

Abstract– This research paper studies the effect of an alternative corrosion inhibitor, apricot juice in carbon steel, since carbon steel is one of the most used metals in the hydrocarbon industry. For the experiment we are used with carbon steel sheets exposed to a corrosive medium (A solution of H_3PO_4 with a concentration of 146.991 kg/m^3), the sheets were worked without the presence of an inhibitor and with the presence of an inhibitor (with a concentration of 95.09 kg/m^3) respectively. The mass loss was determined for each case and the corrosion rates and the percentage of inhibitor efficiency (IE %) were obtained, the results obtained a corrosion rate of $2.701 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ (430.6 MPY) for the process without inhibitor and a corrosion rate of $7.940 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ (126.5 MPY) with an IE % of 70.6 for the process with inhibitor. Likewise, a mathematical model was generated in which the corrosion rate was introduced as a dependent variable and the temperature, concentration of the medium and of the inhibitor as independent variables, from which a clear influence between the

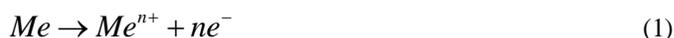
temperature and the concentration of the electrochemical corrosion rate inhibitor, while the concentration of the medium does not have a significant influence on the concentrations of 97.994 to 146.991 kg/m^3 .

Keywords– Corrosion, carbon steel, inhibitor, apricot, corrosion rate.

I. INTRODUCCIÓN

El deterioro de los materiales es una consecuencia del ataque químico, físico y biológico que sufre este cuando está en contacto con su entorno. La intensidad del deterioro depende de las características del sustrato, de los agentes agresivos, de factores externos como la temperatura, velocidad de flujo y efectos mecánicos [1].

Uno de los fenómenos de deterioro de materiales más importante es la corrosión, la cual puede definirse como la reacción química o electroquímica de un metal o aleación con el medio que lo contiene, deteriorando sus propiedades en este proceso [1], [2]. La reacción básica de corrosión se observa en (1), en donde se presenta el tránsito de un metal de su forma elemental a su forma iónica.



Donde “Me” es el metal en su forma elemental, “ne⁻” es la cantidad de electrones liberados de la forma elemental y “Meⁿ⁺” es la forma iónica del metal, esta última generalmente va combinada con un no metal, es decir, debido a la corrosión el metal retorna a su forma combinada como óxidos, sulfuros, hidróxidos, entre otros. El proceso de corrosión es natural y espontáneo, esto debido a que el material busca su forma termodinámicamente más estable [2].

Se considera que la corrosión es un problema importante, tanto tecnológico como económico, por lo que se debe analizar desde ambas perspectivas. Las pérdidas económicas derivadas de la corrosión pueden clasificarse en directas e indirectas. Los costes directos de la corrosión son aquellas relacionadas a la reposición de equipos, maquinarias o algún componente, mientras que los costes indirectos están relacionados a las pérdidas por interrupciones de producción, pérdidas del producto, pérdidas de rendimiento, pérdidas de sobredimensionamiento, y pérdidas por accidentes derivados

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.93>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

de la corrosión, entre otros [2]. Se estima que en el Perú se gastan alrededor de 6 962 MM\$/año como costos directos de corrosión, estando en el puesto 5 a nivel de Sudamérica [3][4][5].

La corrosión es muy común en la industria de los hidrocarburos, en el procesamiento del petróleo se puede presentar en estructuras como las tuberías de revestimiento, tubería de perforación, entre otros. Asimismo, en el procesamiento del gas natural se puede ver este fenómeno en instalaciones metálicas, obstrucción de tuberías, acumulación de incrustaciones, entre otros [6].

El metal más usado en la industria en general y en el sector de hidrocarburos es el acero al carbono, el cual es una aleación (una mezcla en estado sólido) donde los principales componentes son hierro y carbono. El contenido de carbono puede variar entre alrededor de 0.05 % y 2 % en masa. Además de carbono, el acero al carbono contiene menos de 1.65 % de manganeso, el 0.60 % de silicio y el 0.60 % de cobre. Muchas veces otros elementos de aleación específicos, tales como el cromo o el níquel se suman a la mezcla para obtener alguna propiedad determinada [7], [8].

La corrosión del acero en medios ácidos es mucho más rápida que en medios neutros o alcalinos, esto hace que el acero no puede estar en contacto directo con medios ácidos. Es por ello que el metal necesita un inhibidor para que la corrosión sea más lenta en dicho medio, así mismo se necesita disminuir los costos y utilizar materiales amigables con el medio ambiente [9].

Aquella velocidad con la cual un metal determinado se corroe en un entorno específico, es denominada velocidad de corrosión [10]. Para su cálculo se deben registrar los datos de diferencias de masas, área del metal y tiempo de exposición del metal en el medio corrosivo. En (2) se muestra la ecuación para calcular la velocidad de corrosión

$$V = \frac{\Delta m}{A \times t} \quad (2)$$

Donde V es la velocidad de corrosión en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Δm es la pérdida de masa en kg, A es el área de la lámina inicial en m^2 y t es el tiempo de exposición en el medio corrosivo en segundos.

Además, se puede calcular la velocidad de corrosión en unidades de milímetro por año (MMY), es decir, cuanto longitud en mm se va deteriorando el material por el fenómeno de corrosión. Se debe recopilar adicionalmente el dato de la densidad del metal [11], En (3) se observa la ecuación para calcular la velocidad de corrosión en unidades de MMY.

$$V^{MMY} = 87.6 \left(\frac{\Delta m}{\rho \times A \times t} \right) \quad (3)$$

Donde V^{MMY} es la velocidad de corrosión en unidades de MMY, Δm es la pérdida de masa en mg, ρ es la densidad del metal en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, A es el área de la lámina en cm^2 , t es el tiempo de exposición del metal en horas.

Las velocidades de corrosión en los Estados Unidos (especialmente en la industria de los hidrocarburos). normalmente se calculan usando milésimas de pulgadas por año (Mils Per Year (MPY)). Es decir, se basa en la cantidad de milésimas de pulgada penetradas cada año por efecto de la corrosión. Para calcular la velocidad de corrosión en unidades de MPY se necesita el dato de la densidad del material [12], en (3) se muestra la ecuación para calcular la velocidad de corrosión en unidades de MPY.

$$V^{MPY} = 22.300 \left(\frac{\Delta m}{\rho \times A \times t} \right) \quad (3)$$

Donde V^{MPY} es la velocidad de corrosión en unidades de MPY, Δm es la pérdida de masa en mg, ρ es la densidad del metal en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, A es el área de la lámina en pulgada cuadrada, t es el tiempo de exposición del metal al medio corrosivo en días.

Los inhibidores son compuestos químicos adicionados en pequeñas concentraciones al ambiente en el cual se encuentran los metales, su función es proteger al metal del fenómeno de la corrosión, es decir, disminuir la velocidad de corrosión. Se busca que el inhibidor sea efectivo a bajas concentraciones, que no modifique las propiedades del medio, que no sea tóxico, sea de fácil de usar y que sea económico [13].

El porcentaje de eficiencia de inhibición (IE %) es la relación porcentual entre la diferencia de velocidades de corrosión con y sin inhibidor [10], [13], [14], en (4) se muestra la ecuación para calcular el porcentaje de eficiencia del inhibición.

$$IE\% = \frac{V_{\text{sin inhibidor}} - V_{\text{con inhibidor}}}{V_{\text{sin inhibidor}}} \quad (4)$$

Donde IE % es el porcentaje de eficiencia de inhibición, $V_{\text{sin inhibidor}}$ es la velocidad de corrosión del metal sin la presencia del inhibidor y $V_{\text{con inhibidor}}$ es la velocidad de corrosión del metal en presencia del inhibidor.

Por otro lado, el Prunus armeniaca es una fruta comúnmente llamada albaricoque el cual es el fruto del albaricoquero (árbol de la familia de las Rosáceas). Dicho fruto tiene la carne jugosa, firme y un delicioso sabor dulce [15].

Esta fruta tiene las propiedades de brindar al estómago una mejor digestión de alimentos, debido a su reacción alcalinizante que neutraliza los ácidos [16], debido a su gran cantidad de betacaroteno (precursor de la vitamina A) que le confiere un gran poder antioxidante, y unido al hierro, potasio y fibra lo convierten en una fruta altamente nutritiva y saludable [15].

En la actualidad, algunos autores han realizado investigaciones en las cuales se obtienen inhibidores utilizando plantas y frutos como inhibidores alternativos a los comerciales, obteniendo buenas eficiencias, siendo uno de estos frutos el albaricoque. [17], [18].

En el 2013 en Irak, Yaro y colaboradores, investigaron la formulación de un inhibidor de corrosión para acero al

carbono a partir de zumo de albaricoque la cual fue utilizada en una solución de H_3PO_4 1 M a diferentes temperaturas, el efecto de la corrosión fue calculada por el método de pérdida de masa. Se demostró que la velocidad de corrosión es afectada por la temperatura y la concentración del inhibidor [10].

El presente trabajo de investigación busca estudiar la obtención de un inhibidor de corrosión para acero al carbono usando zumo de albaricoque peruano, por lo que se utilizó el zumo de albaricoque como inhibidor en una solución de 1.5 M de H_3PO_4 (medio ácido) en la cual una lámina de acero al carbono era expuesta. Asimismo, se busca cuantificar la velocidad de corrosión (en los casos sin inhibidor y con inhibidor) y obtener la eficiencia del inhibidor formulado.

II. MÉTODOS Y MATERIALES

A. Zumo de albaricoque como inhibidor

Se adquirió 1 kg de albaricoque fresco de un supermercado local, se procedió a retirar la cáscara y extraer el jugo en un vaso de precipitado. Todo el jugo extraído fue uniformizado con ayuda de una bagueta. Posteriormente con ayuda de un picnómetro y una balanza analítica, se tomó una muestra y se procedió a medir la densidad del zumo de albaricoque obtenido. En la fig. 1 se observa el zumo de albaricoque en el picnómetro.



Fig. 1 Zumo de albaricoque en picnómetro.

B. Procedimiento de exposición de láminas de acero al carbono en medio corrosivo

Se obtuvieron dos láminas de acero al carbono (Estándar ASTM A576) por parte de una empresa local de comercialización de metales. Dichas laminas fueron lijadas y limpiadas previamente para determinar su masa con ayuda de una balanza analítica de la marca Digital Precision. Las láminas de acero antes mencionadas fueron expuestas a un medio corrosivo, por lo que fueron colocadas cada una en un frasco de vidrio de 200 cm^3 de manera vertical, se introdujo en cada vaso 100 cm^3 de H_3PO_4 1.5 M como medio ácido.

Asimismo, a uno de los frascos que contiene las láminas se le añadió 10 cm^3 de zumo de albaricoque (como inhibidor), mientras que al otro frasco con la otra lamina, no se le añadió el zumo (sin presencia de inhibidor), el contenido de los dos frascos fue agitado con un bagueta. Se calculó el área de la placa expuesta al medio corrosivo y mantuvo la lámina

metálica en el medio por cinco días. Finalmente, luego del proceso de exposición, las láminas fueron retiradas de los recipientes, secados de manera cuidadosa y pesados.

Cada experimento fue realizado tres veces para buscar repetibilidad del procedimiento.

C. Cálculo de la velocidad de corrosión y de la eficiencia del inhibidor

Con los datos de las masas antes y después del procedimiento experimental, densidad del metal, área de exposición al medio corrosivo y tiempo de exposición, se calculó la velocidad de corrosión para cada lamina en unidades internacionales y de MPY, asimismo se obtuvo el IE %.

D. Generación de modelo matemático para el proceso de corrosión

De los resultados obtenidos de la presente investigación y de la referencia [10], se generó un modelo matemático para el proceso de corrosión, dicho modelo se realizó en el software Minitab 7 (Versión de Prueba).

III. RESULTADOS

A. Zumo del albaricoque como inhibidor

Se midió la densidad del zumo de albaricoque y se calculó la masa de zumo añadido y la concentración del inhibidor en la solución. En la Tabla I se muestran las características del zumo de albaricoque como inhibidor.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DEL ZUMO DE ALBARICOQUE COMO INHIBIDOR

Características	Valor
Densidad del zumo de albaricoque(kg/m^3)	1046
Masa de zumo añadido como inhibidor (kg)	0.01046
Concentración del zumo de albaricoque como Inhibidor (kg/m^3 de solución)	95.09

B. Resultados del procedimiento de exposición de las láminas de acero al carbono en el medio corrosivo

Ya que son láminas de acero al carbono tipo ASTM A576, su densidad es 0.0078 kg/m^3 [19]. Asimismo, se registró la masa de las láminas antes (masa inicial) y después (masa final) de ser expuestas en el medio corrosivo, así como el área superficial antes de la exposición a dicho medio (área superficial inicial). En la Tabla II se muestran los registros de masas y áreas superficiales.

TABLA II
REGISTRO DE MASAS Y ÁREAS SUPERFICIALES DE LÁMINAS DE ACERO AL CARBONO

Lámina de acero al carbono	Masa inicial (kg)	Masa final (kg)	Diferencia de masas (kg)	Área superficial inicial (m^2)
Procedimiento sin inhibidor	0.1032993	0.1011983	0.002101	0.0018
Procedimiento con inhibidor	0.1003428	0.0996398	0.000703	0.00205

C. Cálculo de la velocidad de corrosión y de la eficiencia del inhibidor

Se calculo la velocidad de corrosión para el procedimiento sin inhibidor y el procedimiento con inhibidor, usando (1) se obtuvo la velocidad de corrosión en unidades de (kg/m².s), usando (2) se obtuvo la velocidad de corrosión en unidades de MMY y usando (3) se obtuvo la velocidad de corrosión en unidades de MPY. En la Tabla III se muestran los resultados del cálculo de la velocidad de corrosión.

TABLA III
RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LAS VELOCIDADES DE CORROSIÓN

Procedimiento	Velocidad de Corrosión (kg/m ² .s)	Velocidad de Corrosión (MMY)	Velocidad de Corrosión (MPY)
Proceso sin inhibidor	2.701×10 ⁻⁶	10.9	430.6
Proceso con inhibidor	7.940×10 ⁻⁷	3.2	126.5

Asimismo, con (3) se calculó el IE %, en la Tabla IV se muestra el porcentaje de eficiencia del inhibidor de zumo de albaricoque.

TABLA IV
RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL IE %

Inhibidor	Porcentaje de eficiencia de inhibición (IE %)
Zumo de Albaricoque	70.6

D. Resultados de la generación del modelo matemático para el proceso de corrosión

Para la generación del modelo matemático del proceso de corrosión, se introdujo los resultados experimentales obtenidos y los resultados de la referencia [10]. Se generó una ecuación matemática que tiene como variable dependiente a la velocidad de corrosión (kg/m².s) y como variable independiente a la temperatura (K), la concentración del medio corrosivo (kg/m³ de solución) y la concentración del inhibidor (kg/m³ de solución), para evaluar la influencia que tienen estas variables en la velocidad de corrosión. En (5) se observa la ecuación matemática del modelo.

$$V = -2.29 \times 10^{-4} - 1.561 \times 10^{-6} (T) + 2.601 \times 10^{-8} (CM) - 1.83 \times 10^{-8} (CI) + 2.642 \times 10^{-9} (T^2) + 1.2 \times 10^{-11} (CM)(CI) \quad (5)$$

Donde “T” es la temperatura en K, “CM” es la concentración del medio corrosivo en kg/m³ en la solución, “CI” es la concentración del inhibidor en kg/m³ en la solución y “V” es la velocidad de corrosión en kg/m².s. Asimismo, se obtuvo la influencia de cada variable introducida en el modelo matemático, en la Fig. 2 se observa la influencia de cada variable independiente en la variable dependiente (velocidad de corrosión).

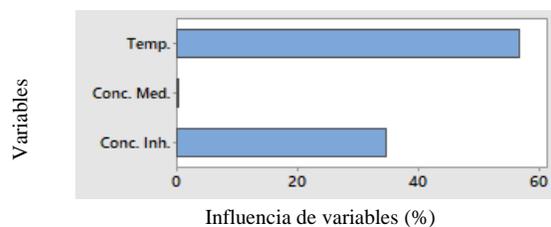


Fig. 2 Influencia de variables en modelo matemático

De igual forma, en la Fig. 3. se observa el efecto de cada variable independiente (temperatura, concentración del medio, concentración del inhibidor) con la variable dependiente (velocidad de corrosión) obtenido del modelo.

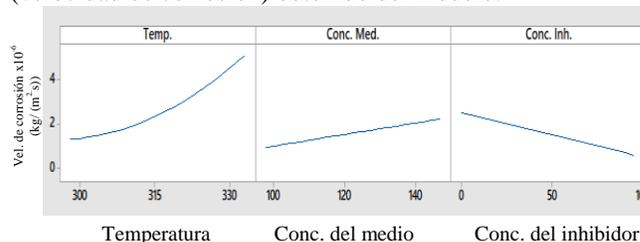


Fig. 3 Efecto de variables independientes en variable dependiente

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. Discusión de los resultados experimentales frente a los resultados de la referencia

En la Tabla V se muestran los resultados experimentales obtenidos y los resultados de la referencia del proceso de corrosión sin adición de inhibidor [10].

TABLA V
RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE CORROSIÓN SIN INHIBIDOR

Fuente	Temperatura (K)	Concentración de medio corrosivo (kg/ m ³ de solución)	Velocidad de corrosión (kg/m ² .s)
Obtención propia	298.15	146.991	2.701×10 ⁻⁶
[10]	303.15	97.994	2.960×10 ⁻⁶
	313.15	97.994	5.200×10 ⁻⁶
	323.15	97.994	9.063×10 ⁻⁶
	333.15	97.994	1.533×10 ⁻⁵

En la Tabla VI se muestran los resultados experimentales obtenidos y los resultados de la referencia del proceso de corrosión adicionando zumo de albaricoque como inhibidor de corrosión [10].

TABLA VI
RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE CORROSIÓN CON INHIBIDOR

Fuente	Temp. (K)	Conc. del medio corrosivo (kg/ m ³ de solución)	Conc. del inhib. (kg/ m ³ de solución)	Velocidad de corrosión (kg/m ² .s)	IE %
Obtención propia	298.15	146.991	95.09	7.940×10^{-7}	70.6
[10]	303.15	97.994	10	1.111×10^{-6}	63
	313.15	97.994	20	9.632×10^{-7}	68
	323.15	97.994	30	8.881×10^{-7}	70
	333.15	97.994	40	7.419×10^{-7}	75

De la Tabla V se puede apreciar que en el caso del fenómeno de la corrosión sin inhibidor, aparentemente la temperatura afecta significativamente a la velocidad de corrosión y es poco afectada por la concentración del medio —a mayor temperatura, mayor velocidad de corrosión— esto se puede explicar ya que a temperaturas mayores se acelera la difusión del oxígeno del medio hacia el metal (intentado formar agua con los iones hidrógenos del metal, es decir, se corroe el metal), inclusive a través de capas de pasivación volviéndose más frágil. Según las referencias se ha demostrado que un aumento en la temperatura de 2 °C, incrementa al doble aproximadamente la velocidad de corrosión como se menciona en las referencias [10], [17], [20].

De la Tabla VI, en el caso del fenómeno de corrosión aplicando un inhibidor, aparentemente la velocidad de corrosión se ve afectada principalmente por la concentración del inhibidor —a mayor concentración de inhibidor, menor velocidad de corrosión— esto se explica ya que los inhibidores catódicos controlan el pH del medio corrosivo, e impiden que las reacciones de reducción ocurran, es decir, evitan la reducción de iones hidronio en hidrogeno molecular en medios ácidos, sin hacer que el metal pierda electrones (no se corra) [20], pero al mismo tiempo se ve afectado, aunque en menor medida por la concentración del medio corrosivo.

Según los datos experimentales a pesar de tener una gran concentración del inhibidor, aparentemente un medio corrosivo de mayor concentración afecta a la velocidad de corrosión y a la eficiencia del inhibidor porque un medio más corrosivo, aumenta la velocidad de corrosión y disminuye el IE % del inhibidor [10], [17]. Esto se puede explicar ya que un medio más corrosivo (más ácido) cuenta con mayor concentración de iones de hidrógeno libres en dicha solución, los cuales son capaces de recibir mayor cantidad electrones para poder estabilizarse, es decir, favorece a que la reacción de corrosión se lleve a cabo [20].

B. Discusión de los resultados del modelo matemático

De la ecuación del modelo matemático mostrado en (5) se observa una ecuación en la cual la velocidad de corrosión tiene como variables a la temperatura, la concentración del medio corrosivo y la concentración del inhibidor.

En el caso de la temperatura se observa una gran influencia como se muestra en la Fig. 2 la cual tiene un comportamiento cuadrático ascendente —a mayor

temperatura, mayor velocidad de corrosión— dicho efecto se puede apreciar claramente en la Fig. 3.

Asimismo, no se observa una influencia significativa de la concentración del medio ácido (a concentraciones del medio alrededor de 97.994 a 146.991 kg/m³) como se comprueba en la Fig. 2 el cual tiene un comportamiento lineal con pendiente positiva —A mayor concentración del medio ácido, mayor velocidad de corrosión— esto se puede apreciar en la Fig. 3.

De igual forma se muestra el efecto que tiene la velocidad de reacción con la variación en la concentración del inhibidor, el cual tiene un comportamiento lineal con pendiente negativa —A mayor concentración de inhibidor, menor velocidad de corrosión— Todo lo mencionado anteriormente se comprueba con los resultados experimentales de las Tablas V y VI y con lo mencionado en las referencias [10], [17] y [20] acerca de la influencia de dichas variables en la reacción de corrosión.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que el zumo de albaricoque a una concentración de 95.09 kg/m³ en un medio corrosivo de H₃PO₄ de concentración 146.991 kg/m³ tiene un IE % de 70.6.

Asimismo, se concluye que la temperatura tiene un efecto cuadrático creciente y la concentración del inhibidor tiene un efecto lineal con pendiente negativa con la velocidad de reacción, ambas variables son significativas en el modelo matemático del proceso de corrosión con inhibidor de zumo de albaricoque.

Mientras que la concentración del medio no tiene influencia significativa con la velocidad de corrosión, a pesar de tener un efecto lineal con pendiente positiva en el modelo, este resultado se da a concentraciones del medio alrededor de 97.994 a 146.991 kg/m³.

AGRADECIMIENTOS

Los Investigadores agradecen al NACE UNI Student Section por el apoyo en el desarrollo del trabajo de investigación, al Laboratorio de Normalización de Petróleo y Derivados (LNPD) de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica (FIP) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por el apoyo en el uso de los equipos e instrumentos, asimismo agradecen al National Association of Corrosion Engineers (NACE) Sección Perú, por su apoyo y sugerencias en el presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] W. F. Martín, "Deterioro de los materiales," *Fundam. la Corros. y Prot. Mater.*, 2014.
- [2] E. Otero, *Corrosión y Degradación de materiales*. 1997.
- [3] M. V. Biezma, "Análisis económico de la corrosión," *Ing. Quim.*, no. November, 2004.
- [4] M. V. Biezma and J. R. San Cristóbal, "Letter to the editor: Is the cost of corrosion really quantifiable?," *Corrosion*, vol. 62, no. 12, pp. 1051–1055, 2006.
- [5] International Monetary Fund, "World Economic Outlook Database April 2019." [Online]. Available: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2019/01/weodata/index.aspx>. [Accessed: 01-Feb-2020].

- [6] L. Cortés, "Evaluación de la eficiencia de inhibidores de corrosión base agua para aguas de formación de la empresa Chemdrill S.A.S.," Fundación Universidad de América, 2018.
- [7] B. Mackay *et al.*, "La corrosión: La lucha más extensa," *Oilfield Review*, vol. 28, no. 2, p. 16, 2016.
- [8] M. Vazquez, *La Corrosión*, 1st ed. Mar de Plata: EUDEM, 2018.
- [9] M. Andrade, *Corrosión y protección metálicas*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1991.
- [10] A. S. Yaro, A. A. Khadom, and R. K. Wael, "Apricot juice as green corrosion inhibitor of mild steel in phosphoric acid," *Alexandria Eng. J.*, vol. 52, no. 1, pp. 129–135, 2013.
- [11] Thebalance.com, "How to Calculate the Rate of Metal Corrosion," 2020. [Online]. Available: <https://www.thebalance.com/corrosion-rate-calculator-2339697>. [Accessed: 04-Feb-2020].
- [12] Schlumberger, "Índice de corrosión (MPY) - Schlumberger Oilfield Glossary," 2020. [Online]. Available: https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/c/corrosion_rate.aspx. [Accessed: 05-Feb-2020].
- [13] L. Godínez, Y. Meas, R. Ortega-Borges, and A. Corona, "Los Inhibidores de Corrosión," *Revista de Metalurgia*, 2003.
- [14] V. Gomez, "Eficiencia de un inhibidor verde extraído de cáscara de manzana mediante el sistema soxhlet en la corrosión del acero 1018 en medio ácido," Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2016.
- [15] N. Palou, "Albaricoque, la fruta de la salud y la juventud," *La vanguardia*, 2017.
- [16] M. Silva, "Beneficios del Albaricoque," *Revista Mia*, 2018.
- [17] S. A. Umoren, M. M. Solomon, I. B. Obot, and R. K. Suleiman, "A critical review on the recent studies on plant biomaterials as corrosion inhibitors for industrial metals," *J. Ind. Eng. Chem.*, 2019.
- [18] L. Tejeda, P. Meza, E. Altamiranda, and M. Berrocal, "Plant extracts used as corrosion inhibitors," *Inf. Técnico*, vol. 78, no. 2, p. 155, 2014.
- [19] W. Aperador, J. Bautista-Ruiz, and A. Vargas, "Evaluación de la corrosión-erosión en aceros austeníticos y martensíticos," *Cienc. en Desarro.*, vol. 6, no. 1, pp. 17–24, 2015.
- [20] J. A. Salazar, "Introduction to Corrosion Phenomena: Types, Influencing Factors and Control for Material's Protection," *Tecnol. en Marcha*, vol. 28, no. 3, p. 10, 2015.