

# Efecto de la mezcla de aceites de *Anacardium occidentale*/ *Cocos nucifera* en gasoil sobre la velocidad de corrosión de acero al carbono en solución salina

Effect of the mixture of *Anacardium occidentale*  
/ *Cocos nucifera* oils in diesel on the  
corrosion rate of carbon steel in saline

Tomás Darío Marín-Velásquez<sup>1</sup>, Dany Day Josefina Arriojas-Tocuyo<sup>2</sup>

Fecha de recepción: 27 de setiembre de 2019  
Fecha de aprobación: 8 de enero de 2020

Marín-Velásquez, T; Arriojas-Tocuyo, D. Efecto de la mezcla de aceites de *Anacardium occidentale* / *Cocos nucifera* en gasoil sobre la velocidad de corrosión de acero al carbono en solución salina. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33-4. Octubre-Diciembre 2020. Pág 37-46.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i4.4484>



- 1 Ingeniero Químico, Magíster en Gestión y Auditorías Ambientales. Departamento de Proyectos, Innova Scientific SAC, Lima, Perú. Correo electrónico: [tmarin@innovascientific.com](mailto:tmarin@innovascientific.com)  
 <https://orcid.org/0000-0002-3334-5895>
- 2 Ingeniero de Petróleo, MBA in Oil Industry Management. Departamento Innova Tesis, Innova Scientific SAC, Lima, Perú. Correo electrónico: [darriojas@innovascientific.com](mailto:darriojas@innovascientific.com)  
 <https://orcid.org/0000-0002-8192-9641>

## Palabras clave

Corrosión; pérdida de peso; acero al carbono; *Anacardium occidentale*; *Cocos nucifera*.

## Resumen

En la investigación se evaluó el efecto de mezclas de aceite de *Anacardium occidentale* y *Cocos nucifera* diluidas en gasoil, como recubrimiento anticorrosivo aplicados a acero al carbono, sometido solución salina. Se utilizaron piezas de barras de acero al carbono utilizadas como refuerzos en construcción, las cuales fueron tratadas con una mezcla 50:50 de los aceites, diluidas en concentraciones de 10, 20, 30 y 50% en gasoil. Las piezas de acero, se sumergieron en una solución salina al 10% NaCl por 360 días a una temperatura constante de 50 °C. Además se utilizó una muestra control sin tratamiento, sometida también al medio salino y una muestra tratada solo con gasoil. Se realizaron tres réplicas por tratamiento y se analizaron los resultados de velocidad de corrosión por pérdida de peso, mediante análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis, con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.I. Los tratamientos con las mezclas de aceites en gasoil, lograron la reducción de la velocidad de corrosión con eficiencias entre 96.59 y 98.30%, con resultados estadísticamente significativos, donde destaca la mezcla al 50% con diferencia significativa respecto a las otras con 95% de nivel de confianza.

## Keywords

Corrosion; weight loss; carbon steel; *Anacardium occidentale*; *Cocos nucifera*.

## Abstract

In the research, the effect of mixtures of *Anacardium occidentale* oil and *Cocos nucifera* diluted in diesel oil was evaluated, as an anticorrosive coating applied to carbon steel, in saline solution. Pieces of carbon steel bars used as reinforcements in construction were used, which were treated with a 50:50 mixture of the oils, diluted in concentrations of 10, 20, 30 and 50% in diesel. The steel pieces were immersed in a 10% NaCl saline solution for 360 days at a constant temperature of 50 °C. In addition, a control sample without treatment was also subjected to the saline medium and another sample treated only with diesel oil. Three replications were made per treatment and the results of corrosion rate by weight loss were analyzed, by Kruskal-Wallis nonparametric variance analysis, with the statistical program Statgraphics Centurion XVI.I. The treatments with oil blends in diesel, achieved the reduction of the corrosion rate with efficiencies between 96.59 and 98.30%, with statistically significant results, where the 50% blend stands out with significant difference compared to the others with 95% level of trust.

## Introducción

La corrosión puede ser definida como la destrucción o deterioro de un material por efecto de la reacción con su entorno [1]. Se puede decir que la corrosión es un proceso de metalurgia inversa, debido a que los metales, de forma natural se encuentran como óxidos, por ser éste su estado de menor energía y al ser purificados, se oxidan para regresar a su estado natural [2]. La corrosión ocasiona daños en la infraestructura de plantas de procesos e industrias y las máquinas que en ellas operan, que suelen ser costosas de reparar, en términos de pérdida o producto contaminado, en términos de daños ambientales y posiblemente en términos de seguridad humana [3].

La mayoría de los procesos corrosivos se producen mediante reacciones electroquímicas de reducción-oxidación y para que las mismas se desarrollen, es necesario que existan tres constituyentes: unos electrodos (un ánodo y un cátodo), un electrolito, como medio salino y una conexión eléctrica entre los electrodos [4]. Las estructuras metálicas sumergidas en agua salina, sobre todo las de acero al carbono, están sometidas a procesos oxidativos, que generan destrucción por corrosión electroquímica [5].

La prevención del deterioro de estructuras de acero al carbono por corrosión, incluye el uso de recubrimientos que impidan la transferencia de electrones del metal y el medio oxidante, lo que ha llevado a una mejora constante de las propiedades más importantes de los recubrimientos: la continuidad y la adherencia [6]. A pesar del uso generalizado de los recubrimientos anticorrosivos, su uso se ha venido reduciendo debido a que muchos compuestos químicos utilizados en sus formulaciones han sido sujeto de regulaciones gubernamentales a nivel mundial por la creciente preocupación sobre aspectos de seguridad, salud y protección ambiental, lo que genera innovación tecnológica en el campo de los recubrimientos [7].

El uso de aceites vegetales y derivados de ellos como recubrimientos anticorrosivos ha sido sujeto de estudios en diversas investigaciones, entre ellas el aceite de la cáscara de la nuez de *Anacardium occidentale* [8], [9], [10] y el aceite de *Cocos nucifera* [11], [12], [13], [14]. En todas las investigaciones se ha demostrado la aplicabilidad de los aceites como anticorrosivos, sin embargo el uso de mezclas de ambos no ha sido estudiado, ni tampoco su uso en acero de refuerzo de construcción. Por lo anterior se realizó una investigación donde se evaluó la mezcla de los aceites de cáscaras de *Anacardium occidentale* y *Cocos nucifera* con gasoil como anticorrosivos aplicado a barras de acero de refuerzo de construcción sometidas a un medio acuoso salino.

## Metodología

En la investigación se utilizaron 18 piezas de barra de acero al carbono de construcción lisa, según especificaciones de la Norma Técnica Peruana NTP 341.031 [15], de 9.5 mm de diámetro y 100 mm longitud (figura 1). La solución salina se preparó al 10% de NaCl (99%) en agua destilada, para luego ser caracterizada a partir de ensayos normalizados de laboratorio, donde se determinaron las siguientes propiedades: densidad [16], pH [17] y Conductividad eléctrica [18].



**Figura 1.** Muestra de pieza de acero al carbono utilizada.

## Obtención de los aceites

Para la obtención del aceite de *Anacardium occidentale*, se recolectaron las cáscaras, se les extrajo la nuez, se cortaron en pedazos de aproximadamente 1 cm y se secaron en estufa a 105 °C por 24 horas. Las cáscaras fueron sometidas a un proceso de extracción sólido-líquido,

mediante un equipo Soxhlet, utilizando como solvente n-hexano al 98% de pureza. La mezcla de aceite y solvente fue sometida a un proceso de destilación simple, con la finalidad de extraer el solvente, obteniendo un aceite con el mayor grado de pureza posible.

El aceite de *Cocos nucifera* se obtuvo mediante la técnica de hidroextracción, para la cual se siguió el procedimiento descrito por [19], en el que se especifica la forma de obtener el aceite de forma tradicional por hidroextracción.

Los aceites fueron mezclados en proporción 50:50, envasados en frascos de vidrio y almacenados a temperatura ambiente para ser utilizados posteriormente en los ensayos de corrosión.

### Preparación de las piezas de acero al carbono

Las piezas de acero al carbono provenientes de barras de refuerzo para construcción, fueron limpiadas mecánicamente de forma manual con lija n° 100 para eliminar cualquier imperfección en la superficie, para luego ser limpiadas químicamente con alcohol etílico al 70% ev volumen, secadas en estufa durante una hora a 100 °C y dejadas enfriar a temperatura ambiente (25 °C), para luego ser caracterizadas físicamente en cuanto a su densidad, área superficial y masa original. La masa se determinó a través de una balanza analítica marca SARTORIUS Modelo TE214S de capacidad 210 g y precisión de 0.1 mg, la densidad y el área superficial se determinaron matemáticamente considerando que cada pieza es un cilindro. Los valores se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Propiedades de las piezas de acero al carbono utilizadas

Pieza	Masa, g	Densidad, g/cm <sup>3</sup>	Área superficial, cm <sup>2</sup>
1	39.8639	5.62	31.26
2	39.9419	5.63	31.26
3	39.9243	5.63	31.26
4	39.9337	5.63	31.26
5	39.9400	5.63	31.26
6	39.8702	5.62	31.26
7	40.0047	5.64	31.26
8	39.7672	5.61	31.26
9	40.0262	5.65	31.26
10	39.8894	5.63	31.26
11	39.8725	5.63	31.26
12	39.6329	5.59	31.26
13	39.8819	5.63	31.26
14	39.9186	5.63	31.26
15	39.9987	5.64	31.26
16	39.8675	5.62	31.26
17	39.8665	5.62	31.26
18	39.9212	5.63	31.26

## Formulación de las mezclas de aceites y gasoil

Se formularon cuatro mezclas de los aceites en gasoil de acuerdo a lo que se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Mezclas de aceites de *Anacardium occidentale* / *Cocos nucifera* en gasoil

Mezcla	Aceites 50:50 (%)	Gasoil (%)
A	10	90
B	20	80
C	30	70
D	50	50

## Desarrollo experimental

Se impregnaron tres piezas de acero al carbono por cada una de las mezclas, cubriendo completamente la superficie de las mismas para un total de 12 piezas tratadas y adicionalmente tres piezas fueron impregnadas con gasoil puro con la finalidad de tomarlas como tratamiento blanco. Las tres piezas restantes se dejaron sin tratamiento para utilizarlas como muestra control. Las piezas impregnadas se secaron en estufa a una temperatura de 50 °C por 24 horas y luego se dejaron enfriar a temperatura ambiente (25 °C).

Se llenaron 18 frascos de vidrio con la solución salina y en ellos se sumergieron las piezas de acero al carbono, constituyendo un sistema de seis bloques con tres réplicas y se colocaron en la estufa a una temperatura de 50 °C por un tiempo de 360 horas (15 días), al cabo de los cuales se retiraron las piezas, se limpiaron químicamente con alcohol al 70% y se decaparon mecánicamente de forma manual con lija n° 100. Cada pieza fue pesada nuevamente para obtener la pérdida de peso del material debido a la corrosión uniforme. La velocidad de corrosión se obtuvo mediante la ecuación 1 [20].

$$V_{corr} = \frac{K * \Delta m}{A * \rho * t} \quad (1)$$

Dónde:  $\Delta m$  representa la diferencia entre la masa inicial y final de la pieza en gramos,  $A$  representa el área superficial en  $\text{cm}^2$ ,  $\rho$  representa la densidad del metal en  $\text{g/cm}^3$ ,  $t$  representa el tiempo de exposición en horas,  $K$  es una constante utilizada para conversión de unidades (87600) y  $V_{corr}$  representa la velocidad de corrosión en  $\text{mm/año}$

La eficiencia de los tratamientos anticorrosivos se determinó a partir de la ecuación 2 [21].

$$\%Ef = \frac{V_{corr_{Control}} - V_{corr_{Tratamiento}}}{V_{corr_{Control}}} * 100 \quad (2)$$

Dónde:  $V_{corr_{Control}}$  representa la velocidad de corrosión medida en el bloque control,  $V_{corr_{Tratamiento}}$  representa la velocidad de corrosión medida en cada bloque tratamiento y  $\%Ef$  es la eficiencia del tratamiento.

### Tratamiento estadístico de los resultados

El diseño experimental fue de bloques al azar con seis tratamientos y tres réplicas por bloque. Se aplicó inicialmente una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, para analizar el cumplimiento del supuesto de normalidad. En función al resultado de la prueba mencionada, se aplicó análisis de varianza, para establecer las posibles diferencias en los resultados obtenidos en cada uno de los bloques, comparando con el resultado obtenido en la muestra control. La significancia fue de 0.05, lo que representa un nivel de confianza estadística de 95%. Los análisis estadísticos y gráficos se realizaron con el programa Statgraphics Centurion XVI.I.

### Resultados y Discusión

La solución salina utilizada se preparó al 10% de NaCl, con la intención de someter las piezas de acero al carbono a condiciones de alta salinidad durante el tiempo de prueba. Esta salinidad es superior a la del agua de mar, la cual posee un valor aproximado de 35 ups (3.5%) [22], [23], también fue mayor a las utilizadas en otras investigaciones similares, las cuales utilizaron 1.1% [24] y 3.5% [25], lo que demuestra las condiciones extremas de salinidad a la que fueron sometidas las piezas de acero en la investigación. La densidad de la solución salina fue de 1.077 g/ml a una temperatura de 25 °C, que al ser comparada con la densidad del agua pura a esa misma temperatura de 0.997 g/ml [26], se observa un aumento en el valor debido a la presencia de las sales disueltas, valor que también fue superior al promedio del agua de mar, el cual es de 1.027 g/ml [27]. La conductividad eléctrica reportó un valor de 37.6 S/m el cual es superior al reportado para el agua de mar, cuyo rango es de 3 a 6 S/m [28], debido a la mayor cantidad de iones de sal disueltos en el agua salina preparada, ya que la misma posee mayor cantidad de sal. En cuanto al pH obtenido, fue de 8.0, valor que se encuentra entre el rango del agua de mar, medido entre 7.7 y 8.2 [29], lo que indica que esta propiedad no se ve afectada en gran medida por la salinidad.

Luego de realizar la fase experimental, se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 3, referidos a las velocidades de corrosión determinadas a los 360 días de exposición de las piezas de acero al carbono al medio salino.

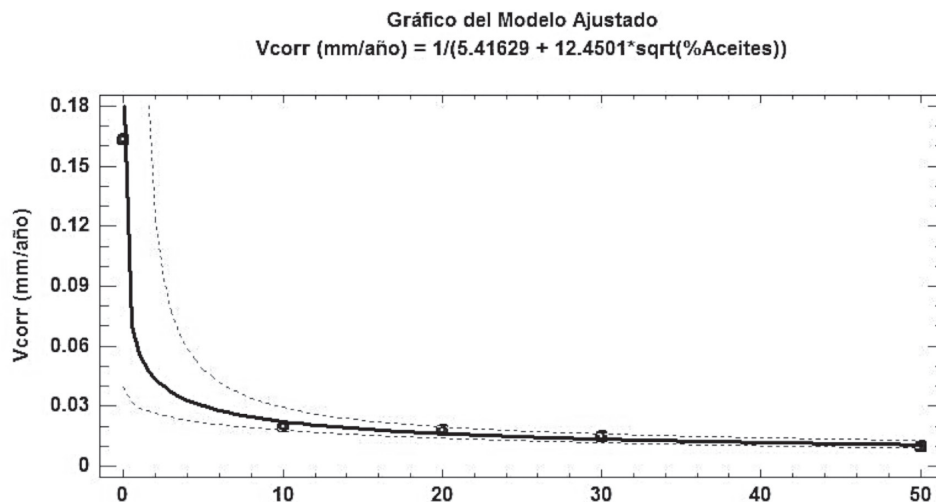
**Cuadro 3.** Resultados de velocidad de corrosión obtenidos a los 360 días

Tratamientos	Vcorr (mm/año)	Desviación estándar	%Ef
Control	0.563	0.007	----
Gasoil	0.163	0.028	72.48
A	0.020	0.012	96.59
B	0.018	0.008	96.95
C	0.015	0.001	97.48
D	0.010	0.002	98.30

En el cuadro 3 se observa que la velocidad de corrosión disminuye a medida que aumenta el porcentaje de los aceites en la mezcla y la tendencia gráfica puede observarse en la figura 2.

La Vcorr del acero al carbono utilizado tuvo un comportamiento decreciente respecto al porcentaje de los aceites en la mezcla, observándose como se produjo un efecto anticorrosivo al impregnar las piezas con los aceites. La Vcorr obtenida al sumergir las piezas de acero al carbono en la solución salina sin ningún tipo de protección fue muy superior a las obtenidas al impregnar las piezas tanto con el gasoil puro, como con cada una de las mezclas. El efecto

se observa más claramente en la figura 2, donde la  $V_{corr}$  disminuye de forma rápida entre las piezas impregnadas con gasoil y las que se cubrieron con las mezclas, lo que demuestra el efecto positivo de éstas. El efecto anticorrosivo del aceite de cáscaras de *Anacardium occidentale*, también fue observado, al ser aplicado como tratamiento de superficie de acero al carbono [9]. Así mismo, en otra investigación, se concluyó que el aceite de *Anacardium occidentale* es un potencial inhibidor de la corrosión para aceros al carbono en soluciones acuosas [8]. Este aceite también fue evaluado como anticorrosivo aplicado a acero al carbono en un medio ácido, llegando a obtenerse resultados satisfactorios [10].



**Figura 2.** Gráfica de velocidad de corrosión en función al porcentaje de aceites en la mezcla.  
 Fuente: programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.I.

El aceite de *Cocos nucifera*, también ha sido utilizado en investigaciones como anticorrosivo para el tratamiento de acero al carbono, lográndose en todos los casos resultados que demuestran su aplicabilidad [12], [13], [30]. Los resultados de las investigaciones anteriores concuerdan con lo observado en la presente investigación y demuestran que ambos aceites al ser mezclados en proporciones iguales y diluidos en gasoil, mantienen las propiedades anticorrosivas que poseen por separado.

En el cuadro 3 también se muestran las eficiencias calculadas para cada tratamiento, con un máximo de 98.30% para el tratamiento D. Al comparar el resultado de eficiencia máxima con valores reportados para los aceites por separado, se observa que en el caso el aceite de cáscara de *Anacardium occidentale* se tienen valores mayores, en algunos casos de 100% [8] y menores de 86% [10]. Con el aceite de *Cocos nucifera*, también se obtuvieron valores menores de 97% [11] y 87% [12]. Las diferencias en las observadas respecto a la presente investigación, se deben a las diferentes condiciones experimentales, así como también a las diferencias en los tipos de acero utilizados en cada investigación.

Al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se obtuvo un estadístico de 0.61 con un p-valor de 0.000. Como el p-valor es menor a 0.05, se puede rechazar la idea de que  $V_{corr}$  proviene de una distribución normal con 95% de confianza. Al no cumplirse el supuesto de normalidad, se procede a realizar un análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual arrojó un valor del estadístico de 13.32 y un p-valor de 0.02, lo que indica que existe



diferencia estadísticamente significativa de por lo menos un par de medianas de  $V_{corr}$  para los tratamientos aplicados. En el cuadro 4 se muestran los resultados del análisis de varianza realizado.

**Cuadro 4.** Resultados del análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Tratamiento	Rango	Grupo homogéneo		
D	3.33	X		
C	7.00	X	X	
B	7.83	X	X	
A	7.83	X	X	
Gasoil	14.00		X	X
Control	17.00			X

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del programa Statgraphics Centurion XVI.I.

Se observa que el tratamiento D mostró el menor valor de velocidad de corrosión, diferenciándose de los demás, de manera estadísticamente significativa con un nivel de confianza de 95%. El resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas, sin embargo se diferenciaron del tratamiento que solo contenía gasoil. Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes al Control, el cual presentó el mayor valor de  $V_{corr}$ . Lo anterior corrobora el efecto anticorrosivo de los tratamientos aplicados, además al utilizar la mezcla de aceites entre 10 y 30% en gasoil, no se obtienen resultados diferentes, sin embargo la mezcla al 50% de los aceites en gasoil ejerció un efecto estadísticamente significativo, en la reducción de la  $V_{corr}$ , es decir que no solo presentó el mejor tratamiento anticorrosivo, sino que su efecto fue significativo. El análisis estadístico demuestra que con los tratamientos A, B y C, se obtienen eficiencias anticorrosivas cuyos valores, aun cuando presentan diferencias numéricas, no son significativas, siendo en los tres casos de aproximadamente 97%. El tratamiento D si causó un efecto significativo al aumentar su eficiencia anticorrosiva a un valor aproximado de 98%. La aplicación de análisis estadísticos a ensayos de corrosión del acero [31], mostró coincidencias con lo obtenido, aun cuando se utilizó en el caso citado, estadística paramétrica a criterio de los investigadores, sin analizar el supuesto de normalidad, lo que la diferencia de la presente investigación.

## Conclusiones

La mezcla de los aceites de *Anacardium occidentale* y *Cocos nucifera* en proporción 50:50, diluidos en gasoil, retardan la velocidad de corrosión uniforme de barras de acero al carbono utilizadas como refuerzos de construcción, de acuerdo a las condiciones a las que se le sometieron en la investigación, llegando a tener eficiencias como recubrimiento anticorrosivo entre 96.59 y 98.30%, lo que demuestra su potencial uso como aditivo para la protección de estructuras de acero sumergidas en aguas salinas.

Los resultados obtenidos demuestran el potencial de la mezcla de aceites como anticorrosivos, sin embargo se recomienda continuar evaluando los mismos con diferentes tipos de acero al carbono y sometiéndolos de atmósferas salinas con otros diseños experimentales, así como también mediante otras técnicas de medición de la velocidad de corrosión como métodos potenciométricos o por isotermas de absorción.



## Referencias

- [1] R. Pierre, *Handbook of corrosion engineering*. New York: McGraw-Hill, 2000.
- [2] Z. Ahmad, *Principles of corrosion engineering and corrosion control*. Oxford: Elsevier, 2006.
- [3] R. Pierre, *Corrosion inspection and monitoring*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
- [4] J.A. Salazar-Jiménez, "Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica)", *Tecnología en Marcha*, vol. 28, n° 3, pp. 127-136, julio-septiembre 2015.
- [5] A.D.V. Moreno, T. Pérez y M. Martínez, *El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado*. Sanfandila, Querétaro, México: Instituto mexicano del transporte, 2001.
- [6] M.A. Castillo. (2016). Carrocería y pintura. Propiedades anticorrosivas de los recubrimientos [Online]. Disponible en: <http://www.centro-zaragoza.com>
- [7] NRF-004-PEMEX-2011, *Protección con recubrimientos anticorrosivos a instalaciones superficiales de ductos*. México DF: Comité de normalización de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios, 2011.
- [8] K. Binte y T. Binte, "Cashew nut oil derivative: an alternative corrosion inhibitor for mild steel" in *International Conference on Chemical Engineering 2011*. Dhaka, Bangladesh.
- [9] P. García, L. Guerra, J. Quintero, D. Rodríguez, Y. Sosa y A. Tejedor, "Extracción del aceite de la cáscara de la nuez de la India (*Anacardium Occidentale*) para el tratamiento superficial de metales", *Revista de Iniciación Científica*, vol. 2, n° 2, pp. 103-107, diciembre 2016.
- [10] M. Hassan y S.B. Sobri, "Corrosion inhibition studies of cashew nut (*Anacardium occidentale*) on carbon steel in 1.0 M Hydrochloric Acid Environment", *Materials Letters*, vol. 229, pp. 82-84, octubre 2018.
- [11] S.A. Adzor y B.O. Udoye, "Corrosion inhibitive effects of coconut (*Cocos nucifera* linn) water for mild steel in acidic médium", *European Journal of Material Sciences*, vol.3, n°.2, pp.1-12, mayo 2016.
- [12] L.M. Rivera-Grau, M. Casales, I. Regla, D.M. Ortega-Toledo, D. Cuervo, J. Asencio, J.G. González-Rodríguez y L. Martín-Gómez, "Corrosion inhibition by a coconut oil modified imidazoline for carbon steel under the combined effect of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S", *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 7, pp. 12610-12620, 2012.
- [13] S.A. Umoren, I.B. Obot, A.U. Israel, P.O. Asuquo, M.M. Solomon, U.M. Eduok y A.P. Udoh, "Inhibition of mild steel corrosion in acidic medium using coconut coir dust extracted from water and methanol as solvents", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 20, n°. 5, pp. 3612-3622, septiembre 2014.
- [14] P.R. Vijayalakshmi, R. Rajalakshmi y S. Subhashini, "Corrosion Inhibition of Aqueous Extract of *Cocos nucifera* - Coconut Palm - Petiole Extract from Destructive Distillation for the Corrosion of Mild Steel in Acidic Medium", *Portugaliae Electrochimica Acta*, vol. 29, n°. 1, pp. 9-21, 2011.
- [15] NTP 341.031, *Hormigón (concreto). Barras de acero al carbono con resaltes y lisas para hormigón (concreto) armado. Especificaciones*. Lima, Perú: Comisión de reglamentos técnicos y comerciales – INDECOPI, 2008.
- [16] *Standard Test Methods for Specific Gravity, Apparent, of Liquid Industrial Chemicals*, ASTM D891, 2009.
- [17] *Standard Test Methods for pH of Water*, ASTM D1293, 2012.
- [18] *Standard Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water*, ASTM D1125, 2014.
- [19] C.P. Dasilva, F.I. Restrepo, I.A. Peralta, M.M. Vásquez, M.L. Portura y Y.A. Portura, "Extracción de aceite de Coco (*Cocos nucifera*) como estrategias de aprovechamiento de los productos locales de Mitú", *Vaupés Innova*, vol. 1, pp. 82-89, febrero 2017.
- [20] L.L. Wong, S.I. Martin y R.B. Rebak, "Methods to Calculate Corrosion Rates for Alloy 22 from Polarization Resistance Experiments". In *2006 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference*. Vancouver, Canadá.
- [21] R.W. Revie y H.H. Uhlig, *Corrosion And Corrosion Control. An Introduction to Corrosion Science and Engineering*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- [22] T. Dioses, "Patrones de distribución y abundancia del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú", *Rev. peru. biol.* número especial, vol. 20, pp. 067- 074, septiembre 2013.
- [23] F. Echeverría, N. Aguirre, J.G. Castaño, A.C. Valderrama, J.D. Peña y C. Giudice, "Caracterización fisicoquímica y biológica de la bahía de Cartagena en la zona de Mamonal para la evaluación de pinturas antiincrustantes en condiciones estáticas", *Revista Facultad de Ingeniería* n° 39, pp. 7-20, marzo 2007.
- [24] L. Gómez y Y.P. Villabona, "Determinación de la corrosión en probetas de hormigón sumergidas en solución salina", Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Química Cartagena de Indias, D.T y C, Universidad de Cartagena, 2012.

- [25] M.P. Holguín, J.L. Trisancho y D.Y. Peña, "Determinación de la resistencia a la corrosión de los biomateriales Ti6Al4V y 316L, mediante análisis gravimétrico", *Scientia et Technica*, vol. 20, n.º. 2, junio 2015.
- [26] O. Pérez, J. Díaz, L. Zumalacárregui y O. Gozá, "Evaluación de propiedades físicas de mezclas etanol-agua (II)", *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, n.º 52, pp. 62-74, marzo, 2010.
- [27] SurfaceSWDensity08, "Density of seawater at the sea surface", in *Railsback's Some Fundamentals of Mineralogy and Geochemistry* [Online]. Disponible en: <http://www.gly.uga.edu/railsback/Fundamentals/SurfaceSWDensity08.pdf>
- [28] C. Irrgang, J. Saynisch y M. Thomas, "Impact of variable seawater conductivity on motional induction simulated with an ocean general circulation model", *Ocean Science*, vol.12, n.º. 1, pp. 129-136, enero 2016.
- [29] Y. Nakano y Y.W. Watanabe, "Reconstruction of pH in the Surface Seawater over the North Pacific Basin for All Seasons Using Temperature and Chlorophyll-a", *Journal of Oceanography*, vol. 61, n.º. 4, pp. 673-680, agosto 2005
- [30] N.H. Jayadas y K. Prabhakaran, "Elucidation of the corrosion mechanism of vegetable oil based lubricants", in *STLE/ASME International Joint Tribology Conference*. San Antonio, TX, USA, octubre 2006.
- [31] E.M. Lluveras, J. Martínez, L.D.C. González y J.A. Fundora, "Aplicación de software estadísticos y modelos matemáticos para la evaluación de la velocidad de corrosión en el acero", *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, vol. 21, n.º.1, pp. 179-186, Enero-Junio 2018.