



## ESTUDIO DEL PROCESO DE CORROSIÓN DE ACERO AL CARBONO EN UNA SOLUCIÓN TIPO NACE ID196 EN PRESENCIA DE HIDROCARBURO

M. Clavel Maqueda<sup>1</sup>, M. A. Veloz Rodríguez<sup>1\*</sup>, V.E. Reyes Cruz<sup>1</sup>, L.D. López León<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca Tulancingo Km 4.5, Col Carboneras, Mineral de la reforma, Hgo. C.P. 42184

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Unidad Monterrey PIIT, Nueva Carretera al Aeropuerto Km 10, Apodaca, N.L.

\*E-mail Contacto: mveloz@uaeh.edu.mx

### RESUMEN

En los procesos de producción, refinación y transporte de hidrocarburos en la industria petrolera existe una infinidad de metales expuestos a distintos medios en los cuales se encuentra presente el fenómeno de la corrosión. Actualmente los sistemas multifásicos (solución/hidrocarburo) es la causa principal de corrosión por la diferencia de densidad que existe entre ellos, además de que el flujo, para su transporte, aumenta el impacto de la corrosividad.

En este trabajo se presenta el comportamiento electroquímico del acero al carbono AISI 1018 en una solución tipo NACE 1D196 [1] que es la más utilizada para la evaluación de inhibidores, en ausencia y presencia de hidrocarburo así como variando la proporción del mismo en la solución, variando el tiempo de inmersión del acero 1018 en la solución corrosiva; con el fin de establecer la interacción del medio corrosivo con el metal, el efecto del hidrocarburo y el tiempo de inmersión sobre la corrosión del mismo. Se utiliza la técnica de espectroscopia de Impedancia Electroquímica.

Los resultados indican que la proporción de hidrocarburo afecta el desarrollo de la corrosión en el metal, aumentando la velocidad de corrosión conforme aumenta la cantidad de hidrocarburo en el sistema, favoreciendo los procesos adsorptivos.

**Palabras Claves:** Industria petrolera, corrosión, hidrocarburo, sistemas multifásicos.



## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la corrosión en presencia de diferentes fases no había sido muy estudiado debido a la complejidad que presenta y es hasta hace unos cuantos años que empieza a tomar importancia debido al aumento en el conocimiento acerca de mecanismos de corrosión y al interés que surge en que los conocimientos puedan ser aplicados cada vez más hacia los ámbitos industriales reales.

Las emulsiones aceite (hidrocarburo) en agua (O/W), por tener como fase continua el agua, presentan buenas condiciones para conducir electroquímicamente la corriente eléctrica. Por lo tanto, el proceso de la corrosión puede ser promovido por este tipo de sistemas. Este tema es de gran importancia para la industria del petróleo debido a la gran cantidad de materiales metálicos que se encuentran en presencia de emulsiones hidrocarburo/agua y con graves problemas de corrosión, es por ello que los estudios en este sentido empezaron a surgir hace menos de una década. En 2002 Peña Ballesteros [4] y colaboradores investigaron el comportamiento electroquímico de acero al carbono AISI 1020 en un sistema compuesto por emulsión keroseno/agua en relación de 0 a 70% de hidrocarburo, los resultados fueron analizados por la técnica de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) y se encontró una corrosión de tipo uniforme, en los sitios donde el keroseno no pudo cubrir completamente la superficie y por lo tanto, disminuyó la velocidad de corrosión.

En septiembre del 2008, López León [3] estudió el comportamiento del acero al carbono SAE 1018 en una solución amortiguada de ácido acético y cloruros utilizando el método NACE TM 0177 con y sin hidrocarburo. Las técnicas electroquímicas utilizadas fueron curvas de polarización y EIS, indicando que las pendientes de Tafel no sufren un cambio significativo en la adición de hidrocarburo mientras que el acero posee una gran actividad en la solución estudiada siendo más notable en frecuencias bajas. Quiroga Becerra y colaboradores [2] estudiaron el efecto del contenido de aceite en la corrosión del acero AISI 1010 en emulsiones de hidrocarburo en agua y se estudió por medio de la polarización potenciodinámica y EIS, los resultados indican que la actividad electroquímica en una proporción de 20 a 40% (hidrocarburo) no mostró variación importante con contenido de aceite, mientras que para emulsiones (contenido de aceite entre el 45 y el 70% en peso), la actividad disminuyó.

Como puede derivarse de los estudios anteriores, es importante la cantidad de hidrocarburo que pueda presentarse en forma de emulsión, sin embargo, también es muy importante la composición de la solución acuosa que está en contacto con el hidrocarburo y en los trabajos mencionados la solución acuosa utilizada fue muy diferente a la que la industria del petróleo presenta o acepta para los estudios de inhibidores de corrosión. Es por ello que en este trabajo se estudió el efecto que tiene la variación de la proporción de hidrocarburo en una solución corrosiva tipo NACE 1D196 que es la norma aceptada por organismos nacionales e internacionales para evaluación de inhibidores de corrosión que serán aplicados a la industria del petróleo.

## 2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

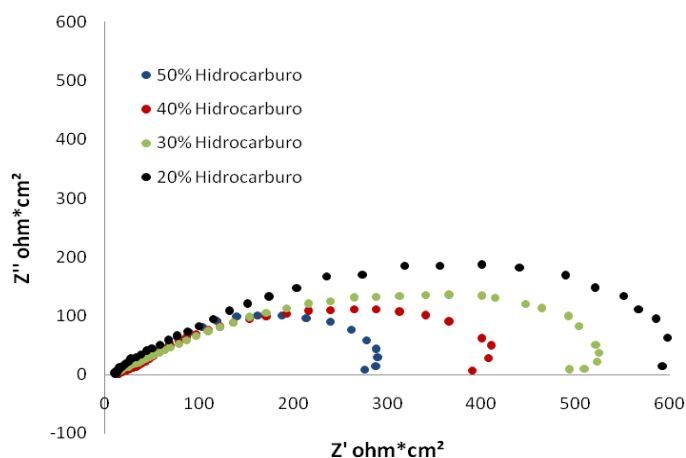
Se utilizó una celda típica de tres electrodos con un electrodo de Calomel como referencia, un contraelectrodo de grafito y como electrodo de trabajo un disco de acero al carbono AISI 1018 empotrado en un cilindro de Teflón, el cual fue desbastado antes de cada experimento con una lija SIC 280 y sumergido durante 10 min previos para permitir la estabilización del potencial de corrosión. La solución utilizada se preparó de acuerdo a la norma NACE 1D196 ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.1M,  $\text{Mg}_2\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.1M,  $\text{NaCl}$  0.1M,  $\text{CO}_2$  burbujeando durante 6 min, pH 6.5) a una temperatura constante de 49 °C, variando la proporción de hidrocarburo de 0 a 50% v/v y manteniendo una agitación mecánica constante de 2000 rpm mediante un motor de velocidad variable (caframo).

La técnica utilizada es Espectroscopía de Impedancia Electroquímica con 10mV de amplitud y en un intervalo de frecuencias de 10 mHz a 10 kHz, aplicada mediante el uso de un Potenciostato Galvanostato Autolab PGSTAT 30 acoplado a una PC y el software proporcionado por la misma compañía.

## 3.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los espectros de impedancia obtenidos del acero AISI 1018 por la interacción del metal con las variaciones de hidrocarburo/solución, donde se observa un

semicírculo achatado y a bajas frecuencias un bucle inductivo. La presencia de las diferentes proporciones de hidrocarburo/solución corrosiva provoca una disminución de la resistencia a la polarización ya que los semicírculos van disminuyendo en las magnitudes de impedancia real e imaginaria, lo que se traduce en mayor velocidad de corrosión. Además, se observa la presencia de procesos adsorptivos muy importantes ya que la deformación de los espectros es significativa.



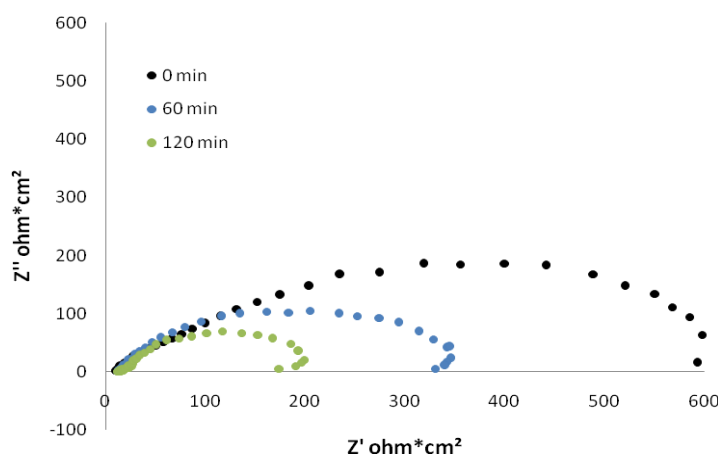
**Figura 1.** Espectros de impedancia electroquímica, variando la proporción de hidrocarburo de 10 a 50% en una solución corrosiva de acuerdo a la norma NACE ID196

Con el fin de hacer un análisis más cuantitativo, se determinaron las resistencias tanto de la solución como a la polarización para la emulsión en las diferentes proporciones. Éstas se muestran en la Tabla 1. En ella se observa que conforme aumenta la cantidad de hidrocarburo en la solución, la resistencia a la polarización disminuye, mientras que la resistencia a la solución permanece prácticamente sin cambio.

**Tabla 1.** Resistencia a la solución y polarización a diferentes proporciones.

Keroseno (%)	$R_{sol}$ (Ohms/cm <sup>2</sup> )	$R_p$ (Ohms/cm <sup>2</sup> )
20	10.54	582.56
30	11.84	498.26
40	12.74	377.38
50	12.79	263.00

Posteriormente, se realizaron experimentos con el fin de determinar el efecto que tiene el tiempo de inmersión del electrodo en la solución. La figura 2 muestra que conforme aumenta el tiempo de inmersión, la resistencia a la polarización disminuye, lo cual es muy importante ya que indica que el hidrocarburo favorece la llegada de los agentes corrosivos a la superficie metálica de manera muy importante. Esto también puede ser resultado del ingreso de oxígeno a la solución ya que éste es un parámetro que no se controló. Sin embargo, actualmente se están realizando experimentos con control del mismo.



**Figura 2.** Espectros de impedancia de acero AISI 1010 ariando el tiempo de inmersión(0,60,120 min) en la solución corrosiva.

### 3. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado la evaluación de la velocidad de corrosión en el acero AISI 1018 con la interacción de diferentes concentraciones de hidrocarburo y se observó la presencia de procesos adsorptivos que se ven incrementados por el aumento de la concentración de hidrocarburo de tal manera que las velocidades de corrosión se incrementan. Este es un resultado muy importante ya que se tenía la creencia de que el hidrocarburo al ser no conductor inhibiría el proceso de corrosión.

### 4. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de CONACyT, mediante el proyecto de Ciencia Básica 00023889.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Procedimiento NACE 1D196, Laboratory Test Methods for Evaluating Oilfield Corrosion Inhibitors, (1998).
- [2] Chemical Engineering School, University of Santander.  
Center for Advanced Materials, Pennsylvania State University, University Park, USA.  
Haydée Quiroga Becerra, C. Retamoso and Digby D. McDonald.
- [3] Tesis profesional López León L.D “Corrosión de acero al carbono en una solución tipo NACE TM 0177 en presencia de hidrocarburo” Septiembre del 2008.
- [4] Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia v.25 n.2 Maracaibo ago. 2002. Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Universidad Industrial de Santander (UIS). Darío Yesid Peña Ballesteros, Clemente Retamoso R. y Custodio Vásquez Q.