

# EVALUACIÓN DE LA CORROSIÓN POR PICADO DE UN ACERO AISI SAE 1020 EN UN FLUIDO DE POZO SINTÉTICO MEDIANTE RUIDO ELECTROQUÍMICO

## EVALUATION OF CARBON STEEL AISI SAE 1020 PITTING IN SYNTHETIC WELL FLUID BY USING ELECTROCHEMICAL NOISE

Nubia Esperanza Mejía Cajicá<sup>1</sup>, Darío Yesid Peña Ballesteros<sup>2</sup>, Miguel Mateus Barragán<sup>3</sup>

### RESUMEN

Los aceros al carbono son los más comúnmente usados en la industria del gas y petróleo; sin embargo son fuertemente susceptibles a la corrosión en agua de producción rica en iones minerales y CO<sub>2</sub>. Dependiendo de la condiciones, el acero puede presentar corrosión uniforme o localizada en forma de picado, siendo esta última la principal causa de falla de los diferentes equipos de producción y transporte de crudo. La técnica de ruido electroquímico (EN), en los últimos años, ha tenido gran aceptación en estudios de corrosión, ya que no genera perturbaciones sobre las superficies a evaluar y principalmente por su gran aporte al estudio de la corrosión por picado. Esta técnica ha permitido determinar las etapas de inicio, crecimiento y pasivación de las picaduras en materiales inoxidables y aluminio, pero han sido muy pocos los estudios realizados sobre aceros al carbono. En este trabajo se evaluó la corrosión por picado de un acero AISI SAE 1020, en un fluido de pozo sintético saturado con CO<sub>2</sub> en un autoclave estático a la presión de 60 psi, y a temperaturas de 30°C, 45°C y 60°C. Utilizando la técnica de EN se observaron las diferentes fluctuaciones de ruido de corriente, características de las etapas de picado, así como la influencia de la temperatura sobre la cinética de su formación. Se observó que al aumentar la temperatura el acero presentó mayor susceptibilidad al picado.

**Palabras Clave:** Corrosión por picado, Acero al carbono, CO<sub>2</sub>, ruido electroquímico.

### ABSTRACT

The carbon steels are commonly used in gas and petroleum industries; nevertheless they are strongly susceptible to the corrosion in the production water which are rich in mineral ions and CO<sub>2</sub>. Depending on the conditions, the steel can present uniform or localized corrosion in pitting form, which is the main cause of failure of the different oil production and transport equipment.

1 Universidad Industrial de Santander. GIC. nemejia@gmail.com

2 Universidad Industrial de Santander. GIC. GTUIS. Profesor Asistente. dypena@uis.edu.co

3 Instituto Colombiano del Petróleo.

The technique of electrochemical noise (EN), in the last years, has had great acceptance in corrosion studies, since it does not generate disturbances on the surfaces to evaluate and mainly for studying pitting corrosion. This technique has allowed determining the stages of initiation, growth and repassivation of the pits in stainless steel and aluminum, but he has been very few studies on carbon steels. In the present work the pitting corrosion of a carbon steel AISI 1020, in a synthetic well fluid saturated with  $\text{CO}_2$  in a static autoclave to the pressure of 60 psi, and temperatures of  $30^\circ\text{C}$ ,  $45^\circ\text{C}$  and  $60^\circ\text{C}$  was evaluated. By using this technique the different fluctuations in current noise were observed, characteristics of the pitting stages, as well as the influence of the temperature on the kinetic of their formation. It was observed that when increasing the temperature the carbon steel presented greater susceptibility to the pitting.

**Keywords:** Pitting corrosion, carbon steel, electrochemical noise,  $\text{CO}_2$ .

## INTRODUCCIÓN

En las industrias de procesamiento, transporte y producción de petróleo y gas, el acero al carbono, representa el material más comúnmente usado. Dependiendo de las condiciones existentes, la corrosión del acero al carbono puede ocurrir ya sea como un ataque uniforme o localizado, más exactamente en la forma de picado; este tipo de corrosión, es la principal causa de falla en los equipos de producción y transporte. En los pozos petroleros, se emplea agua que tiene altos contenidos de  $\text{CO}_2$ , que con el tiempo tiene efectos bastante agresivos sobre las líneas de transporte; así la corrosión por picado de aceros al carbono en la industria petrolera, es principalmente causada por la sinergia entre iones agresivos como el  $\text{Cl}^-$  y la presencia de  $\text{CO}_2$ , que ayuda a la formación de películas de siderita ( $\text{FeCO}_3$ ) que dependiendo de las diferentes condiciones, pueden ser poco o altamente protectoras, y dependiendo de esto, los iones agresivos van a romper la capa de óxido en puntos localizados logrando penetrar hasta la superficie del material, originando corrosión por picado.

En los últimos años, la técnica de Ruido Electroquímico (EN) ha sido usada para evaluar la corrosión por picado, debido a que no perturba la superficie del material por la imposición de corrientes o potenciales; lo cual le da una ventaja significativa sobre las otras técnicas electroquímicas.

El ruido electroquímico consiste en fluctuaciones de corriente y potencial, generadas espontáneamente, las cuales pueden ser correlacionadas con la

destrucción y repasivación de películas pasivas. El ruido electroquímico ha sido estudiado en diferentes tipos de corrosión, incluyendo corrosión uniforme [1], corrosión por picado [2, 3], y corrosión por rendija [4]. También ha sido usada en la evaluación de inhibidores de corrosión [5] y recubrimientos orgánicos [6]. Sin embargo la técnica ha sido mayormente usada en la evaluación de aceros inoxidables y aleaciones de aluminio [4, 7-12]. Pocos trabajos han sido desarrollados para el estudio de procesos de corrosión localizada sobre electrodos de acero al carbono [13]. En general, el ruido electroquímico es ideal para la evaluación rápida de la susceptibilidad de un material a la corrosión por picado, antes de que aparezca el primer indicio de que se está formando alguna picadura [14].

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

Los ensayos se desarrollaron en un autoclave estático a una presión de 60 psi a temperaturas de  $30^\circ\text{C}$ ,  $45^\circ\text{C}$  y  $60^\circ\text{C}$ . Las muestras de trabajo se fabricaron en un acero AISI SAE 1020 con las siguientes dimensiones: 6.3 mm de diámetro y 43 mm de largo; la composición del acero se presenta en la tabla 1. Los electrodos fueron pulidos con papel de carburo de silicio de 240, 320, 400 y 600, y finalmente limpiadas con acetona. La técnica de ruido electroquímico fue realizada en un potencióstato Autolab, el cual requiere el siguiente arreglo de tres electrodos: dos electrodos de trabajo de acero AISI SAE 1020 y el electrodo de referencia de acero inoxidable 316.

Tabla 1. Composición del acero

C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr
0,16	0,695	0,027	0,014	0,211	0,143	0,111	0,131
Al	Nb	Ti	Co	Sn	Ar	Zr	Mo
0,008	0,004	0,001	0,009	0,012	0,004	0,001	0,058

La composición de la solución utilizada para todos los ensayos realizados se presenta en la tabla 2; esta se preparó simulando un fluido de pozo. Antes de introducir los electrodos, la solución se burbujeo con CO<sub>2</sub> durante 1 hora, posteriormente los electrodos fueron introducidos y el autoclave fue cerrada y llevada a una presión de 60 psi y a la temperatura deseada para cada ensayo.

Tabla 2. Composición del fluido de pozo sintético

Componente (mg/l)	Fluido Sintético
Bario	59,0
Calcio	749,0
Hierro	3,3
Magnesio	116,0
Potasio	32,3
Sulfatos	6,4
Bicarbonatos	1118,0
Sodio	419,3
Cloruros	1594,0

## RESULTADOS

Al analizar los resultados de ruido electroquímico obtenidos a la temperatura de 30°C (figura 1), la serie de tiempo en corriente muestran periodos de no formación de picado, es decir un daño por corrosión general. El ruido de corriente fue monitoreado durante un tiempo de 1 hora en el cual no se registró ningún pico de corriente que indicara la formación de picado. Comparando estos datos con un examen microscópico de la superficie del electrodo de trabajo, se confirma que el acero al carbono no presentó daño localizado, sino una corrosión uniforme.

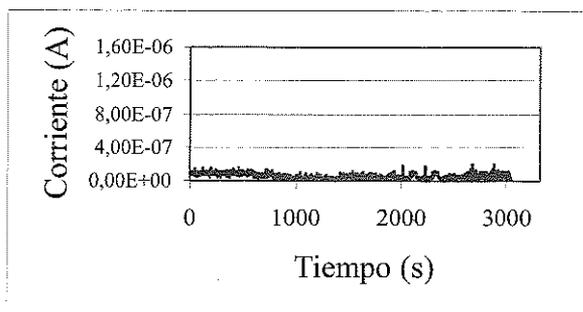


Figura 1. Registro de ruido de corriente de un acero AISI 1020 en un fluido sintético a 30°C.

La figura 2 muestra la superficie del electrodo después de la prueba, se puede confirmar que no se presentó picado, sino una corrosión uniforme sobre la superficie el material.

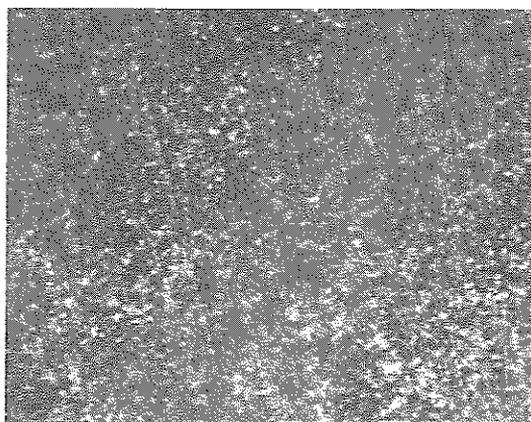
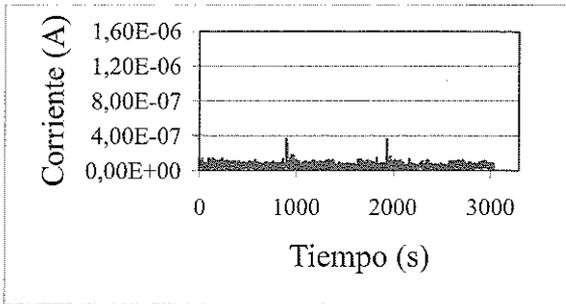


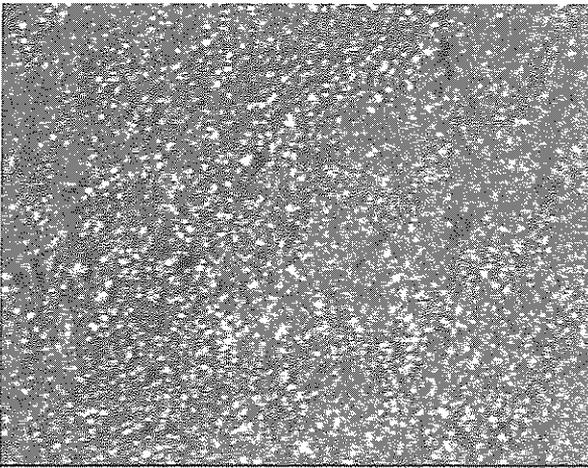
Figura 2. Superficie del acero 1020 después de expuesto al fluido sintético a 30°C. (50X)

En la figura 3 se puede observar el registro de ruido de corriente obtenido a la temperatura de 45°C, en éste, se observa picos de corriente, los cuales indican actividades de corrosión por picado; se puede observar el momento de inicio de las primeras picaduras; igualmente los registros de ruido fueron tomados durante 1 hora, aquí se puede observar que los primeros indicios de picado se presentaron aproximadamente a los 15 minutos de sumergido el electrodo. El picado se pasiva y nuevamente se observa actividad de picado a los 30 minutos, estas picaduras se repasivan y durante el tiempo restante no se vuelve a presentar ningún tipo de actividad de picado, probablemente por la precipitación de siderita (FeCO<sub>3</sub>), la cual forma sobre la superficie del electrodo una capa que ayuda a la protección del mismo.

Igualmente, la superficie del electrodo fue revisada en el microscopio, y se confirma la presencia de picado, así como de una capa de óxido. (Figura 4)

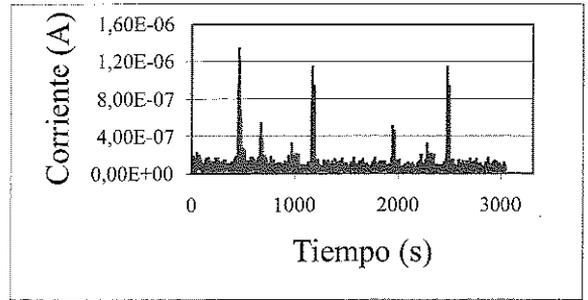


**Figura 3.** Registro de ruido de corriente de un acero AISI 1020 en un fluido sintético a 45°C.

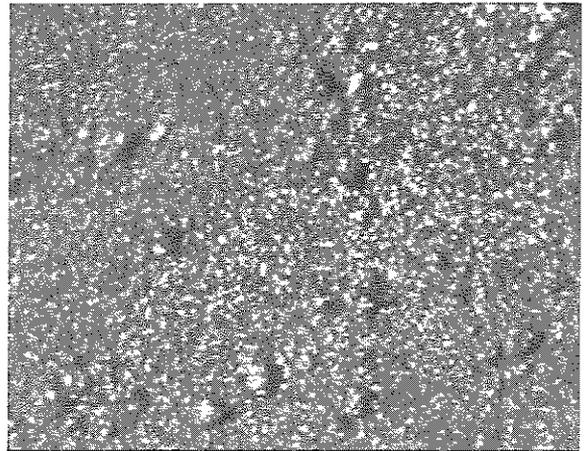


**Figura 4.** Superficie del acero 1020 después de expuesto al fluido sintético a 45°C. (50X)

En la figura 5 se observa el ruido de corriente del electrodo de trabajo en el fluido sintético a la temperatura de 60°C, en el registro se puede observar una alta actividad de corrosión por picado, la cual se inicia aproximadamente a los 7 minutos de sumergido los electrodos, comparadas con las señales de ruido de corriente a las temperaturas de 30°C y 45°C, los picos de corriente son más significativos, siendo más altos y más frecuentes, lo que indica que las picaduras son de mayor tamaño, e igualmente en mayor cantidad. Esto se confirma con lo observado en el microscopio; en la figura 6 se observa el picado del acero AISI 1020 expuesto al fluido sintético a la temperatura de 60°C.



**Figura 5.** Registro de ruido de corriente de un acero AISI 1020 en un fluido sintético a 60°C.



**Figura 6.** Superficie del acero 1020 después de expuesto al fluido sintético a 60°C. (50X)

## CONCLUSIONES

Se estudió el efecto de la temperatura sobre la susceptibilidad al picado del acero al carbono AISI 1020 en el fluido de pozo sintético saturado con  $\text{CO}_2$ , mostrando, que a temperaturas de 30°C durante un tiempo de exposición de 2 horas, no se observó ningún indicio de picado, mientras que a temperaturas de 45°C las primeras picaduras se registraron a 15 minutos de sumergidos los electrodos. A la temperatura de 60°C, la actividad del picado se inició aproximadamente a los 7 minutos de sumergidas las muestras de acero al carbono, siendo ésta mucho más severa que a la temperatura de 45°C.

La técnica de ruido electroquímica es muy promisoría para investigar el inicio del picado en un material de acero al carbono para tubería, debido

a que permite determinar el inicio del picado y su desarrollo estable o meta-estable, el cual predecirá si el material será sensible a una corrosión localizada.

## REFERENCIAS

1. U. Bertocci. J. Electrochem. Soc. 128. 1981. pp. 520.
2. U. Bertocci. J. L. Mullen. Y. X. Ye. *Electrochemical Noise Measurement for the Study of Localized Corrosion and Passivity Breakdown*. Passivity of Metals and Semiconductors. Ed. M. Froment. Amsterdam, The Netherlands. Elsevier Science. 1983. pp. 229.
3. K. Hladky, J. L. Dawson. Corrosion Science 21. 1981. pp. 317.
4. K. Hladky, J. L. Dawson. Corrosion Science 22. 1982. pp. 231.
5. A. Legat, V. Dolecek. Corrosion Science 142. 1995. 1851.
6. T. J. Malo; J. Uruchurtu. *II Encuentro de Corrosión Electroquímica. Cuernavaca*. 1992.
7. S. Manoharan, S. Muralidharan, G. Venkatachari, K. Balakrishnan. Bull. Electrochem. 6. 1990. pp. 4.
8. C. Morticelli, G. B. Brunoro, A. Frignani, G. Trabanelli. J. Electrochem. Soc. 139. 1992. pp. 706.
9. K. Nachstedt, K. E. Heusler. Electrochim. Acta 33. 1988. pp. 311.
10. A. M. P. Simoes, M. G. S. Ferreira. Brit. Corrosion Journal. 22-1. 1987. pp. 21.
11. J. C. Uruchurtu, J. L. Dawson. Corrosion 43. 1987. pp. 19.
12. J. Uruchurtu, J. L. Dawson. Material Science. Forum 8. 1986. pp. 113.
13. H. Xiao, F. Mansfeld. J. Electrochem. Soc. 141. 1994. pp. 2, 332.
14. I. A. A. Zanki, J. S. Gill, J. L. Dawson, Mater. Sc. Forum 8. 1986. pp. 463.

---

Recepción: 13/NOV/2007 - Aceptación: 18/DIC/2007