

The Materials Research Society (MRS)

XI NACE Central Mexico Section

International Congress

XXI International Materials Research Congress 2012

Cancún, México

Daniel Pérez Banda

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.
Facultad de Ingeniería Mec.y Eléctrica, FIME
Centro de Investigación e Innovación en
Ingeniería Aeronáutica, CIIIA. Carretera a
Salinas Victoria Km. 23. Apocada. Nuevo
León. México
E-mail: banda_hhh@hotmail.com

Facundo Almeraya Calderón

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.
Facultad de Ingeniería Mec. y Eléctrica, FIME
Centro de Investigación e Innovación en
Ingeniería Aeronáutica, CIIIA. Carretera a
Salinas Victoria Km. 23. Apocada. Nuevo
León. México
E-mail: facundo.almerayac@uanl.mx

Centro de Inv. en Mat. Avanzados, S.C
Miguel de Cervantes # 120, Complejo Ind.
Chihuahua. Chihuahua, Chih., México
Facundo.almeraya@cimav.edu.mx

María del R. Lara Banda

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.
Facultad de Ingeniería Mec. y Eléctrica, FIME
Centro de Investigación e Innovación en
Ingeniería Aeronáutica, CIIIA. Carretera a
Salinas Victoria Km. 23. Apocada. Nuevo
León. México
E-mail: marialarabanda@yahoo.com.mx

Luis Leduc

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.
Facultad de Ingeniería Mec.y Eléctrica, FIME
Centro de Investigación e Innovación en
Ingeniería Aeronáutica, CIIIA.
Carretera a Salinas Victoria Km. 23. Apocada.
Nuevo León. México
E-mail: leducluis@gmail.com

Patricia del Carmen Zambrano Robledo

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.
Facultad de Ingeniería Mec. y Eléctrica, FIME
Centro de Investigación e Innovación en
Ingeniería Aeronáutica, CIIIA. Carretera a
Salinas Victoria Km. 23. Apocada. Nuevo
León. México
E-mail: patricia.zambranor@uanl.edu.mx

Citlalli Gaona Tiburcio

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.
Facultad de Ingeniería Mec. y Eléctrica, FIME
Centro de Investigación e Innovación en
Ingeniería Aeronáutica, CIIIA. Carretera a
Salinas Victoria Km. 23. Apocada. Nuevo
León. México
E-mail: citlalli.gaonat@uanl.mx

“PITTING CORROSION IN STEEL API 5L-X52 IN CHLORIDES”

ABSTRACT

In this work show the corrosion behavior of API-X52 pipeline steel which presented a failure by corrosion. Structural characterization was analyzed by Optical Microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM). The corrosion products were identified by means of EDAX. The corrosion rates were evaluated by Linear Polarization Resistance (LPR). In the corrosion tests used a 3-electrodes experimental arrangement. The electrolytes used were water, 3.5% sodium chloride and industrial product chlorides. Analysis by SEM, identified that there is a deterioration of pitting and the corrosive element that is causing this type of deterioration is chlorine, which was found in the products of corrosion at the interface metal/corrosion products.

Keywords: pitting, X52 steel, electrochemical techniques

RESUMEN

En este trabajo se muestra el comportamiento electroquímico de un acero para tubería API-X52 que previamente presentó falla por corrosión. La caracterización estructural se llevó a cabo con un microscopio óptico y un microscopio electrónico de barrido (MEB); el análisis de los productos de corrosión se realizó por análisis EDAX. Las velocidades de corrosión se obtuvieron empleando Resistencia a la Polarización Lineal (LPR). En los ensayos de corrosión se usó un sistema experimental de 3 electrodos. Los electrolitos fueron agua, cloruro de sodio al 3.5 % y un productos con cloruros. Con el análisis por MEB se identificó que sufrió un deterioro por picado y el elemento corrosivo causante de este deterioro fue el cloruro, el cual se encontró en la interfase metal / productos de corrosión.

INTRODUCCIÓN

Los metales tienen propiedades específicas, como resistencia, tenacidad y dureza, pero estas se ven afectadas cuando sufren un proceso de corrosión. Una de las formas más comunes y severas es corrosión por picaduras, y al incrementar la concentración de los iones agresivos como los iones cloruro Cl^- , también aumenta el ataque por picaduras ^[1,2]. Con esa forma de ataque las películas pasivas son susceptibles a sufrir un rompimiento localizado, que desencadena en una disolución acelerada del metal ^[3], principalmente en los sitios donde existen heterogeneidades, provocando la corrosión localizada ^[3,4]. En esta investigación el objetivo fue determinar la causa de la falla tubería de acero API 5L-X52 analizada, que presentó fallas por corrosión. Se empleó para ello análisis metalográfico, microscopía electrónica de barrido y pruebas de corrosión, y en general todo el análisis estuvo de acuerdo al estándar ASTM G 161 “Standard Guide for Corrosion-Related Failure Analysis” ^[5].

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Se revisó todo el cuerpo de la tubería para poder observar el deterioro por corrosión que presentaba, los productos de corrosión internos y algún otro rasgo en particular. Tras preparación metalográfica, la tubería se analizó por microscopía óptica para obtener la microestructura del acero y observar cambios microestructurales. Algunas muestras se observaron mediante el MEB, con la finalidad de identificar la morfología superficial y mediante análisis EDAX, identificar los elementos químicos presentes en la superficie interna, y observar los agentes corrosivos que generan las picaduras en el material.

Se determinó la velocidad de corrosión mediante técnicas electroquímicas. Para este estudio se empleó Resistencia a la Polarización Lineal, con un barrido de ± 20 mV a partir del E_{corr} , y a una velocidad de 10 mV/min, a temperatura ambiente y los tres medios previamente citados (Agua corriente, Cloruro de Sodio al 3.5 % y el producto de DSSP) en condiciones estáticas.

RESULTADOS

En el análisis visual de la tubería se pueden observar las picaduras, deterioro que sigue un patrón definido. En la figura 1 se puede ver que las picaduras siguen una tendencia longitudinal, y que la corrosión es de adentro hacia afuera de la pared, iniciando en la parte baja (zona Sur).

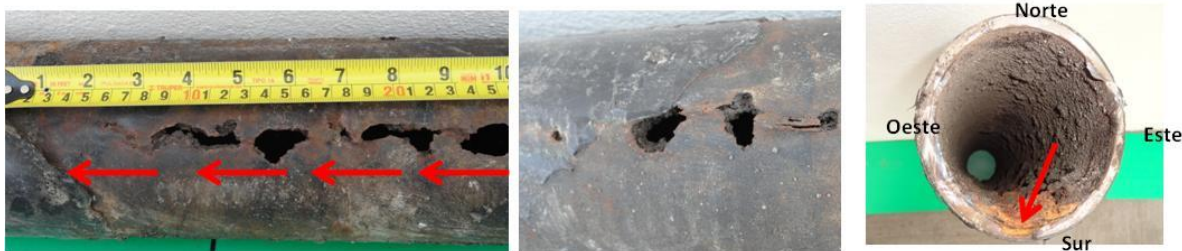


Figura 1. Zona de falla

En el análisis realizado con el microscopio estereoscópico, se observa como el agente corrosivo fue atacando del interior al exterior de la tubería y adelgazando al material, generando productos de corrosión que posteriormente se analizaron por Microscopia Electrónica de Barrido (figura 2).



Figura 2. Análisis por Microscopio Estereoscopio de las picaduras

En la figura 3, se presentan las microestructuras de la pieza en la falla y lejos de la falla. Se observa una estructura bandeada de granos de ferrita y perlita, y no se aprecia cambio microestructural alguno.

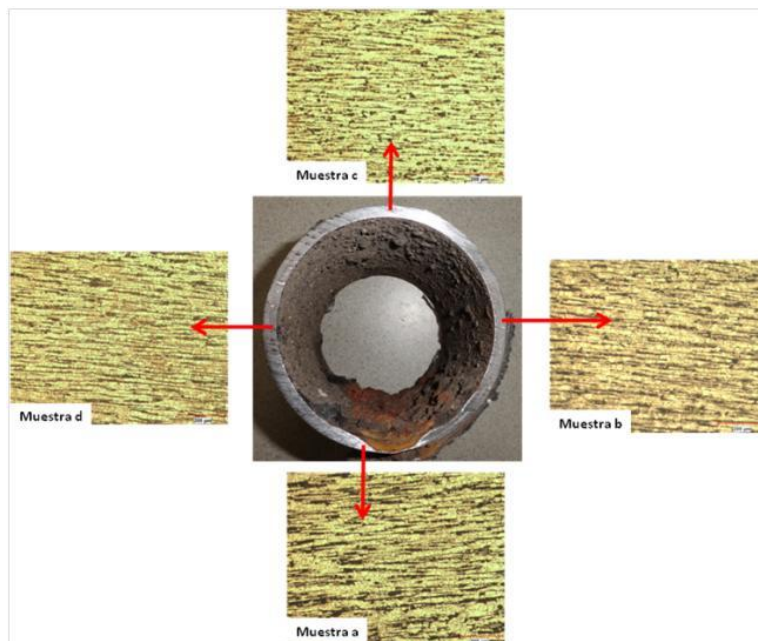


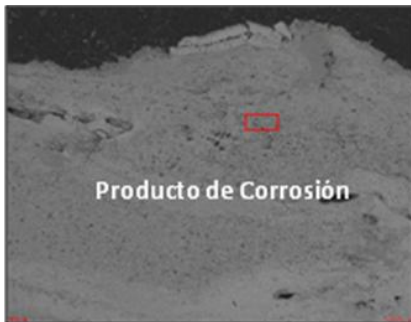
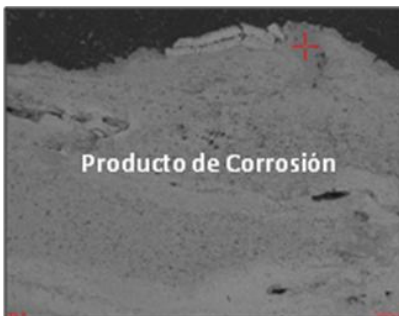
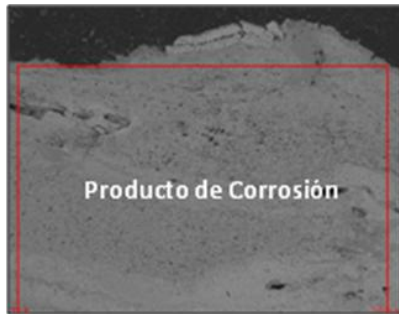
Figura 3. Microestructuras del Acero X52, 100X

Empleando el MEB se obtuvieron la morfología y los espectros de energía dispersiva de rayos X para identificar los elementos presentes en las zonas analizadas. Se analizaron dos muestras, una en el lado interior de la falla (sur), y otra lejos de la falla (lado interior, norte).

En la imagen4 se observa el resultado de la costra interna de productos de corrosión en diferentes puntos (marcados con rojo): a) elementos presentes: Oxígeno, Hierro, Manganeso, Calcio, Silicio, Aluminio y cloro. En b y c la cantidad de cloro es menor, pero en d (cerca de la interfase costra-metal) hay un incremento del cloro.

En la Figura 5 (a-f), se puede ver la distribución de elementos, donde en el inciso b) se identifica al Hierro, en el inciso e) al Cloro y en el f) se sobreponen Hierro y Cloro. El cloro fue difundiendo y generando la corrosión por picaduras.

Morfología MEB



EDAX

Análisis Dispersivo de Energía de Rayos X

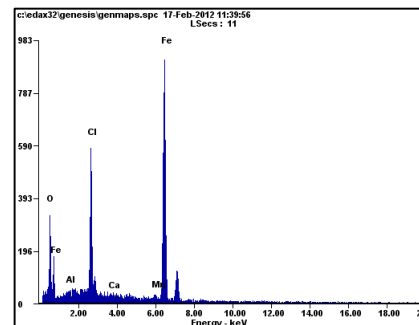
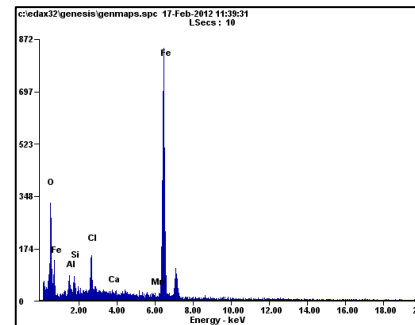
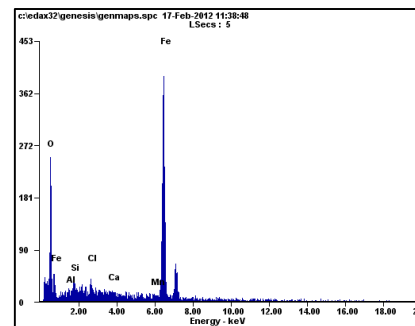
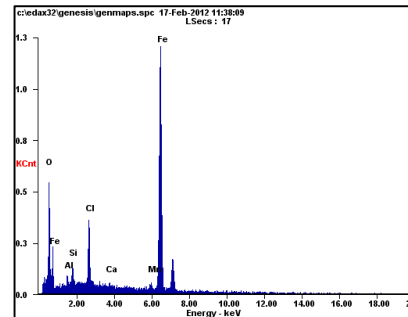


Figura 4. Fotomicrografía de la costra de óxido (30X) y espectros de rayos X

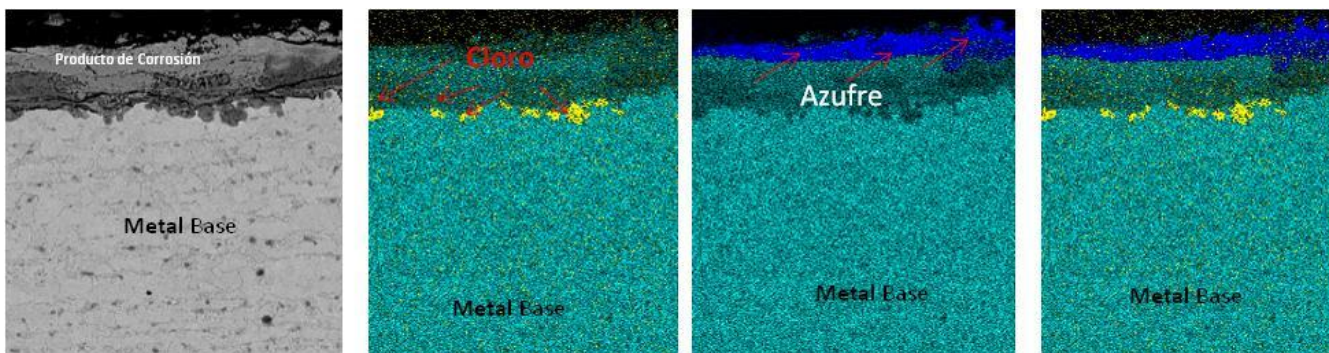
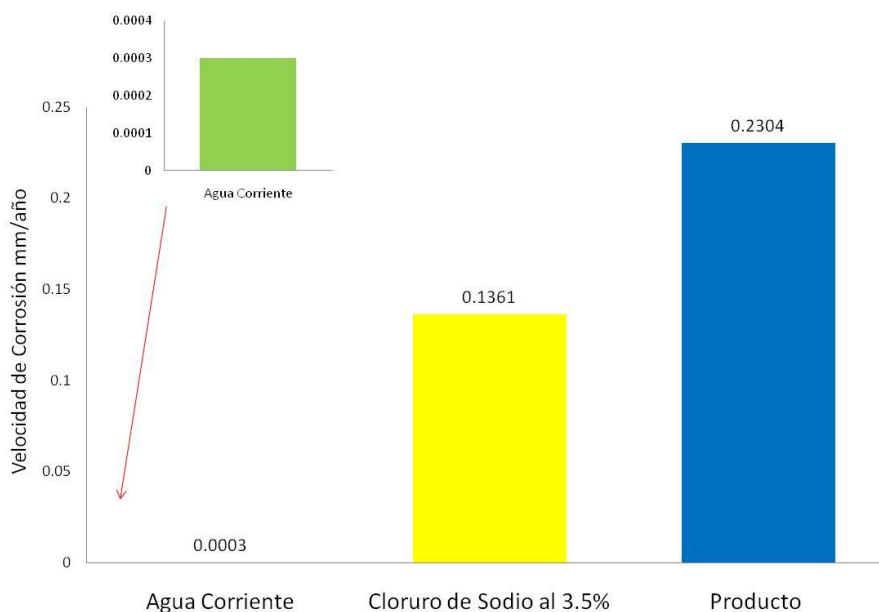


Figura 5. Mapeo de distribución de elementos por MEB

Los resultados de las pruebas electroquímicas se presentan en la tabla 1 y en la gráfica 1.

Tabla 1. Velocidad de corrosión

Solución	Potencial mV vs. ESC	Rp Ohm. cm ²	I _{corr} mA/cm ²	Velocidad de Corrosión, mm/año
Agua Corriente	-557	2220.6	0.000026	0.00030
Cloruro de Sodio al 3.5 %	-633	98656	0.01174	0.1361
Producto con cloro	-753	1312	0.0198	0.2304



Gráfica 1. Velocidad de Corrosión de las muestras analizadas

CONCLUSIONES

La tubería de Acero X52 analizada tiene una estructura bandeada de ferrita y perlita, y presentó un deterioro de corrosión por picaduras en la parte inferior, ocurriendo de adentro a hacia afuera.

Con el análisis por MEB, se pudo determinar que el elemento corrosivo causa del deterioro es el cloro, mismo que se encontró en los productos de corrosión y en la interfase metal-productos de corrosión.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de corrosión, la velocidad de corrosión del acero X52 en agua corriente es prácticamente despreciable, y en cambio en presencia de cloruros tiende a incrementarse y por ende a generar el mecanismo de corrosión por picaduras.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el apoyo a la UANL y al proyecto Promep /103.5/12/3385.(UANL-PTC-562).

REFERENCIAS

1. *P. Marcus and I. Olefjord, Corros. Sci., 28, (1988): p. 589.*
2. *Omar A. Hazzazi, Ayman M. Zaky, Mohammed A. Amin and Sayed S. Abd El Rehim, Int. J. Electrochem. Sci., 3 (2008): p. 489-508.*
3. *K. Darowicki, A. Mirakowski, S. Krakowiak, Corrosion Science, 45, (2003): p. 1747-1756.*
4. *Z. Szklarska-Smialowska., Pitting Corrosion of Metals, p. 1, National Association of Corrosion Engineers, Houston, Texas, (1986).*
5. *ASTM G 161 "Standard Guide for Corrosion-Related Failure Analysis".*