

CORROSIÓN EN UNA TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS

Corrosion in a carbon steel pipe, for hydrocarbons conduction

Roberto Alejandro Aguilar Rivas

Dr. Sc. en Metalurgia
raarivas@hotmail.com

Enrique Humberto Soria Lemus

Ing. Mecánico experto en E. N. D.
enrique@sie.com.gt

Recibido: 17 de agosto de 2020 | Revisado: 20 de mayo de 2021 | Aceptado: 7 de junio de 2021.

RESUMEN

Con aplicación de Ensayos No Destructivos (END), se investigan las causas de falla, en una tubería de acero al carbono para transporte de hidrocarburos, enterrada con protección catódica, durante aproximadamente 60 años de servicio.

Se inspecciona la parte exterior de la sección de tubería, la cual se encuentra en condiciones normales de preservación. Posteriormente, se procede a la inspección interior del tubo, identificándose la degradación del mismo por medio de inspección visual y luego se realiza la medición de espesores por métodos mecánicos, en la parte adelgazada por corrosión; de la misma manera, se realiza la medición ultrasónica por arreglo de fases, tanto de los espesores en el área adelgazada por corrosión, como en las áreas circundantes aledañas a la misma.

Los resultados indican presencia avanzada, en forma combinada de corrosión uniforme y por picaduras (pitting), hasta llegar a la perforación en una sección de la tubería.

PALABRAS CLAVE

Corrosión, potencial electroquímico, medio ambiente, pares galvánicos, electrólisis.

SUMMARY

With application of Non-Destructive Testing (NDT), the causes of failure are investigated in a carbon steel pipe for transport of hydrocarbons, buried with cathodic protection, for approximately 60 years of service.

The outside of the pipe section is inspected, which is found under normal preservation conditions. Subsequently, the internal inspection of the tube is carried out, identifying the degradation of the tube by means of visual inspection and then the measurement of thicknesses by mechanical methods, in the thinned part by corrosion; similarly, ultrasonic measurement is performed by phase arrangement, both of the thicknesses in the corrosion-thinned area, and in the surrounding areas.

The results indicate advanced presence, in a combined form of uniform corrosion and pitting, until drilling into a section of the pipe.

KEYWORDS

Corrosion, electrochemical potential, environment, galvanic pairs, electrolysis.

INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se investigan las causas de falla de una sección de tubería de acero, empleada para la conducción de hidrocarburos, puesta en operación durante aproximadamente sesenta años.

Por medio de los métodos de ensayo visual y aplicación de ultrasonido, se evidencia presencia del ataque por corrosión, a través de sus características metalúrgicas. (normas API 574-2009 y API 571-2011).

La corrosión metálica consiste en una reacción electroquímica que produce un desgaste o deterioro de los materiales afectados, debido al medio al que se encuentren expuestos. La mayoría de los metales en contacto con el medio ambiente, forman un sistema termodinámicamente inestable tendiendo a retornar a su estado original en forma de óxidos. (Galvele y Duffó, 2007).

Los tipos de corrosión identificados pueden tipificarse como corrosión química y electroquímica, presentes en forma de corrosión uniforme y por picaduras. (Masamichi, 1990).

Lo anterior se aprecia en las fotografías de las figuras 3 a la 6.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

La presente investigación se desarrolla dentro del concepto de la investigación aplicada, con enfoque cualitativo y alcance de tipo descriptivo. Se pretende plantear una metodología de investigación que pueda servir de modelo en la identificación de fallas por el efecto de la corrosión y sus consecuencias

Para la identificación del tipo de falla, debido a que no se cuenta con las especificaciones técnicas de la tubería, se procede a realizar mediciones de las dimensiones de la misma y ensayo a la chispa; luego, se realiza inspección visual en la sección de la tubería que se analiza. Posteriormente, se procede a la medición del tamaño de las socavaciones internas de la tubería con empleo de equipo manual.

Se aplica la técnica de ultrasonido por arreglo de fases (PAUT por sus siglas en inglés), mediante la cual se determina el espesor de varias secciones de la tubería para medir el desgaste de la chapa.

Finalmente, se identifica la falla caracterizándose los tipos de corrosión presentes por interpretación de su morfología. (Aguilar, 2019).

El equipo de ultrasonido con arreglo de fases es el que se identifica en la figura 1.



Figura 1. Equipo de ultrasonido por arreglo de fases.

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS OBTENIDOS

El análisis se realiza sobre una sección de la tubería de 14 pulgadas de diámetro (350 mm), por aproximadamente 1.5 metros de longitud, la cual presenta la falla.

Los siguientes datos corresponden a los resultados de las características físicas básicas de la tubería, a la calidad del acero por ensayo a la chispa y a la medición de espesores por medio de PAUT:

Diámetro: 14 pulgadas (350 mm) NPS.

Calidad de la chapa por ensayo a la chispa: acero al bajo carbono.

Los espesores correspondientes a las mediciones en cinco sectores de la chapa y fuera del área de la falla, son los siguientes:

Espesor mínimo medido: 5.35 mm.

Espesor máximo medido: 6.51 mm.

Espesor promedio calculado: 5.97 mm

En la figura 2, se muestra el resultado de una de las mediciones de espesor realizadas por ultrasonido con arreglo de fases.

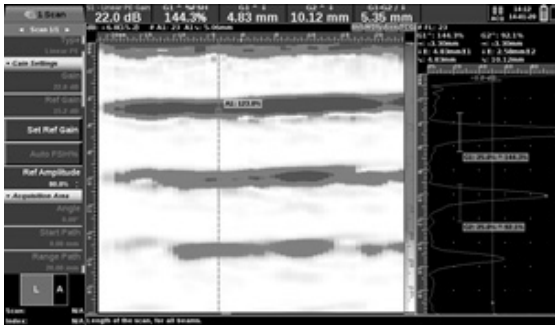


Figura 2. Gráfica de mediciones por ultrasonido.
Fuente: elaboración propia.

Las figuras 3 a la 6, muestran las características físicas de las degradaciones o deterioro del acero en la parte interior.

En la figura 3, se aprecia claramente la morfología de las picaduras, algunas de las cuales han crecido en forma de cráteres, como resultado de la degradación del material.

En la figura 4, se identifica la falla por perforación de la chapa.

La figura 5, muestra la concentración de los efectos de la corrosión en la zona de unión de la soldadura longitudinal por resistencia y su inmediata vecindad o zona afectada por el calor (ZAC, o HAZ por sus siglas en inglés), identificándose claramente la presencia de corrosión generalizada o uniforme y corrosión por picaduras.

La figura 6, muestra la presencia de la corrosión generalizada o uniforme en el resto de la tubería.

Como se indica anteriormente, los resultados de las mediciones de espesores de distintos sectores se obtienen con la aplicación del equipo de ultrasonido con arreglo de fases.

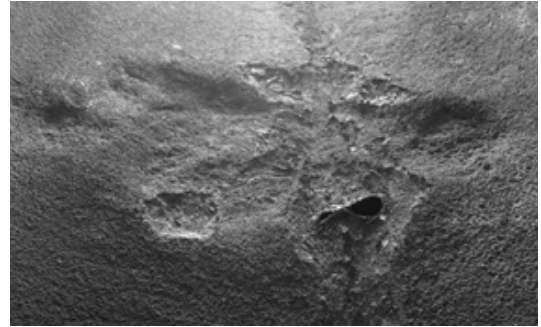


Figura 3. Zona de Falla.
Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Perforación.
Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Corrosión en la unión por soldadura.
Fuente: elaboración propia.

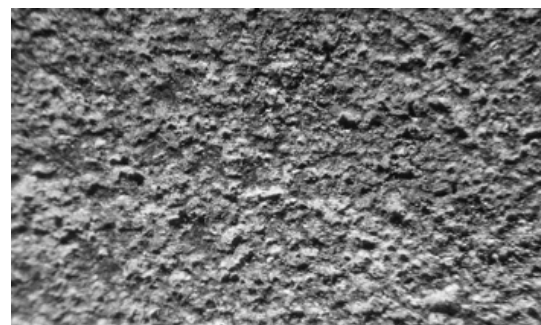


Figura 6. Corrosión generalizada en el interior de toda la tubería.
Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos, se considera que el espesor original corresponde a un tubo posiblemente de Cédula (SCH) 20 o Cédula (SCH) 30; esto no se especifica con seguridad debido a que no se tiene historial original de dicha tubería.

Los resultados de la identificación de la falla corresponden a inspección visual, ya que no se considera necesaria la aplicación de otros ensayos no destructivos debido a la evidencia de la misma. Para la comprobación del desgaste en general se realiza la medición de espesores con ultrasonido por arreglo de fases, necesaria en estos casos de falla.

La corrosión generalizada o uniforme en los aceros muestra la tendencia de este fenómeno a expandirse superficialmente, afectando la totalidad de las superficies expuestas, tal como puede apreciarse en las fotografías de las figuras.

De igual manera, se aprecia la proliferación de pequeñas picaduras con tendencia al crecimiento.

Los ácidos y la mayoría de los compuestos químicos como los hidrocarburos en general atacan directamente a los metales, produciéndose la corrosión química como en el caso analizado.

Por otro lado, la corrosión galvánica puede inducirse por la diferencia de las fases componentes de la microestructura del acero, en este caso, ferrita y perlita, o por separado ferrita y cementita o carburo de hierro, induciendo la corrosión por picaduras. Esto último, también puede producirse en los límites de la soldadura en donde se ven afectadas las fases metalográficas presentes, o debido a la sensibilización, en el caso de los aceros inoxidable (Soria y Aguilar, 2013).

Debe tenerse en cuenta que para que el fenómeno suceda debe existir un medio corrosivo, tal como los hidrocarburos, como se evidencia en el presente caso.

Existen varios métodos de prevención y disminución de los efectos de la corrosión que afecta a los

sistemas metálicos en general, y que se encuentran expuestos al efecto del medio ambiente, o a medios propicios para la inducción del fenómeno. Algunos de estos métodos se citan a continuación:

- a) Uso de pinturas especiales, como pinturas impermeables en depósitos o tuberías de conducción de fluidos en las cercanías de ambientes salinos. En estos casos se hace necesaria la aplicación de sistemas de mantenimiento continuo y renovación de las pinturas o recubrimientos en las zonas de deterioro; sin embargo, dicho recubrimiento puede realizarse solamente en la parte externa de la tubería, dado que en diámetros menores como el analizado no se puede aplicar un recubrimiento de pintura protectora, debido a que es poco práctica su aplicación.
- b) Empleo de recubrimientos metálicos por medio de procesos como galvanización por inmersión en caliente o electrólisis, con metales de diferente potencial electroquímico.
- c) Evitar el contacto directo de tuberías y depósitos de fluidos con el suelo húmedo, ya que este actúa como electrolito, al entrar en contacto con los materiales metálicos que forman pares galvánicos. Se recomienda el uso de alzas aisladas.
- d) Evitar el efecto de la sensibilización durante los procesos de soldadura de aceros inoxidable austeníticos, lo cual debilita la resistencia a la corrosión por ataque intergranular.
- e) Empleo de protección catódica, especialmente en el caso de tuberías y de navíos; sin embargo, la protección catódica en tuberías enterradas solamente ayuda a proteger la cara externa de la tubería, mas no la parte interna de la misma.

CONCLUSIONES

1. Como puede constatarse por medio de los análisis de la falla expuestos, la misma se presenta debido a los efectos del fenómeno de la corrosión metálica iniciada por ataque químico y for-

mación de pares galvánicos, lo cual provoca la perforación identificada en la figura 4.

2. Los tipos de corrosión presentes, en función de su morfología, se identifican como corrosión por picaduras y corrosión generalizada. Esto, debido al material afecto, al medio de trabajo y al tipo de interacción entre ambos.
3. En el presente caso, los resultados que se obtienen por medio de la inspección visual, para definir los tipos de corrosión, y la medición de espesores por medio de ultrasonido, son suficientes para identificar las características de la falla.

RECOMENDACIONES

1. A los responsables del proyecto de Investigaciones Metalúrgicas de la FIUSAC:
Continuar con las investigaciones del fenómeno de la corrosión, basándose en casos reales.
2. A los sectores afectados por el fenómeno:
Hacer uso de los métodos propuestos para la prevención del fenómeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Rivas, R. A. (2019). *Fundamentos básicos de corrosión y aceros inoxidable*. Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, FIUSAC. Guatemala.
- API. Recommended Practice 574 (2009). *Inspection Practices for Piping System Components*.
- API. Recommended Practice 571 (2011). *Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry*.
- Galvele, J. R. y Duffó, G. S. (2007). *Degradación de materiales—Corrosión*. Instituto Sábató, UNSAM—CNEA. Argentina.
- Masamichi, K. (1990). *Metal Corrosion Damage and Protection Technology*. Allerton Press, Inc. New York, U.S.A.
- Soria Lemus, E. H. y Aguilar Rivas, R. A. (2013). *Corrosión por Picaduras en tuberías soldadas de acero inoxidable*. Causas y soluciones. EIM-FIUSAC. Guatemala.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniero Mecánico, Roberto Alejandro Aguilar Rivas. Facultad de Ingeniería, USAC. 1971.
Doctor en Ciencias. Estudios de postgrado en Metalurgia de la Transformación, a nivel de Maestría, Doctorado y Postdoctorado en la CNEA, Argentina. 1973-1977.

Afiliación laboral: Investigador, Escuela de Ingeniería Mecánica. FIUSAC. Guatemala.

Ingeniero Mecánico, Enrique Humberto Soria Lemus. Facultad de Ingeniería, USAC. 2004.
Experto en Ensayos No Destructivos (END). Certificado de la AWS y API 653. Director, SIE Ltda. -Ensayos No Destructivos -

Afiliación laboral: Investigador Asociado, Escuela de Ingeniería Mecánica. FIUSAC. Guatemala.