

## LA QUÍMICA Y LA INGENIERÍA QUÍMICA EN LA LUCHA CONTRA LA CORROSIÓN DE TUBERÍAS METÁLICAS QUE CONDUCE GAS NATURAL

Raúl Pizarro C.

Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Centre Belge d'Etude de la Corrosion (CEBELCOR)

La Química y la Ingeniería Química intervienen directa o indirectamente en una de las mayores preocupaciones para los responsables de mantenimiento y seguridad en plantas de extracción, transporte y distribución de gas natural, que se puede derivar de las fugas de gas natural y/o pérdidas del mismo en los sistemas de almacenamiento que los contienen (tanques, tuberías, etc.). Estas fugas pueden provocar contaminaciones, paralización de la producción, y un sin número de problemas derivados de su toxicidad o potencial riesgo de incendio o explosión, cuyo costo económico de rehabilitación puede resultar muy significativo para los presupuestos generales de funcionamiento. Un problema serio lo representan las perforaciones por corrosión en las estructuras metálicas.

Los fenómenos de la corrosión se producen debido a que los materiales utilizados, especialmente los metales y aleaciones, son obtenidos a partir de minerales estables en las condiciones naturales. Al ser expuestos éstos a las condiciones atmosféricas, una vez extraídos, tienden a estabilizarse química y energéticamente. Este paso espontáneo de los metales a su estado natural combinado es lo que denominamos corrosión. Es éste, por tanto, un fenómeno inevitable a mediano o largo plazo si no se consideran las medidas preventivas adecuadas.

Como medida preventiva la protección catódica de estructuras enterradas, básicamente de tuberías, es un caso especial, ya que el suelo es un medio heterogéneo donde

varía mucho la velocidad de corrosión. De un suelo natural se puede separar, fundamentalmente, arena, arcilla, cal y humus. Estos componentes pueden estar mezclados en el suelo en diferentes proporciones, lo que dará lugar a distintos grados de agresividad y, por tanto, a valores distintos de la densidad de corriente para lograr la protección. Si el oxígeno atmosférico no puede penetrar con facilidad en el suelo, lo que con frecuencia es el caso en suelos arcillosos o turbosos, pueden existir microorganismos como las bacterias. Estos microorganismos que se desarrollan en ausencia completa de oxígeno (condiciones anaerobias) como las *sulfato-reductora*, las originan graves problemas de corrosión al transformar los sulfatos presentes en el terreno, en sulfuros; los síntomas de este tipo de corrosión anaerobia son: un ennegrecimiento local del suelo por el sulfuro de hierro que se forma y a veces, un olor a ácido sulfhídrico, asimismo microorganismos que se desarrollan en presencia de oxígeno (condiciones aerobias) como las *pseudomonas* y otras que se desarrollan en presencia o ausencia de oxígeno (anaerobias facultativas) como las *vibrio*.

Si se evalúan la distribución de redes de tuberías y otras estructuras metálicas enterradas en las situaciones que nos ocupan, se observará muy fácilmente que existen innumerables factores que pueden acelerar los procesos de corrosión, y que no siempre se tienen en cuenta, tanto en el diseño como en la cuidadosa aplicación de estos elementos constructivos.



Figura N.º 1. Detalle de los trabajos para descubrir la tubería que conduce gas natural, luego de ubicado el defecto del revestimiento de la tubería que conduce gas. Cortecia del Centre Belge d'Etude de la Corrosion.

Si bien es cierto que en estos momentos existe la preocupación de proteger muy efectivamente cualquier estructura que vaya a estar bajo suelo, sea mediante la utilización de encintados anticorrosivos, pinturas anticorrosivas especiales, etc., lo que denominamos recubrimientos pasivos. Pero también es cierto que en cualquiera de estas estructuras han sufrido golpes y deterioros constructivos, o deterioros del revestimiento por actuaciones posteriores a la fabricación, etc. Muchas oportunidades, incluso, se han producido actuaciones de terceros que no pueden ser controlados. Todos estos defectos o fallas en los recubrimientos pasivos provocan que la superficie metálica de la estructura entre en contacto electrolítico con el suelo circundante, presentándose, en consecuencia, los requisitos y condiciones necesarios para que el proceso de corrosión se pueda desencadenar. Este proceso de corrosión en los metales es un proceso electroquímico, donde se suceden reacciones electroquímicas de oxidación y reducción, estableciéndose un intercambio de electrones, y consecuentemente el paso de una corriente eléctrica de componente continua entre un ánodo y un cátodo, a través de un medio conductor, como en una pila galvánica.

En situaciones de distribución de redes de tuberías complejas los problemas de corrosión natural se ven favorecidos por diversas situaciones, entre las que cabe señalar:

- a) Aireación diferencial entre distintas partes de las estructuras metálicas enterradas por utilización de materiales de rellenos no uniformemente distribuidos.
- b) Diferencias de pH del suelo circundante de las tuberías sean naturales, o material de relleno por percolación de productos ácidos o alcalinos vertidos.
- c) Presencia de microorganismos en los suelos en torno de la tubería.
- d) Presencia de corrientes vagabundas a partir de puestas a tierra de equipos de alta o baja tensión, grandes equipos, líneas eléctricas de ferrocarril próximas, etc;
- e) Existencia de pares galvánicos entre los cables desnudos de cobre en contacto con otras estructuras metálicas más activas, hay que considerar que el cobre en contacto con el acero, el acero siempre se comporta anódicamente.

Por todo lo expresado, no es infrecuente tener problemas de corrosión, y éstos siempre se producen en los peores momentos (fechas u horas inoportunas) y en los lugares de más difícil acceso para su reparación, representando siempre un verdadero problema de urgente solución, más aún considerando que el gas natural proveniente de Camisea Cuzco tiene que atravesar la cordillera de los andes para llegar a la ciudad de Pisco, Ica.

### ¿QUÉ HACER FRENTE A LO PREDECIBLE POR LA ELECTROQUÍMICA?

Esta pregunta puede considerarse en dos aspectos: uno referente a las redes de tuberías que conducen gas natural ya existente y que por tanto no es posible su modificación, y a las redes de tuberías en proyecto o en construcción. Para responder al primer aspecto deberían implementarse sistemas de control del estado del revestimiento mediante técnicas externas de inspección que nos

permitan determinar con la mayor precisión posible la ubicación, en las que el fenómeno de la corrosión sea factible. En esta instancia debe buscarse en aquellos lugares en los que existe contacto entre metal y terreno circundante, para lo que se han desarrollado diversas técnicas de inspección externa que dan fácil solución a esta situación. Si se quiere contestar bajo las condiciones del segundo aspecto, se deberá cuidar especialmente en la fase de diseño la utilización de materiales y revestimientos adecuados, su control efectivo, diseñar sistemas de puesta a tierra que eviten los pares galvánicos para el acero, etc.

En ambos casos, pueden implementarse como complemento a la protección pasiva de las estructuras metálicas técnicas de soporte de lucha contra la corrosión como la Protección Catódica, sea mediante sistemas galvánicos con utilización de ánodos de sacrificio de naturaleza adecuada al medio al que deben instalarse, o sea mediante la utilización de sistemas de corriente impresa cuyo control efectivo siempre es más sencillo. En este caso se fuerza la circulación de una corriente de componente continua a través del terreno a partir de un transformador-rectificador convirtiendo la estructura a proteger en catódica frente a los ánodos de inyección de corriente, cuya naturaleza debe seleccionarse para dar respuesta efectiva para vidas superiores a los 20 años de servicio continuo.

En todo caso, un asesoramiento profesional puede prever muchas de las dificultades existentes y evitar posibles dificultades de corrosión en el futuro. No debemos olvidar que una pequeña perforación por corrosión puede provocar una gran incidencia, incluso con repercusión social, y no hay peor propaganda para una industria moderna y competitiva que un incidente que puede ser fácilmente evitable.

#### **ALGUNOS PROBLEMAS EN LA ESTRUCTURA METÁLICA LUEGO DE LA APLICACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA**

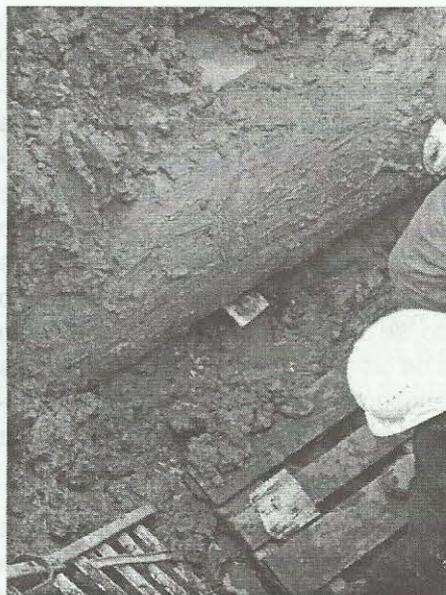
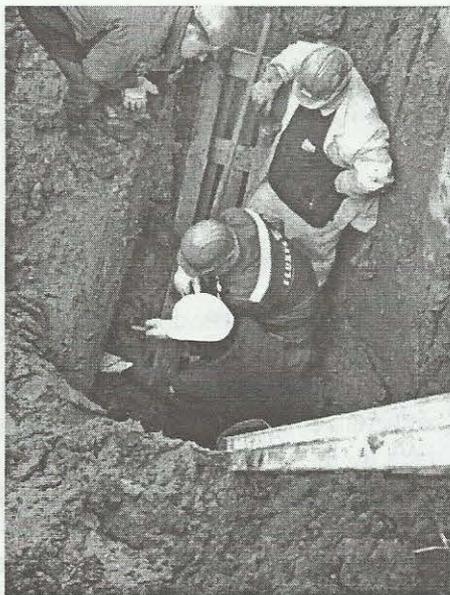
Uno de los grandes problemas que se tiene cuando se realizan sistemas de protección

catódica es la medida del potencial verdadero, el control de la protección catódica por la medida del potencial de electrodo por medio de electrodos de referencia colocados en la superficie del suelo o enterrado en el suelo esta generalmente afectados de un error de caída ohmica. Este error a veces conduce a perforaciones imprevistas.

Entre diferentes métodos de evaluación del potencial «verdadero», la utilización de sondas instrumentadas enterradas cerca de la estructura enterrada, conectada a ella y equipada de un sistema de corte, constituye una buena aproximación en la búsqueda del potencial verdadero. Este método está bien adaptado a casos de interacción de corrientes vagabundas en suelos heterogéneos.

El Centro Belga de Estudios de la Corrosión (CEBELCOR) en su Reporte Técnico R.T. 295, 1988, presenta los ejemplos numerados de interés de este método, a partir de ensayos de laboratorio y de medidas hechas sobre las tuberías recubiertas de diferentes recubrimientos y en diferentes suelos.

La química y electroquímica de las condiciones bajo el recubrimiento con protección catódica, los revestimientos orgánicos y la protección catódica son largamente utilizados para la protección de tuberías enterradas o sumergidas. Desde más de 50 años, centenares de millares de kilómetros de tuberías, de los cuales una mayoría de más de 25 años de uso se comporta de manera plenamente satisfactoria. Sin embargo subsiste algunos problemas, CEBELCOR presentó en el EUROCORR 2004, la presentación se sujetó a la corrosión que pueda producirse por fallos del revestimiento; las medidas de potencial de rutina no da cuenta de las condiciones precisas que existen sobre algunos defectos de algunos revestimientos. Por ejemplo, puede haber ausencia de protección catódica debajo del revestimiento aislante poco adherido, y esta ausencia puede pasar inadvertido, y si las condiciones del suelo son adecuadas y existe presencia de  $\text{CO}_2$ , se desencadena el fenómeno de corrosión.



**Figura N.º 2.** Detalle de una perforación por corrosión en una tubería enterrada de acero inoxidable de baja aleación motivada por una pila de corrosión debida a la presencia de aireación diferencial y  $\text{CO}_2$  en el electrolito circundante de la tubería.  
Cortesía del Centre Belge d'Etude de la Corrosión.

En el curso del trabajo, se ha medido el potencial y los pH sobre el terreno, bajo diferentes tipos de defectos y diferentes revestimientos. Estas medidas fueron correlacionados a la ausencia o a la presencia de corrosión y de productos de corrosión. Este programa de medidas sobre el terreno combinado a los estudios en laboratorio han aportado un con sin número de datos que acrecientan la comprensión de la información sobre este problema.

Con la llegada del gas natural proveniente de Camisea Cuzco a la ciudad de Lima, la labor de investigadores químicos o ingenieros químicos sobre los problemas, fenómenos y mecanismos de la corrosión para proteger a las estructuras metálicas y equipos utilizados en las etapas de extracción, transporte y distribución de gas natural, son importantes y determinantes para la prevención de los problemas de corrosión y protección de las tuberías que conducen gas natural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. L. Van Hemelrijck, A. Pourbaix, J. Kissel et Ph. Carpentiers, «La mesure du potentiel «Vrai». En *Protection cathodique*. CEBELCOR, RT. 295, Bruselas, Bélgica, 1988.
2. Ph. Carpentiers, A. Pourbaix, R. Gregoor. «Chemical and electrochemical conditions underneath coatings with cathodic protection». Conf. on «Cathodic protection and associated coatings», Aix-en-Provence, (CEFRACOR, EFC event), Francia, June 6-7, 2002.
3. Ph. Carpentiers, A. Pourbaix, R. Gregoor. «Corrosion under disbonded coatings of cathodically protected pipelines». Nice, 13-15 septiembre, EUROCORR, Francia, June 6-7, 2002.
4. European Federation of Corrosion Publication. Number 29, Microbial Corrosion «Proceedings of the 4<sup>th</sup> International EFC Workshop», Portugal, 1999.