

## Estudio de la Protección Catódica en un Cruce Aéreo Study of Cathodic Protection in an Air Crossing

M. Lobato-Castañeda<sup>a</sup>, D. Sánchez-Campos<sup>b,1</sup>, C. Ramos-López<sup>a</sup>, E. Salinas-Rodríguez<sup>b</sup>, M. I. Reyes-Valderrama<sup>b</sup>,  
V. Rodríguez-Lugo<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> *Procesos y Operaciones Industriales, Universidad Tecnológica de Huejotzingo, 74169, Puebla, Pue. México*

<sup>b</sup> *Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Hidalgo, México*

### Resumen

En este trabajo se presenta el diagnóstico de protección catódica en un cruce aéreo que se encuentra en contacto eléctrico con un derecho de vía DDV de 5 ductos, que transportan hidrocarburos. Para ello, se considera un análisis del nivel de corrosión en el ducto principal, efectuando una inspección de protección catódica, monitoreando el potencial eléctrico a lo largo del cruce aéreo y en puntos estratégicos de los ductos cruzados, con el fin de identificar los sitios donde se encuentra el vínculo eléctrico. Por otra parte, se midió el potencial ON (abierto) en los postes; las mediciones de potencial muestran que los ductos del DDV, se mantienen por arriba de los -0.85 volts (como lo marca la norma NRF-047 PEMEX 2007). Sin embargo, en algunas mochetas, se refleja un ciclo de corte ON-OFF proveniente de los sistemas de protección catódica cercanos. Adicionalmente, el monitoreo catódico en los ductos, permite identificar la necesidad de revisión del sistema de protección catódica.

### Palabras Clave:

Protección catódica, ductos, mochetas, contacto, corrosión.

### Abstract

In this work is presented an analysis of the corrosion level in the main pipeline, during the cathodic protection inspection, the electrical potential is monitored along the air crossing and at strategic points of the crossed pipelines, in order to identify the sites where the electrical link is located. Additionally, the potential ON was measured in the posts, which are located at the point closest to the right of way; the potential measurements show that the DDV ducts are maintained above -0.85 volts belonging to the B-1, B-2, B-3, B-4 and B-5 pipelines. However, an ON-OFF cutting cycle from nearby cathodic protection systems is reflected in the pouches. However, the cathodic monitoring in the pipeline A and the pipeline B, allow to identify that in some points, the potentials of the pipeline A and the pipelines B-2, B-3 respectively, which present potentials comparable with an ON-OFF cycle, which indicates an electrical contact with cathodic protection

### Keywords:

Cathodic protection, ducts, mochets, contact, corrosion.

### 1. Introducción

Actualmente, diversos sectores en la industria han presentado un incremento en pérdidas monetarias debido a problemas de corrosión. Este fenómeno, es posible explicarlo como una

degradación en los materiales comenzando a escala microscópica (L. Bianchetti, 2001).

En el caso de los metales, al estar en contacto uno con otro (ánodo y cátodo) y presentando diferentes valores de

\*Autor para la correspondencia: [ventura.rl65@gmail.com](mailto:ventura.rl65@gmail.com)

Correo electrónico: [miguel.lobato@yahoo.com.mx](mailto:miguel.lobato@yahoo.com.mx) (M. Lobato-Castañeda), [audio.daniel@hotmail.com](mailto:audio.daniel@hotmail.com) (D. Sánchez-Campos), [miguel.lobato@yahoo.com.mx](mailto:miguel.lobato@yahoo.com.mx) (C. Ramos-López), [salinasr@uaeh.edu.mx](mailto:salinasr@uaeh.edu.mx) (E. Salinas-Rodríguez), [isareyv@hotmail.com](mailto:isareyv@hotmail.com) (M. I. Reyes-Valderrama), [ventura.rl65@gmail.com](mailto:ventura.rl65@gmail.com) (V. Rodríguez-Lugo)

electronegatividad, el de mayor valor se oxida (ánodo) generando un deterioro constante y evolutivo (Parker Marshall, 1999). Sin embargo, hoy en día existen diversas técnicas de protección para contrarrestar los efectos dañinos de la corrosión. Una de ellas es la protección catódica, la cual es una técnica que presenta la más alta eficiencia en protección de superficies metálicas que se encuentran en permanente contacto bajo la acción de algún líquido.

La protección catódica es una técnica de control aplicada para instalaciones de ductos de transporte petrolero, productos terminados, agua, entre otros líquidos (Norma NRF-030-PEMEX-2003, Norma NRF-026-PEMEX, 2001). En la práctica, se puede aplicar protección catódica en metales como acero, cobre, plomo, latón y aluminio estando en contacto con todos los ambientes posibles y medios acuosos con el objeto de controlar o eliminar el deterioro por corrosión (NACE, Cathodic protection, 2000). Una de sus principales aplicaciones es en el sector naval, para protección de barcos, lo cuales se encuentran en contacto directo con agua de mar, asimismo, instalaciones marinas. Por otra parte, es fundamental su uso en tuberías que se encuentran enterradas (Norma NACE Standard RP0169-2002).

La protección catódica es un medio preventivo que asegura la inmunidad del metal contra la corrosión exterior; realizando una reacción de óxido-reducción que origina corrosión. Para asegurar la protección catódica de un sistema, en este trabajo se basa en la norma (NRF-047 PEMEX 2007), la cual determina que el valor de cumplimiento referidos a una celda cobre-sulfato de cobre son de  $-0.85$  volts. En el caso de un aumento o disminución en los valores de potencial de un ducto significa la pérdida de voltaje a tierra y por ende el mal funcionamiento del sistema.

Como condición fundamental, un sistema de control de corrosión tiene un elemento catódico, un anódico, una ruta metálica los cuales deben mantenerse en contacto eléctrico e inmerso en un electrolito, sin embargo, las cercanías entre estructuras pueden influenciar en los potenciales, mediante cortos metálicos (SP0502,2008, Cotaing Inspecto Program, 2007).

Para el caso de un cruce aéreo los comportamientos de la protección catódica pueden variar derivado de la cercanía y contactos eléctricos en las estructuras que intervienen el sistema catódico desde el punto de vista del cumplimiento del criterio de los  $-0.85$  volts de la NRF-047 PEMEX 2007. Es por esto que resulta necesario un análisis donde se observe el comportamiento de la protección catódica en ambas estructuras determinando si hay afectación de potenciales de la estructura ajena y los sitios de contacto eléctrico entre las dos estructuras (Cathodic Protection nivel 2 y 3).

## 2. Metodología

Como parte principal en este tipo de estudios, es importante determinar los factores que intervienen en el sistema de protección catódica, para ello se ubicó el sistema de protección catódica más cercano por corriente impresa, en el cual se instaló un interruptor

de corriente midiéndose ciclos ON-OFF, con el objetivo de identificar los potenciales en cada sitio del cruce aéreo estructura A; de manera simultánea se midieron los potenciales en los puntos más cercanos al cruce aéreo en los ductos B-1, B-2, B-3, B-4 y B-5 para establecer un parámetro de potenciales referido a una celda cobre-sulfato de cobre.

El equipo empleado fue un multímetro digital FLUKE 170 para medir voltajes en corriente directa y una celda de referencia cobre-sulfato de cobre y un interruptor satelital marca cronos Mc.Miller para realizar los ciclos ON-OFF.

## 3. Resultados experimentales

Los postes de medición más cercanos al cruce aéreo se encuentran a 300 metros encontrándose los ductos B-1, B-2, B-3, B-4 y B-5. El ducto A cruza de manera perpendicular al derecho de vía de 5 ductos, este ducto se encuentra soportado por unos pilotes de acero los cuales tienen mochetas de descanso con neopreno para evitar el contacto metálico como se ilustra en la Figura 1.

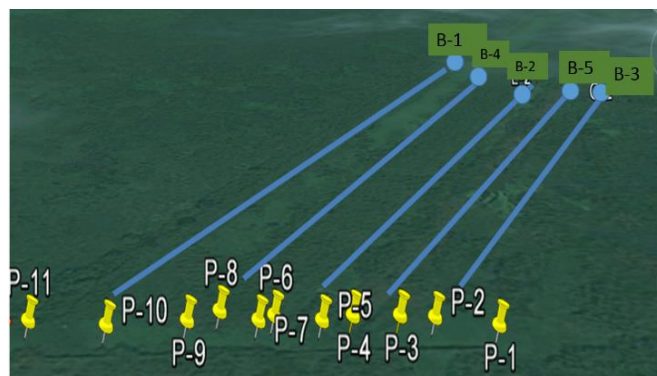


Figura 1. Ubicación del cruce aéreo

El ducto A se encuentra soportado sobre mochetas y travesaños y durante la inspección de protección catódica se ubicaron las mochetas con el objetivo de monitorear el potencial eléctrico a lo largo del cruce aéreo. Algunas mochetas se encuentran aisladas con neopreno para evitar el contacto con el ducto A como se observa en la Figura 2. El monitoreo catódico identificó 11 mochetas entre las cuales se encontraron travesaños en los puntos P-4, P-10 y P-11, así mismo en el punto P-11 se ubica la interface del ducto A, la interface suelo-instalación superficial presenta como recubrimiento RAM-100\* con fibra de vidrio. El tipo de recubrimiento en el ducto A es diferente del P-1 al P-11, del P-1 al P-4 existe un recubrimiento primario de zinc 100% inorgánico autocurante RP-4, y del P-4 al P-11 alquitrán de hulla con lastre, con parches de RAM-100 en algunos sitios.

La inspección de protección catódica se midió el potencial ON (abierto) en los postes cercanos de los ductos B-1, B-2, B-3, B-4 y B-5, se mantuvo por arriba de los  $-0.85$  volts, observándose un comportamiento de potencial en la Figura 3.

\* RAM-100. Recubrimiento termofijo para protección anticorrosiva.



Figura 2. Ducto A

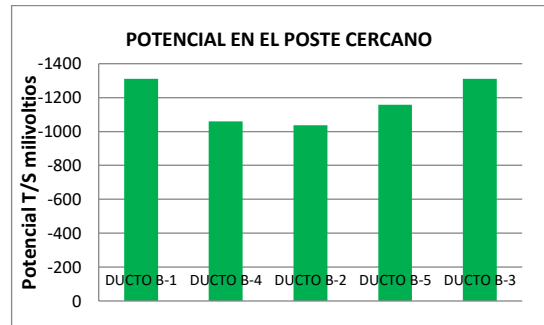


Figura 3. Potencial eléctrico ON en los ductos B-1, B-2, B-3, B-4 y B-5.

Se realizaron 11 mediciones en el cruce aéreo, de las cuales P10, P-9, P-8, P-7, P-6, P-5, P04, P-3, P-2 y P-1 corresponden a las mochetas mientras que el punto P-11 corresponde a la interfase tubo-suelo del ducto A. El análisis de potencial en las mochetas de los puntos P10, P-7 y P-1 refleja un ciclo de corte ON-OFF proveniente de los sistemas de protección catódica cercanos, como se muestra en la Figura 4, se observa el monitoreo catódico donde los potenciales ON en las mochetas del punto P-10 al P-4 se mantienen por debajo de -0.85 volts; lo que indica que no se hace contacto eléctrico con la estructura del ducto A, eso puede indicar que están en contacto eléctrico con el ducto A. Por otra parte, los potenciales en el ducto de A reflejan un ciclo ON y OFF en los puntos P-10, P-9, P-7, P-6, P-4, P-3 Y P-2, en tanto que los demás puntos no se registraron ciclos de corte ON y OFF.

La relación existente de los potenciales de los ductos B-1, B-2, B-3, B-4 y B-5, en el punto más cercano al cruce comparados con los del ducto A, guardan una similitud; sin embargo, el punto B-5 se ubica por debajo de los potenciales del ducto A. El potencial en

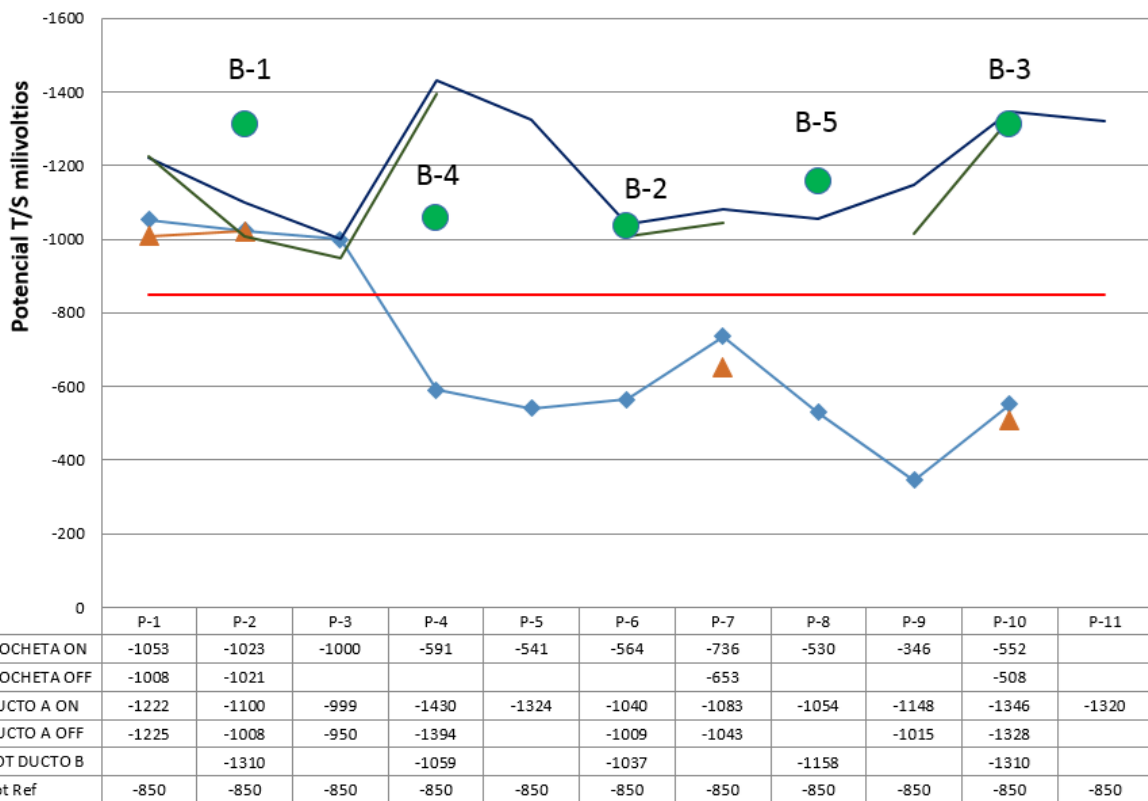


Figura 4. Monitoreo catódico en el ducto A y B.

el ducto B-3 se encuentra por arriba del potencial del ducto A con tendencia a incrementarse.

En la Figura 4 se observa el monitoreo catódico del ducto A y ductos B. En los puntos P-6 y P-10 los potenciales del ducto A y los ductos B-2, B-3 respectivamente, presentan potenciales equiparables con un ciclo ON- OFF, lo cual indica contacto eléctrico y con protección catódica que cumple el criterio de los -0.85 volts de la NRF-047-PEMEX-2007. Las mochetas en los puntos P-1, P-2 y P-3 mantienen contacto eléctrico con el ducto A dado el valor de -1.0 volts obtenidos, lo cual se debe al deterioro del neopreno, así como una falta de aislamiento.

#### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten determinar que el ducto A y los ductos B se encuentran conectados en los puntos P-6 y P-10, debido a los potenciales del ducto A y los ductos B-2, B-3, respectivamente. Estos ductos, presentan potenciales equiparables con un ciclo ON- OFF, lo cual indica contacto eléctrico y con protección catódica, cumpliendo el criterio de -0.85 volts aunado a la norma NRF-047-PEMEX-2007. Para las mochetas en los puntos P-1, P-2 y P-3 estas mantienen contacto eléctrico con el ducto A, ocasionado por el deterioro del neopreno, y una falta de aislamiento. Debido a lo anterior, se recomienda monitorear el potencial de los ductos, para observar el comportamiento del sistema de protección catódica, por tal motivo, se adicionó el cruce aéreo al sistema de protección catódica de los ductos B para evitar un problema de interferencias eléctricas.

#### Agradecimientos

Se agradece al CONACYT por el soporte del programa de Doctorado Tradicional en Ciencias de los Materiales de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, a través de la beca otorgada a Daniel Sánchez Campos.

#### Referencias

Bianchetti L., Peabody's Control of Pipeline Corrosion second edition Ronald. NACE International, 2001  
Cathodic Protection Nivel 1 NACE National Association of Corrosion Engineers. Houston, Texas. 2000.

Cathodic Protection Nivel 2 NACE National Association of Corrosion Engineers. Houston, Texas. 2006  
Cathodic Protection Nivel 3 NACE National Association of Corrosion Engineers. Houston, Texas. 2007.  
Coating Inspector Program (CIP) level 1 Course Manual NACE International, December 2007.  
Norma NRF-030-PEMEX-2003, "Diseño, Construcción, Inspección y Mantenimiento de Ductos Terrestres para Transporte y Recolección de Hidrocarburos", Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, 2003.  
Norma NRF-026-PEMEX-2001, "Protección con Recubrimientos Anticorrosivos para Tuberías enterradas o sumergidas", Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, 2001.  
Norma NACE Standard RP0169-2002, "Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems", National Association of Corrosion Engineers, 2002.  
Norma NRF-047-PEMEX-2007, "Diseño, Instalación y mantenimiento de los Sistemas de Protección Catódica", Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, 2007.  
Parker Marshall E, Edward Peattie G.. Pipe line corrosion and cathodic protection a practical manual for corrosion engineers, technicians, and field personnel. Gulf professional publishing an imprint of Butterworth-Heinemann Edition 3 1999. Houston Texas.  
SP0502-2008. Standard Practice Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology