APLICACIÓN DEL MFL-INTELIGENTE EN EL OLEODUCTO VARADERO-MATANZAS

Ing. Dianelys Rodríguez Rodríguez[1], Ing. Alain del Sol Oliva[2], M.Sc. Laureano Suárez Martínez[3]

1. UEB Compras y Comercialización. EPEP-Centro. Cárdenas, Matanzas, Cuba. Email: drrodriguez@epepc.cupet.cu

2. Empresa ferroviaria «José Valdés Reyes», Cárdenas, Matanzas.

3. Universidad de Matanzas – Departamento de Ingeniería Mecánica, Autopista a Varadero km 3½, Matanzas 44740, Cuba
Email: laureano.suarez@umcc.cu

CD de Monografías 2016
(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Resumen

Las corridas de rascadores, ha logrado aminorar la velocidad de corrosión por el interior del oleoducto Varadero-Matanzas, encargado de transportar el crudo que se recolecta en la estación de tratamiento de la EPEP- Centro; pero el método exige chequear el estado de la traza cada cierto período de tiempo para localizar puntos vulnerable y evitar averías, labor que puede ser ejecutada con el lanzamiento de herramientas avanzadas de recolección de datos para la inspección de interior de ductos (MFL). En el año 2009 en la empresa EPEP-Centro se efectuó el lanzamiento de una de estas herramientas, en una operación que no fue exitosa pues hubo que repetir la corrida en más de una ocasión pues no se realizó un adecuado programa de preparación de la línea. En este estudio se realiza la planificación y preparación de las herramientas para el mantenimiento interior del ducto, se ejecutan las corridas planificadas y se analizan los resultados obtenidos estableciendo un precedente para la continuación de estos mantenimientos en los períodos planificados así como su mejoramiento futuro, para garantizar la continuidad de la investigación inicial.

Palabras claves*: Racasdores; Oleoductos; Inspección; Análisis de datos; Matenimiento*

1 Introducción

En este capítulo se describen las características de las diferentes herramientas utilizadas en el rascado interior del ducto se elabora la propuesta de mantenimiento en la que se establece la configuración y plazos de tiempo entre corridas, que una vez establecidos son utilizados para realizar una corrida con el MFL con el objetivo de validar la utilidad del método propuesto.

2 Generalidades de las corridas con rascadores

Los diablos de limpieza o rascadores constituyen las principales herramientas para el control de la corrosión del ducto Varadero- Matanzas. A pesar de la utilización de los rascadores es necesario conocer las condiciones reales en que se encuentra el ducto para garantizar su integridad y localizar los tramos de la línea que presenten los mayores problemas. Esto solo es posible con la información que pueden brindar los diablos instrumentados. Estos diablos instrumentados o pigs inteligentes son dispositivos de inspección que se introducen en líneas de tuberías de distribución de hidrocarburos, son transportados por el mismo flujo del fluido y durante su viaje efectúan una inspección con técnicas no destructivas de la sanidad estructural del material de la tubería. Los diablos instrumentados deben ser capaces de discernir y almacenar la información adquirida durante el trayecto recorrido y una vez fuera del ducto, transferir tal información a la computadora y al software de análisis. La información adquirida está relacionada con la sanidad del

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

material así como con la posición y orientación del equipo. El proceso de inspección va precedido de procesos de limpieza e inspección geométrica. Los diablos de limpieza son comerciales, simples y de bajo costo. Los diablos geómetra (o caliper) se utilizan para evaluar los defectos geométricos del ducto tales como ovalamientos, arrugas o abolladuras, utilizan brazos flexibles como sensores. El objetivo de introducir un diablo geómetra antes del instrumentado, es determinar si el diablo instrumentado puede viajar a lo largo del ducto sin problemas.

El ducto cuenta con una estación de lanzamiento de rascadores ubicada en la Estación Cabecera del Oleoducto (ECO) en la UEB: Producción del EPEP-Centro y con una estación de recepción ubicada al final del trayecto en Empresa Comercializadora de Crudo de Matanzas; las dos se encuentran en perfecto estado técnico. Tiene un total de 17 válvulas de corte, las mismas para el

lanzamiento del rascador tiene que encontrarse bien abiertas para poder impedir que el rascador quede atorado en el ducto o pueda sufrir deformaciones en los elementos que lo componen. El oleoducto posee en toda su extensión tee y no tiene derivaciones Y. Hay presencia de cambios de espesores que van desde 7.1mm hasta 9.2 mm para los pasos de calles y cruces de ríos y un diámetro exterior de 508mm e interior 489 mm.

3 Herramientas utilizadas

Las herramientas fueron diseñadas y lanzadas en ese orden para cumplir con una tarea u objetivo específico. A continuación serán explicadas las razones por las cuales se llegó configurar de manera tal los rascadores.

Rascador de espuma

En la primera corrida se elige un pig de espuma RX4 revestido de poliuretano para la confirmación de la integridad del oleoducto, también para cerciorarse de que todas las válvulas estén completamente abiertas y que en línea no haya ninguna obstrucción. La longitud del diablo es aproximadamente dos veces su diámetro para reducir la posibilidad de que diablo de volteretas en la tubería. El diámetro del diablo de poliuretano es más grande que el diámetro interior de la tubería, esto se hace para ejercer un arrastre friccional entre el diablo de espuma y la pared de la tubería. Su forma de bala ayuda a cruzar las instalaciones y válvulas. Las capas exteriores en los cuerpos de espuma consisten de un tipo de espiral entrelazado de poliuretano resistente, estos espirales agregan la fuerza y dan un mayor limpiado y raspado Tienen una base de lámina cóncava con una capa de poliuretano resistente. Esto proporciona un máximo sellado en la superficie trasera para las fuerzas de propulsión de los fluidos o gases usados. Este rascador es muy flexible y puede ser desechado después de su lanzamiento, pues por lo general llegan muy dañados. A pesar de que el objetivo principal es conocer cómo se encuentra la línea para continuar con posteriores lanzamientos de otros tipos de diablos, el pig de espuma escogido viene

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

diseñado para remover incrustaciones, parafinas y sedimentos sueltos. Con la corrida de este rascador la línea recibirá una primera limpieza de reconocimiento para corregir si es necesario la disposición de las válvulas, así como también, la configuración de los demás rascadores. En la Tabla 1 se muestran sus principales propiedades mecánicas.

Tabla 1. Propiedades mecánicas del poliuretano a 23oC (fuente: http://www.jq.com.ar/ Imagenes/Productos/Poliuretano/Poliurprop/dtecnicos.htm)

Propiedad	Unidad	Valor
Peso especifico	g/cm^3	1.15
Resistencia a la tracción (fluencia / rotura)	MPa	13
Resistencia a la compresión (1 y 2% deformación)	MPa	0,25 … 0,45
Alargamiento a la rotura	%	
Módulo de elasticidad (tracción)	MPa	12

Figura 1- Rascador de espuma utilizado en la corrida preliminar

Rascador de discos y placas calibradoras

Se elige un rascador de calibración semi-rígido en la segunda corrida porque estos se usan normalmente antes de utilizar una herramienta de inspección en la línea, para asegurar que en este caso el diablo geométrico y el MFL pase alrededor de las curvaturas y determinar si hay alguna obstrucción midiendo de manera sencilla la geometría de la tubería. Este está compuesto por dos placas de aluminio ensambladas en el tren trasero del rascador, con un diámetro de 80% y 90% del diámetro interior de la tubería. Se utiliza discos guías y discos sellos hechos a base de neopreno que es el elastómetro de uso especial más difundido en todo el mundo, pues sus excelentes propiedades y características garantizan

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

óptimos resultados, son resistentes a daños causados por la flexión y la torsión, al calor y a productos químicos como aceites y petróleo. Se ensamblan los discos con diámetro interior de la tubería y con diámetro mayor para proporcionar

un máximo sellado en la superficie delantera y trasera y mantener las fuerzas de propulsión del fluido y poder remover parafinas e incrustaciones de una manera más efectiva. Los imanes fueron colocados para rastrear el rascador mediante los detectores de paso; además para recoger partículas y elementos metálicos que se puedan encontrar en la tubería.

En el caso del rascador utilizado la configuración resultante (Figura 2) es: 6 discos de y dos placas calibradoras metálicas que se ubican en la parte interior cercana al eje de ensamble.

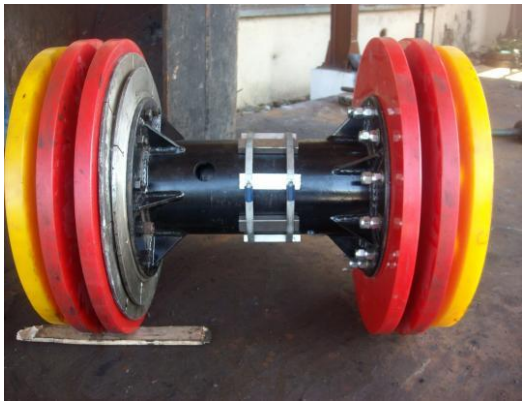

Figura 2-Rascador de discos y placas calibradoras

Rascador de discos y copas

En la tercera corrida se utiliza un rascador conformado de discos sellos y placas calibradoras con el mismo objetivo de la corrida anterior, del mismo material para continuar en la labor de limpieza y calibración de la línea; con la particularidad que se le adicionan copas hechas también a base de neopreno que también funcionan como sellos y tienen más flexibilidad a la hora de adaptarse a las imperfecciones y cambios en la geometría de la tubería. Con este pig de limpieza se espera alcanzar una sanidad estructural de la línea que permita sin contratiempos el paso de la herramienta geométrica. (Ver Figura 3).

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Figura 3. Rascador de discos y copas

Herramienta Geométrica - PG3200

Se lanza una herramienta geométrica con el objetivo principal de determinar si la herramienta de inspección magnética puede pasar a través del ducto. Consta con 12 sensores geométricos que permiten analizar el diámetro de la línea, anomalías, ovalamientos y se detectan las soldaduras circulares. Tiene un diámetro de 20"/20.87" y 2 módulos con electrónica, sensores, baterías integrados y transmisión. Cuenta con un sensor de orientación, 2 sensores de junta instrumentada y 2 odómetros que permiten una clara y precisa identificación y visualización de cualquier anomalía geométrica. (Ver Figura 4)

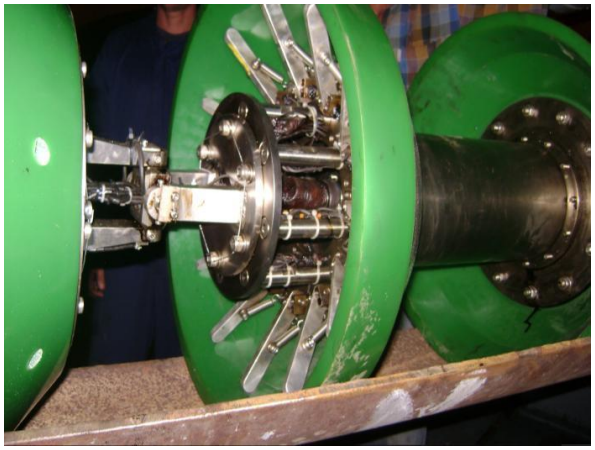

Figura 4- Herramienta geométrica

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Herramienta MFL – XRP3000

La herramienta de inspección de corrosión se lanza de acuerdo al plan establecido y con la línea en buenas condiciones. Este diablo instrumentado cuenta con 3 módulos, 208 sensores MFL y 52 sensores discriminatorios Interno-Externo que permiten localizar las pérdidas de metal en toda la geometría de la tubería e identificar qué tipo de corrosión. Tiene dos cepillos para limpiar la línea mientras se realiza la inspección. Cuenta con un transmisor señalizador para el rastreo de la herramienta. (Ver Figura 5)

Figura 5 - Herramienta MFL

4 Propuesta de rascadores a correr en el ducto

A partir de la experiencia adquirida en lanzamiento anteriores y según recomendaciones de la estación cabecera del oleoducto se recomienda un primer lanzamiento del pig de espuma RX4 para comprobar la integridad del ducto y realizar una limpieza previa del mismo, en esta etapa debe comprobarse que el pig llegue al final de la línea y verificar las condiciones en que este llega para tener una idea inicial del estado interior del tramo interior del ducto. Se realiza a continuación un primer lanzamiento del rascador de discos y placas calibradoras en el que se observa el desgaste que muestran los discos de neopreno así como los impactos que reciben la placa calibradora los que denuncian protuberancias existentes de hasta un 80% del diámetro interior del tubo, además la cantidad de residuos ofrece información para la configuración de las herramientas posteriores. La Tabla 2 resume la propuesta de rascadores.

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Tabla 2. Propuesta de rascadores a correr para 2016 en el Oleoducto Varadero-Matanzas.

Pigs propuestos para 2016				
29-feb-16	**14-mar-16**	**22-mar-16**	**28-mar-16**	**02-abr-16**
Corrida 1	**Corrida 2**	**Corrida 3**	**Corrida 4**	**Corrida 5**
Pig de espuma	**Configuración del tren delantero**		**PIG Geométrico**	**MFL**
RX4* revestido	Disco guía con Ø interior del ducto (489 mm)	Disco sello con Ø exterior del ducto (508 mm)	Diámetro 20"	Diámetro 20"
Densidad 80-112 kg/m3	Disco sello con Ø (508 mm)	Copa pistón de 20"	Largo 1410 mm	Sensores MFL 208
Para Limpieza Normal	Disco sello con Ø (508 mm)	Copa pistón de 20"	Velocidad de 0,2-6 m/s	Sensores DMC 52
	Discos separadores	Discos separadores	Máxima presión de operación de 100 kgf/cm2	Sensor de orientación 1
	Configuración del tren trasero		No de sensores 12	Odómetros 3
	Placa calibradora de aluminio. 80% de Ø interior	Placa calibradora de aluminio. 80% de Ø interior	Temperatura de operación de 0-70 °C	Temperatura máxima 60 °C
	Placa calibradora de aluminio. 90% de Ø interior	Placa calibradora de aluminio. 90% de Ø interior	Distancia 200 km	Distancia 200 km
	Disco sello con Ø (508 mm)	Disco sello con Ø (508 mm)	Tiempo 60h	Tiempo 61h
	Disco sello con Ø (508 mm)	Disco sello con Ø (508 mm)		Radio de curvatura minimo 1,5 D
	Disco guía con Ø interior del ducto (489 mm)	Disco guía con Ø interior del ducto (489 mm)		Frecuencia de muestreo 500-1000 Hz
	Núcleo central de acero			
	Imanes	Imanes		
	Transmisor TX	Transmisor TX		

5 Conclusiones

Después de estudiar las características de las herramientas utilizadas en las etapas previas al lanzamiento del MFL, se elabora la propuesta de lanzamiento subdividida en una etapa inicial de preparación y limpieza con el pig de espuma que hace una evaluación inicial del estado del interior del ducto para decidir la configuración de los trenes de limpieza en una segunda fase que junto a los diablos geométricos preparan el escenario para la corrida sin complicaciones del MFL inteligente que es ejecutado en la etapa final.

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Bibliografía

ALVARENGA, F Y DURÉ, J. (2016).*Reporte de campo de inspección MFL.Brasil*. PipeWay.

APACHES, PRODUCTS PIPELINE (2009). [En línea]. [Citado 20 de marzo 2016]. Disponible en http://www.apachepipe.com

BAKER, PETROLITE. 2005. *Breakthrough pipeline cleaning programs. fundamental principles of pigging technology*.

CORTES, CINDY (2011). *Análisis de integridad de ductos*. México. Universidad Veracruzana.

DOMÍNGUEZ, JORGE A. (1987). *Introducción a la corrosión y protección de metales*. La Habana : Enpes, 1987.

FRAGOSO, ELVIS E. (2007). *Estudio numérico de la corrida de diablos para el mantenimiento de la producción de oleoducto*. México.

GARNICA, H., NIÑO, E. y otros. (2011). *Diseño y elaboración de las tecnologías de inspección basadas en herramientas de limpieza para el registro y análisis de los parámetros de operación en líneas de transporte de hidrocarburos*. Colombia.

HOTTA, H. (2005). *Inspection tools with high reliability for the safety of trunk lines including tight bends*. Japan.

MARRERO, O. Y RUBIO, C. (2011). *Fabricación de Transductores Ultrasónicos para Equipos automatizados de inspección de líneas de Tuberías*. Querétaro. Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI).

SHANNON, COMPANY D.R. (2005). *The Art of Pigging*. Washington. Polly-Pigging Industrial Pipeline Cleaners.

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X