



Gestión de integridad en cruces encamisados de gasoductos de transmisión

Por **Ing. Qco. Eduardo J. Carzoglio** (Transportadora de Gas del Norte S.A.)

Este artículo presenta la experiencia de TGN en la gestión de la integridad de los cruces encamisados. Se analiza de qué manera inicialmente, trabajando de manera reactiva, la empresa pudo intervenir donde hubo defectos severos dentro de las camisas. También se muestran datos obtenidos en posteriores pruebas de herramientas de inspección interna donde es posible ver cómo se ha detenido en forma permanente el crecimiento de defectos.

Este trabajo fue seleccionado en el 3^{er} Congreso Latinoamericano y del Caribe de Integridad del IAPG (2017).

Tradicionalmente cuando los ductos que transportan líquidos o gases cruzaban vías ferroviarias o rutas de tránsito importantes las reglas del arte aconsejaban instalar cruces encamisados. En toda la longitud del cruce se instalaba primero un caño de diámetro mayor al del ducto y luego se insertaba el ducto. Para evitar el contacto entre el ducto y el caño camisa se instalaban centradores de material aislante y para evitar el ingreso de agua o el propio suelo se instalaban sellos en ambos extremos del cruce. Afortunadamente en nuestro país actualmente solo es obligatorio instalar cruces encamisados en los cruces ferroviarios. Los cruces de camino se pueden resolver instalando



caños de mayor espesor.

Desde el punto de vista de la integridad de los ductos de transmisión, la presencia de cruces encamisados plantea un incremento del riesgo por cuanto sobre el ducto en el interior de caño camisa no actúa la protección catódica y, por lo tanto, pueden desarrollarse procesos de corrosión sobre el ducto en la medida que ingrese agua o suelo al interior del caño camisa. Desgraciadamente no resulta sencillo establecer cuando ocurre; es común en la medida que los ductos acumulan años de operación.

TGN opera un sistema de gasoductos de transmisión de gas natural en alta presión de 9155 km de extensión en la Argentina, Chile, Uruguay y Brasil. Opera ductos instalados desde 1960 hasta la actualidad de 6" a 30" de diámetro, revestidos con esmalte asfáltico, cintas plásticas, resinas epoxi y polietileno tricapa.

Dentro de este sistema de gasoductos existen 409 cruces encamisados. La mayoría de los caños camisa están revestidos exteriormente con el mismo tipo de revestimiento que el gasoducto sobre el que está instalado.

Situación inicial

El Programa de Gestión de Integridad de TGN en lo que respecta a la prevención de la corrosión externa de los gasoductos se basa en la aplicación de revestimiento y protección catódica a todas las cañerías enterradas. Dentro de los cruces con caño camisa el gasoducto se encuentra revestido pero no enterrado sino rodeado de aire. Por lo tanto la protección catódica no puede actuar.

Para que se desarrollen procesos de corrosión externa sobre los ductos dentro de los caños camisa se debe producir primero una falla sobre el revestimiento que exponga la superficie al medio ambiente. Esta falla suele producirse muchas veces en el momento de la instalación al introducir el ducto dentro del caño camisa, y otras veces por el simple envejecimiento del revestimiento.

Una vez producida la falla, se puede desarrollar un proceso de corrosión atmosférica en los casos donde normalmente son altas la humedad relativa ambiente y la temperatura exterior, pues en el interior del caño ca-

misa, la temperatura suele ser menor y, por lo tanto, se condensa humedad sobre las paredes internas del caño camisa y el ducto. Esto puede ocurrir en zonas como Tartagal, Embarcación, Orán, Gral. Güemes, Tucumán, Rosario y Santa Fe. Este proceso se acelera si en el aire hay contaminantes propios de atmósferas industriales.

Otro mecanismo de corrosión ocurre cuando ingresa agua y/o barro al interior del caño camisa. Esto es muy común en ductos de 16" o más de diámetro que operan a alta presión. Los sellos instalados en los extremos del caño camisa, en la medida que envejecen, no pueden mantener la estanqueidad, debido a las dilataciones y las contracciones en la cañería que se producen por variaciones en la presión de operación. En estas condiciones, el espacio anular se llena de agua y barro, pudiéndose producir procesos de corrosión galvánica por aereación diferencial y también por corrosión influida por acción de bacterias (MIC).

En TGN, para controlar el desarrollo de focos puntuales de corrosión externa o interna periódicamente se

Diámetro	pulgada	6	8	10	12	16	18	20	22	24	30	Total
Longitud	m	15.743	11.568	16.734	248.528	1.046.979	135.666	933.083	192.011	3.058.860	3.496.140	9.155.312
% Longitud	%	0,2	0,1	0,2	2,7	11,4	1,5	10,2	2,1	33,4	38,2	100,0
Caños camisa	N°	3	1	1	11	73	8	0	32	163	117	409
% Caños camisa	%	0,7	0,2	0,2	2,7	17,9	2,0	0,0	7,9	39,6	28,7	100,0

Tabla 1. Caños camisa en el sistema de transporte de TGN.

Diámetro	pulgada	6	8	10	12	16	18	20	22	24	30	Total
Esmalte asfáltico aplicado sobre la zanja	Nº								32	75		107
Esmalte asfáltico aplicado en planta de revestimiento	Nº	3			5	58				23	57	146
Cinta plástica aplicada sobre la zanja	Nº						8				48	56
FBE	Nº									6		6
Epoxi bituminoso	Nº									3		3
Polietileno tricapa	Nº		1	1	6	15				56	12	91

Tabla 2. Revestimiento de los ductos en el interior de los caños camisa.

Diámetro	pulgada	6	8	10	12	16	18	20	22	24	30	Total
Esmalte asfáltico aplicado sobre la zanja	Nº								3	23		26
Esmalte asfáltico aplicado en planta de revestimiento	Nº					16				6	17	39
Cinta plástica aplicada sobre la zanja	Nº						3				11	14
FBE	Nº									3		3
Epoxi bituminoso	Nº											0
Polietileno tricapa	Nº			1	1							2

Tabla 3. Caños camisa dentro de los que se ha detectado corrosión externa con herramientas de inspección interna con tecnología MFL de alta resolución.

efectúan inspecciones de los ductos utilizando herramientas de inspección interna. Sobre los 9155 km del sistema de gasoductos, solo 51 km, el 0,56% del total, no pueden ser inspeccionados en la actualidad con estas herramientas.

Tanto las herramientas que utilizan ultrasonido (tecnología UT) como las que utilizan saturación del campo magnético (tecnología MFL) pueden identificar procesos de corrosión en la pared interna o externa de los ductos que produzcan pérdidas de volumen sensibles. Por lo tanto, los procesos de corrosión que se desarrollen en la superficie exterior del ducto dentro de un caño camisa son detectados e informados de la misma manera que son informados los que ocurren en el ducto en contacto con el suelo.

Las herramientas de inspección interna también detectan con relativa facilidad el inicio y fin de los caños camisa, por lo que es posible identificar cruces encamisados donde se estén desarrollando procesos de corrosión externa.

En la tabla 1 se encuentran los diámetros, longitudes de gasoducto y cantidad de caños camisa para cada diámetro de los gasoductos que componen el sistema de transporte operado por TGN.

Los gasoductos operados por TGN no solo tienen diferentes diámetros, sino que también tienen distinta antigüedad y distinto revestimiento.

El gasoducto más antiguo es el Troncal Norte. Fue construido en 1960. Tiene 1150 km de diámetro 24" y 192 km de diámetro 22". Fue reves-

tido con esmalte asfáltico aplicado sobre la zanja; la superficie se limpió con cepillos mecánicos. Tiene 75 caños camisa donde el diámetro es 24" y 32 caños camisa donde el diámetro es 22". La mayor proporción de los caños camisa del sistema, 107 caños camisa, un 26,2% del total.

Luego, existen varios gasoductos construidos entre 1970 y 1981 que también están revestidos con esmalte asfáltico pero aplicado en planta de revestimiento, donde la superficie exterior fue limpiada mediante grallado o arenado. Los caños camisa con este revestimiento representan el 35,9% del total.

En 1981 se construyó el Gasoducto San Jerónimo-Gral. Rodríguez. Fue revestido con cintas plásticas aplicadas sobre la zanja; la superficie también fue limpiada con cepillos mecánicos. Tiene 56 caños camisa, el 13,8% del total.

El resto, 100 caños camisa están revestidos con revestimientos de base epoxi u polietileno tricapa. En la tabla 2 se indica el diámetro, el revestimiento y la cantidad de cada tipo de caño camisa.

Solo los 10 caños camisa (que tienen fondo gris en la tabla 2) se encuentran en gasoductos que no pueden ser examinados con herramientas de inspección interna.

Como resultado de las inspecciones internas con tecnología MFL de alta resolución que se realizan en promedio cada cinco años desde 1993, cuando TGN comenzó a operar el sistema de gasoductos o a partir de los cinco años de la construcción de los gasoductos más nuevos, se ha detecta-

do la presencia de procesos de corrosión en 84 caños camisa, en el 20,5% del total de caños camisa. En la tabla 3 se puede observar su distribución en función del revestimiento del gasoducto y su diámetro.

Se observa que, para los caños camisa cuyos ductos se encuentran revestidos con esmalte asfáltico y cinta plástica, prácticamente uno de cada cuatro ha desarrollado proceso de corrosión (un 24,3%, un 26,7% y un 25%, respectivamente).

También es de destacar que la mayor proporción de caños camisa con defectos corresponde a los caños camisa revestidos con esmalte asfáltico en planta de revestimiento. Este tipo de revestimiento lo tienen el 35,7% de los 409 caños camisa pero representan el 46,4% de los caños camisa con defectos detectados. Existen muchos casos donde se encuentran cruces paralelos de gasoductos con esmalte asfáltico aplicado en la zanja en el año 1960 y con esmalte asfáltico aplicado en planta de revestimiento en 1981 y se encuentren procesos de corrosión en los segundos.

Cuando en 2000 se comenzó a elaborar el Programa de Gestión de Integridad de Gasoductos de Transporte en Alta Presión, se detectó que existía un cruce de camino encamisado con un defecto en su interior de dimensiones inadmisibles para los parámetros de seguridad de TGN. Tres años antes había ocurrido lo mismo en otro cruce encamisado. En ambos casos debió efectuarse un nuevo cruce.

Al analizar las distintas opciones disponibles para gestionar la corro-



Fotos 1 y 2. Verificación de circulación de aire y eliminación del agua en el interior del caño camisa.

sión en el interior de los cruces con caño camisa, se decidió aplicar la metodología que utilizaba el operador técnico extranjero de TGN en su país.

La metodología consiste básicamente en analizar la existencia de defectos informados en el interior de los cruces encamisados tras el pasaje de herramientas de inspección interna.

Cuando utiliza herramientas de inspección interna TGN solicita que le sean informados defectos internos o externos cuya pérdida de espesor sea igual o superior al 10% del espesor nominal del tubo. La pérdida de espesor no es el único parámetro que se tiene en cuenta para establecer la severidad de un defecto. También se considera la presión de falla de cada defecto. Para la gestión de integridad de los ductos dentro de los cruces encamisados se consideró que bastaría que fuera informado un defecto con pérdida de espesor igual o superior al 10 % para que ese cruce encamisado

fuera incorporado a un programa anual de llenado de su espacio anular con material inerte, cera microcristalina. En posteriores inspecciones internas se controlaría la evolución de los defectos detectados originariamente.

Se considera que una vez que se ha detectado la presencia del proceso corrosivo en el interior de un caño camisa, ese proceso ya no se detendría. Podrá avanzar con mayor o menor velocidad, pero no se detendrá. Ante la incertidumbre de la velocidad del proceso, la posición más conservadora es incluir el caño camisa dentro del programa de mitigación.

Proceso de llenado del espacio anular en los caños camisa

La operación de llenado tiene varios pasos. El primer paso consis-

te en verificar que los venteos no se encuentren obturados, ya que resulta más sencillo realizar la operación de llenado del espacio anular utilizando los venteos existentes. Esto se efectúa inyectando aire a presión con un gran caudal por un venteo y observando que el aire salga por el otro venteo. En general, los caños camisa se encuentran con una gran cantidad de agua en su interior por lo que si se inyecta el aire por el venteo soldado en la parte superior del caño camisa se obligará al agua a salir por el venteo soldado en la parte inferior. Se arrastrará también gran cantidad del barro que se encuentre en el interior del caño camisa (Fotos 1 y 2).

Una vez que se verificó la circulación del aire y se eliminó el agua del interior del caño camisa, se realiza una prueba de estanqueidad del conjunto de caño camisa y venteos. La prueba se efectúa presurizando el conjunto a 5 psi y verificando que, al menos, el

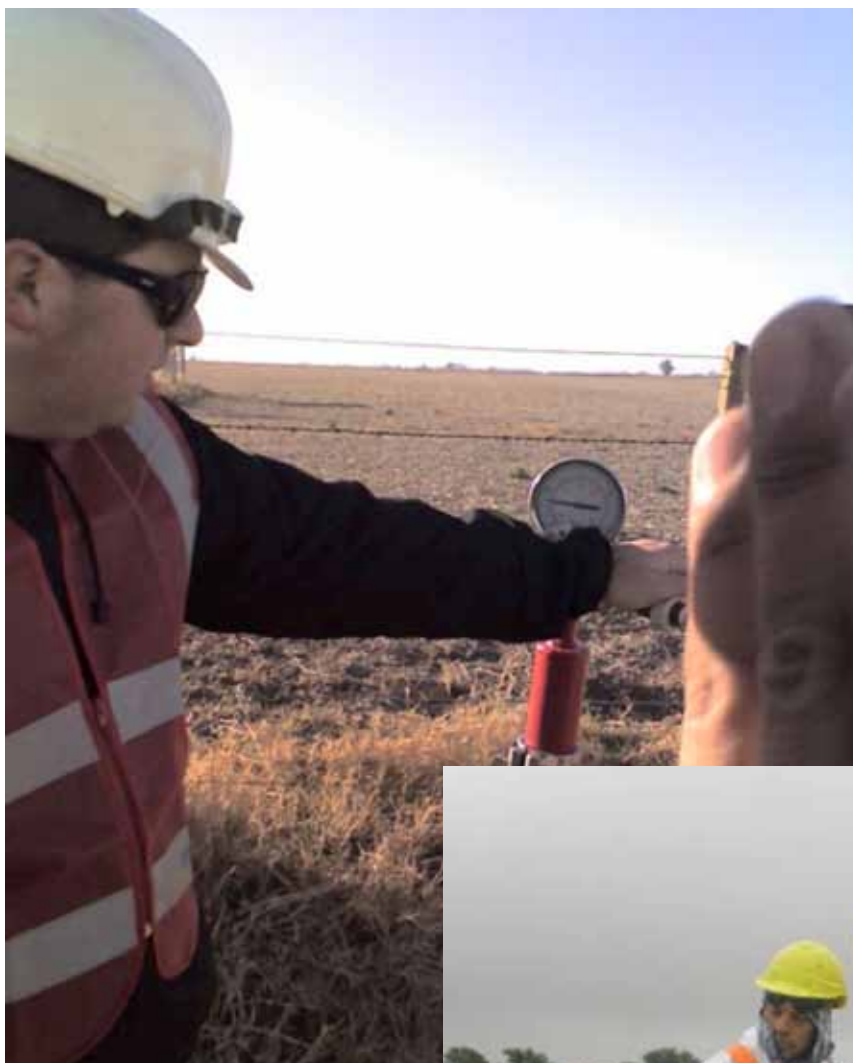


Foto 3. Prueba de estanqueidad del caño camisa y venteos.

80% de la presión alcanzada se mantenga durante 15 minutos. El objeto de esta prueba es comprobar que el conjunto del caño camisa y venteos se encuentren estancos para que al inyectar la cera microcristalina caliente no escurra hacia el suelo (Foto 3).

Si no existe estanqueidad deberá investigarse la condición de los sellos ubicados en los extremos del caño camisa. Para ello, deberán descubrirse ambos extremos del caño camisa y reparar o reemplazar los sellos. Con el fin de efectuar esta operación, en general, es necesario realizar excavaciones de más de tres metros de profundidad al costado de las vías o rutas. Deben aplicarse las medidas de seguridad en el trabajo adecuadas a la profundidad de la excavación y al tránsito en la ruta.

Una vez reemplazados o reparados los sellos, se debe realizar nuevamente la prueba de estanqueidad. A veces se encuentra que hay perforaciones por corrosión en los venteos o incluso en el mismo caño camisa. Se las debe encontrar y reparar.

Establecida la estanqueidad, se procede al llenado con cera microcristalina caliente. Previamente se debe haber calculado el volumen a inyectar. Al inicio de la operación de llenado, se debe disponer en el área de trabajo de la totalidad de la cera microcristalina calculada más una reserva de un 30%. Se comienza vertiendo por los venteos un inhibidor de corrosión y bactericida en una proporción del 0,5% del volumen por llenar calculado (Foto 4).

Luego se continúa con la inyección de la cera microcristalina caliente, utilizando el venteo conectado en la parte superior del caño camisa. Se debe



Foto 4. Vertido del líquido inhibidor de corrosión y bactericida.



Foto 5. Inyección de la cera microcristalina.

utilizar una bomba de desplazamiento positivo, controlando que la cera fluya ininterrumpidamente hacia el interior del caño camisa, que la presión en la línea de inyección no aumente y el volumen inyectado (Foto 5).

La inyección finaliza cuando la cera comienza a fluir por el venteo opuesto (Foto 6). El llenado debe realizarse lentamente, de forma que la turbulencia en el interior del caño camisa sea mínima y así evitar la formación de bolsones de aire. Comparando el volumen inyectado en el momento que comienza a fluir la cera con el volumen calculado permite conocer si el caño camisa se ha llenado completamente o hay bolsones de aire.

Análisis de la condición inicial

En 2002 comenzó a elaborarse el programa de caños camisa. En ese momento existían 32 cruces encamisados con defectos detectados en su interior. Un cruce ya tenía programada su eliminación mediante la construcción de un nuevo cruce. Además, existía espacio para construir una variante. En función de la condición operativa de los gasoductos no se dis-



Foto 6. Etapa final del llenado con cera microcristalina.

Pérdida de espesor	Año	Caños 10 a 19% camisa	20 a 29%	30 a 39%	40 a 49%	50 a 59%	60 a 69%	70 a 79%	80 a 89%	> 90%	Total
Cantidad de defectos	2002	32	63	25	9	4	2	1	1	0	105
	2016	84	217	37	9	5	2	1	1	0	272
	Aumento	52	154	12	0	1	0	0	0	0	167

Tabla 4. Severidad de los defectos detectados en gasoductos en el interior de caños camisa.

ponía del tiempo que insumiría retirar el ducto existente del interior de caño camisa e instalar un nuevo ducto en su interior.

La cantidad de defectos de los 32 caños camisa y su severidad se puede ver en la tabla 4. Había defectos de hasta un 72% de pérdida de espesor, aunque el 60% era inferior al 20%. La cantidad promedio de defectos era 3,3 por caño camisa. Entre 2002 y 2016 la cantidad acumulada de caños camisa con defectos detectados aumentó a 84. La cantidad de defectos en los nuevos caños camisa fue de 167, con pérdida de espesor de hasta un 41%. En este caso, el 91% de los defectos fue inferior al 20% de pérdida de espesor. Solo uno alcanzó el 41%. El promedio fue de 3,2 defectos por caño camisa.

Se puede observar que el promedio de defectos por caño camisa es prácticamente el mismo en ambos grupos. La severidad es mayor en el primer grupo. Consideramos que se debe a que el grupo inicial estaba formado por caños camisa donde el proceso de corrosión llevaba mucho más de cinco años desde su inicio hasta que fue detectado. En cambio, en el segundo grupo, los defectos en general no llevaban más de cinco años desde que superaron la pérdida de espesor del 10% y fueron detectados.

La cantidad inicial de defectos detectados en gasoductos en el interior de caños camisa se detalla en la tabla 5. En el 85,8% de los casos la cantidad inicial no supera los cinco defectos.

El programa consideró que en cinco años se mitigarían los procesos corrosivos en los 31 cruces encamisados restantes. Se efectuó un análisis de riesgo para priorizar los cruces que se tratarán en función de trabajar primero en los de mayor riesgo asociado. Para la primera campaña, efectuada

en 2004, se seleccionaron tres cruces en las cercanías de la ciudad de Rosario. Ubicados en un segmento de 11 km de gasoducto; dos sobre rutas nacionales y el restante en el cruce de una doble vía ferroviaria de acceso al puerto de Rosario. En este cruce, en 1996 la herramienta de inspección interna había detectado 7 defectos con pérdida de espesor entre un 13% y un 62%. En 2001 la herramienta de otra empresa detectó esos mismos defectos con pérdida de espesor interno entre un 17% y un 57%. En el segundo cruce con caño camisa, en 1996 se habían detectado 6 defectos con pérdida de espesor interno entre un 14% y un 40%. En 2001 esos mismos defectos fueron informados con pérdida de espesor interno entre un 10% y un 46%. En el tercer cruce con caño camisa, en 1996 se habían detectado 4 defectos con pérdida de espesor interno entre un 13% y un 19%. En 2001 esos mismos defectos fueron informados con pérdida de espesor interno entre un 12% y un 25%. En los tres cruces en 2001 se informó la presencia de nuevos defectos no informados en 1996, aunque de menor severidad.

En los años siguientes se realizaron nuevas campañas de mitigación que, junto con las campañas de inspección interna, se pudieron detectar otros cruces con caños camisa con defectos en su interior que se incorporaron al programa. Hasta 2016 se detectaron defectos en el interior de 84 caños camisa. El detalle se encuentra en la tabla 3. La cantidad de caños camisa cuyos espacios anulares han sido llenados con cera microcristalina es 78.

Resultados obtenidos

Hasta 2010 el Programa de Gestión de Integridad de los gasoductos

operados por TGN establecía efectuar cada cinco años la inspección interna de cada tramo de gasoducto y, en el caso de los tramos nuevos, al quinto año de funcionamiento. Por lo tanto entre uno y cinco años después de haber llenado con cera microcristalina un caño camisa se contaba con nueva información acerca de las dimensiones de los defectos existentes.

Para diciembre de 2016 existían 53 caños camisa en los que se había realizado una primera inspección interna luego del llenado con cera microcristalina. En 32 de estos se había efectuado una segunda inspección y en solo tres casos se había realizado una tercera inspección. Había 25 caños camisas en los cuales todavía no se había realizado una inspección interna luego del llenado.

La información entregada por las herramientas de inspección interna debe ser utilizada teniendo en cuenta que su exactitud para identificar y dimensionar pérdidas de espesor (en general denominadas como defectos) sobre la pared de los ductos depende del tipo de herramienta utilizada, de su límite de detección, de la calidad del software utilizado y de la competencia y experiencia de quienes elaboraron el informe. Para herramientas con tecnología MFL de alta resolución se asume que la pérdida de espesor informada tiene un error menor a $\pm 10\%$. En este caso se ha trabajado con informes de inspecciones internas elaborados a lo largo de casi 20 años por cuatro compañías diferentes.

Al analizar sistemáticamente la información obtenida en la primera inspección interna posterior al llenado con cera microcristalina y compararla con la inspección anterior, observamos que había 228 defectos informados. En 88 casos la pérdida de espesor fue inferior a la informada en

Cantidad de defectos	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	16	17	22	26	Total
Cantidad de caños camisa	49	12	3	4	4	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	84
% del total	58,3	14,3	3,6	4,8	4,8	1,2	3,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	100,0

Tabla 5. Cantidad inicial de defectos detectados en gasoductos en el interior de caños camisa.

Inspección interna	Caños camisa	Defectos con pérdida de espesor						Respecto a
		Menor	Igual	Mayor ≤ 5%	Mayor 6 a 10%	Mayor 11 a 20%	Mayor > 20%	
Primera	53	88	38	68	17	14	3	Inspección anterior a llenado
Segunda	32	93	34	35	9	3	1	Primera inspección
Tercera	3	4	10	0	0	0	0	posterior al llenado

Tabla 6. Evolución de los defectos detectados en inspecciones sucesivas dentro de caños camisa llenado con cera microcristalina.

la inspección anterior, en 38 casos no hubo variación y en 102 casos hubo un aumento de la pérdida de espesor.

El tiempo transcurrido entre la primera inspección, el llenado con cera microcristalina y una nueva inspección, la primera luego del llenado, es muy variable. Por lo tanto, no se puede obtener una conclusión.

En 32 caños camisa había una segunda inspección interna posterior al llenado. En estos casos el caño camisa permaneció con el espacio anular ocupado con cera microcristalina todo el tiempo entre inspecciones. Si se compara la pérdida de espesor informada en la segunda inspección respecto de la primera para un mismo defecto se observa que había 175 defectos. En 93 caños la pérdida de espesor informada fue menor; en 34, igual y, en 48, mayor.

En tres caños camisa había una tercera inspección posterior al llenado. De los 14 defectos informados, en cuatro la pérdida de espesor informada fue menor que en la anterior inspección y en 10 no hubo variación. No hubo defectos informados con mayor pérdida de espesor. En la tabla 6 se muestran los resultados.

En la misma tabla los defectos con pérdida de espesor informada mayor que en la inspección anterior se encuentran divididos en cuatro categorías en función de la variación medida. Para el caso de la segunda inspección sobre 48 defectos mayores, 35 (un 72,9%) han aumentado a lo sumo un 5%, 9 (el 18,8%) entre un 6% y un 10%, 3 (el 6,3%) entre un 11% y un 20% y solo uno más del 20%. De estos defectos nueve pertenecen a una inspección en la que se pudo constatar en un caso que había sobredimensionado más allá del 10% la pérdida de espesor de los defectos informados.

Ocurrió que el defecto más severo que inicialmente se había detectado (en el segundo cruce, una doble vía ferroviaria, de los tres cruces con que se inició el programa) fue informado con un 72% de pérdida de espesor de pared. El criterio de reparación de defectos utilizado por TGN establece

que defectos de esa dimensión deben ser evaluados directamente. Por lo tanto, hubo que abrir el caño camisa relleno con cera para evaluar directamente el defecto informado con un 72% de pérdida de espesor. La evaluación constató una pérdida de espesor del 53%, no mayor que la informada en la inspección anterior.

Por lo tanto, es posible suponer que dos de los defectos informados con crecimiento entre un 11% y un 20% no tengan en realidad ese aumento, con lo que quedaría solo un

defecto con un crecimiento entre un 11% y un 20% y otro con un aumento mayor al 20%.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la metodología utilizada para gestionar la integridad de los cruces encamisados en gasoductos de transporte en alta presión permite obtener resultados consistentes con preservar la integridad de los mismos.

TGN en los 10 años previos a la implementación de la nueva metodología debió reemplazar dos cruces encamisados. En los 13 años que lleva aplicando esta metodología no fue necesario reemplazar ningún cruce encamisado.

La metodología aplicada también ha demostrado que es efectiva para detener el proceso de corrosión en los ductos en el interior de cruces encamisados una vez que el proceso ha comenzado a desarrollarse. Es necesario tener presente que el éxito de esta metodología depende de varios factores, entre los que se encuentran:

- Disponer de informes de inspecciones internas confiables en cuanto a la exactitud de la información recibida.
- Disponer de documentación conforme a obra fidedigna que permita calcular el volumen de material de relleno necesario.
- Efectuar un ensayo de estanqueidad previo a la etapa de llenado, de forma que exista certeza de que cuando el llenado comience la cera microcristalina se aloje exclusivamente dentro del espacio anula y los venteos, no que se derrame en el subsuelo.
- Tomar las medidas de seguridad adecuadas a las características de los trabajos que son necesarios de ejecutar; en general se efectúan excavaciones profundas a la vera de rutas de tránsito intenso y el material de relleno es inyectado en caliente. ■

