

Rotura de Gasoducto de 30" por degradación de su revestimiento de polietileno tricapa (Caso de estudio)

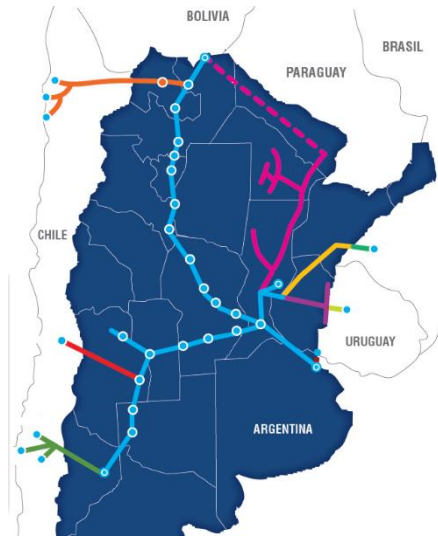


Ing. Andrea Moneta - Ing. Germán Mancuso

Contenido

- Introducción
- Rotura de Gasoducto de 30” (Ubicación /Datos)
 - Estado deteriorado del Revestimiento
 - Defectos de corrosión externa
 - Apantallamiento de la Protección Catódica
- Historial de monitoreo
 - Inspecciones Internas /Otras (C1P)
 - Campaña de pozos - evaluación de defectos
 - Plan ECDA-2017 – DCVG (Áreas sensibles)
- Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla
 - Tareas Post-Rotura / DCVG
 - Excavaciones confirmatorias
 - Pruebas de laboratorio e hipótesis de falla
- Conclusiones

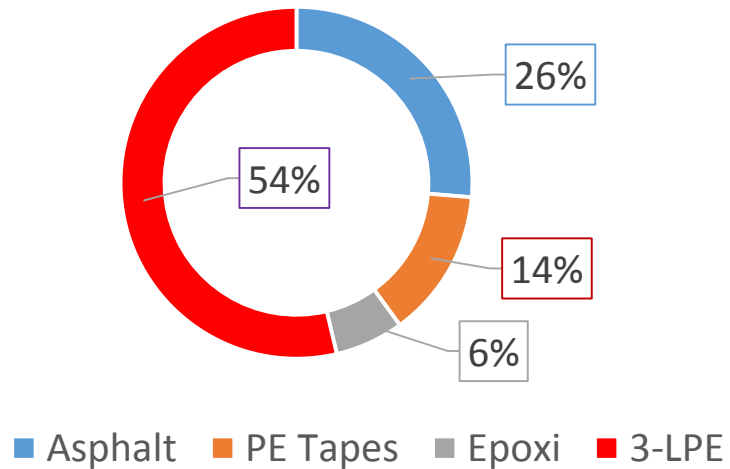
Introducción (3-LPE)



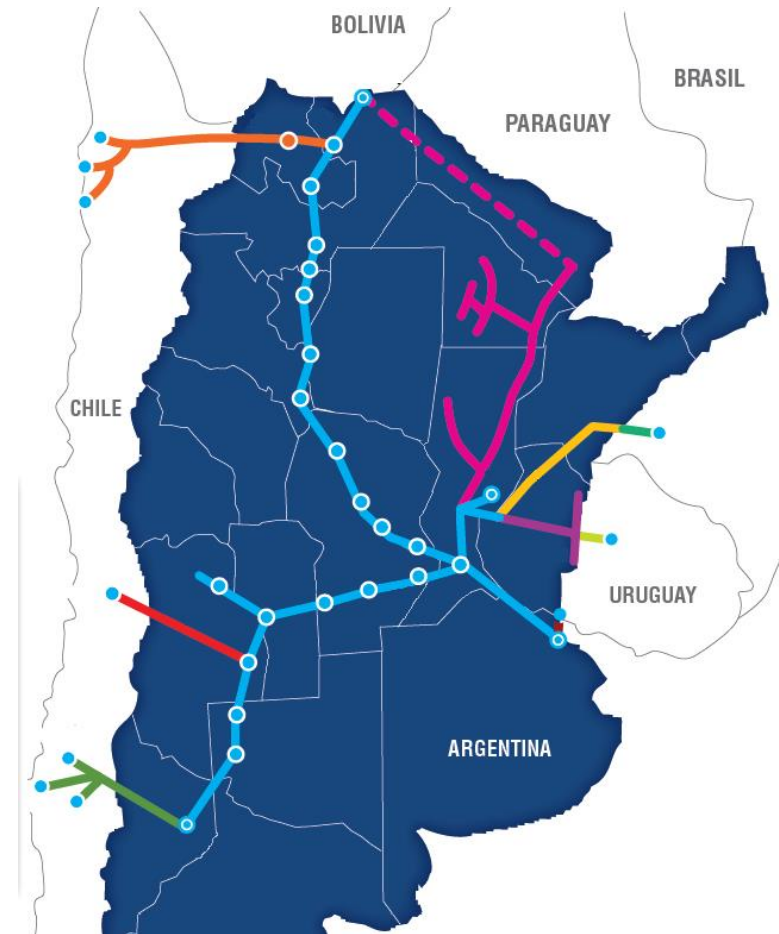
- El 3-LPE es uno de los recubrimientos más fiables y de uso común en la industria del petróleo y el gas.
- Ha evolucionado desde los sistemas de 2 capas de polietileno de baja densidad a los actuales sistemas de 3 capas de polietileno de alta y super alta densidad (3-LPE).

En los últimos años, el sistema de gasoductos de TGN ha registrado importantes fallas de adherencia en los revestimiento tricapa (3-LPE).

Distribución de Revestimientos



Sistema de Gasoductos TGN

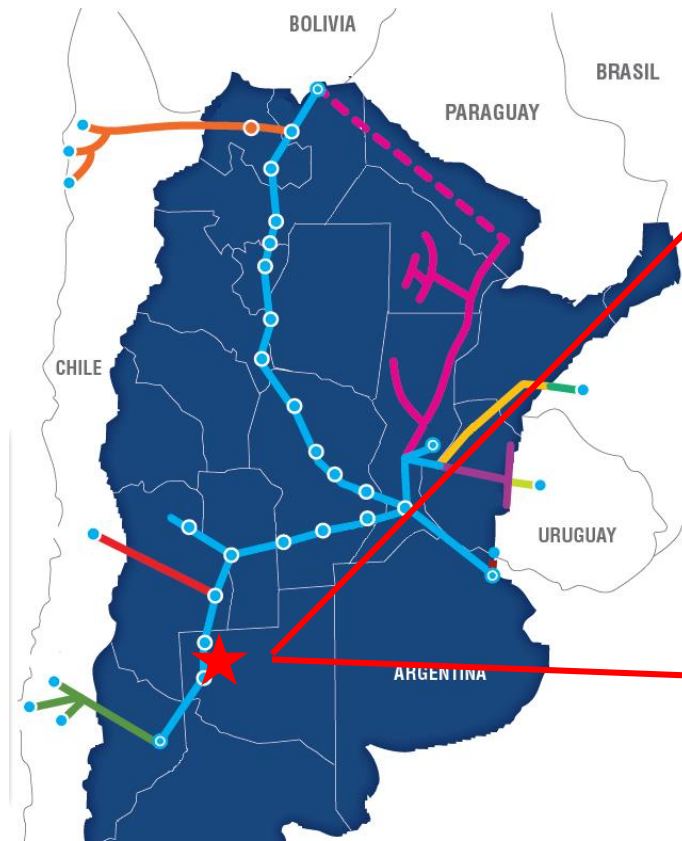


Rotura de Gasoducto de 30'' (Ubicación /Datos)

- *Estado deteriorado del Revestimiento*
- *Defectos de corrosión externa*
- *Apantallamiento de la Protección Catódica*

Rotura de Gasoducto de 30" (Ubicación)

- En Noviembre de 2018
- a 20,3km aguas arriba de la Planta TT.CC Puelen





PK 160+300 (Gto. Paralelo)



Datos Constructivos

Año de construcción : 1995 (SIAT S.A.)
Diámetro : 30"
Material : API 5L X60
Espesor : 8,74 mm

Revestimiento

3-LPE, Norma DIM-30670 de 1991
(c/polietileno de baja densidad)

Parámetros de Diseño

Presión de diseño : 69,68 Kg/cm²
Tensión de diseño : 72 % TFME
MAPO : 69,68 Kg/cm²
Tensión de trabajo : 72 % TFME

- Rotura por corrosión externa -

Rotura de Gasoducto de 30" (Estado del Revestimiento)



- Evaluación a los pocos días de la rotura.
- El recubrimiento presento una degradación completa (agrietamiento).
- Enterrado en un área con aguas subterráneas salobres a lo largo de varios kilómetros de la traza

Rotura de Gasoducto de 30" (Estado del Revestimiento)



Revestimiento sin adherencia



forma de la falla:
agrietamiento generalizado.



Rotura de Gasoducto de 30" (Defectos de corrosión externa)



Defectos por corrosión externa, longitudinales y profundos principalmente a hora 2 y/o 10.

Rotura de Gasoducto de 30" (Apantallamiento de la protección catódica)



Pozo de sondeo por DCVG

Rotura de Gasoducto de 30" (Apantallamiento de la protección catódica)

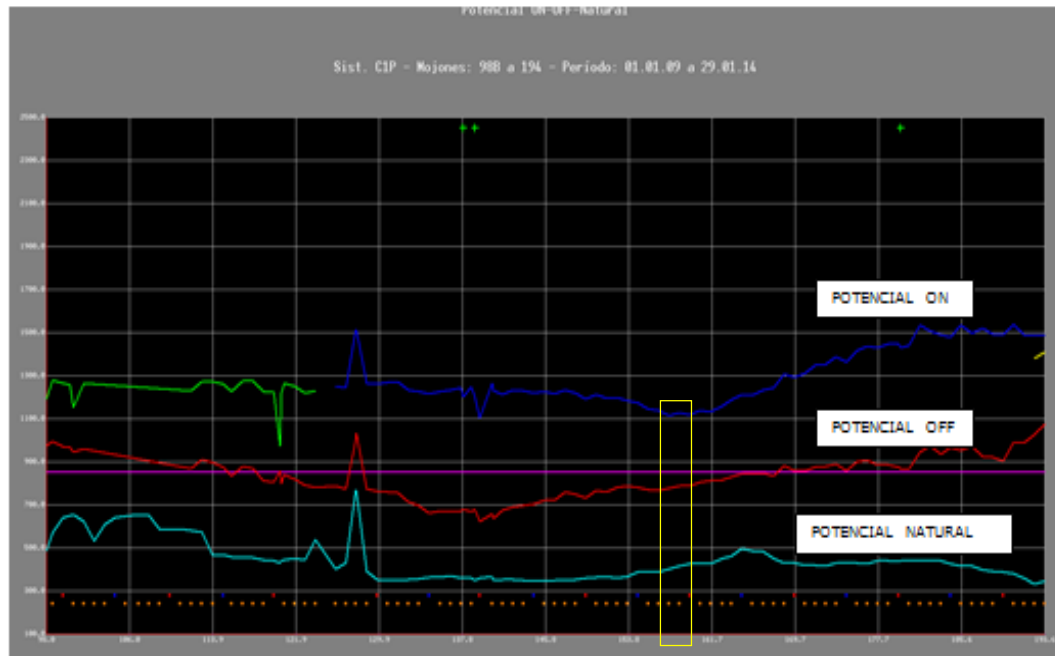


Figura 3: Relevamiento de potenciales Naturales y On OFF 2010

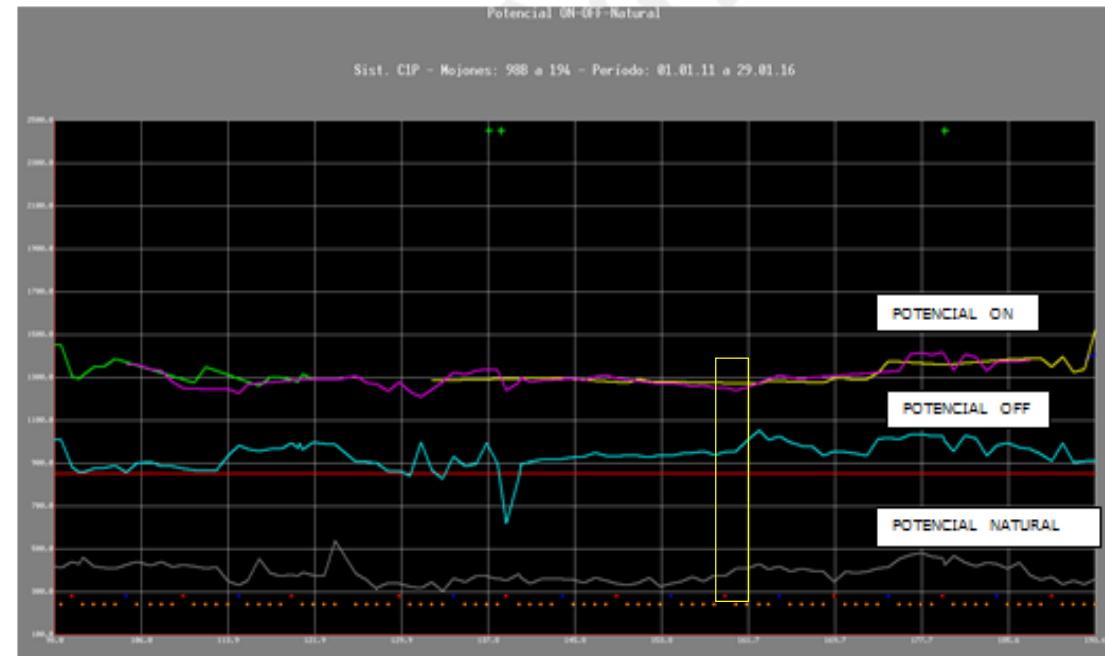


Figura 4: Relevamiento de potenciales Naturales y On OFF 2015

Se cumple el 100% con el criterio 100mv (declarado) y Más del 90% con el criterio de -850mv de OFF

Historial de Monitoreo

- *Inspecciones Internas /Otras (C1P)*
- *Campaña de pozos - evaluación de defectos*
- *Plan ECDA-2017 – DCVG (Áreas sensibles)*

Historial de Monitoreo (Inspecciones internas / Otros)

1998

- ILI MFL (TUBOSCOPE)

2003

- ILI MFL (TUBOSCOPE)
 - Defecto más Crítico con $PF > 1,49$

2010

- ILI MFL (NDT)
 - Defecto más Crítico con $PF > 1,40$

2017

- ECDA (2 acciones)
 - 1- Verificación de Defectos Bajo Mantas
 - 2- DCVG (zonas c/resistividad < 1000 ohm, entre M+m 160+350 a 160+600: "SIN FALLAS")

Historial de Monitoreo (Campaña de Pozos / Evaluación de defectos)

Int Nº	Mojón u otra ref	+/-	mts	Fecha de Ejecución	Estado de Revestimiento	Tipo de intervención
870	160	+	565	2004	Buen Estado	Verificación de "defectos volumétricos"
2826	141	+	956	2011	Buen Estado	Verificación de "defectos volumétricos"
6294	141	+	517	2017	Revestimiento dañado. Falta de adherencia	ECDA
6295A	141	+	534	2017	Buen Estado	ECDA
6295B	141	+	534	2017	Buen Estado	ECDA
6926	141	+	715	2018	Mal Estado. Crackeado	ECDA



Intervención #6926, Revestimiento en mal estado.

Historial de Monitoreo (Plan ECDA-2017 – DCVG en áreas sensibles)

<p>Rev. DESCRIPCION FECHA ELABORO REVISO APROBO</p>						
<p>GERENCIA TÉCNICA</p>						
<p>TITULO: RELEVAMIENTOS CIS y DCVG en tramos particulares de TGN</p>						
<p>TIPO DE PLAN: INFORME TÉCNICO.</p>						
<p>LUGAR: Río Negro – La Pampa</p>						
<p>Tramo 49</p>						
<p>OBJETIVO: RELEVAMIENTOS DE POTENCIAL EN GASODUCTO 2017</p>						
<p>NUMERO DE ELABORADO TGN: GTO-IF-MD-1703</p>						
<p>Escala: 1:1000</p>						
<p>REVISION: 1</p>						

• 160+350 160+600

TRAMO: 49
 ΔV Inicio: 300 mV
 ΔV Final: 300 mV
 Fecha: Agosto 2017
 Longitud relevada (m): 1000.00
 Línea: Centro Oeste
 Denominación: C1P

Referencia s/ Progra sivas	%IR				Características del Defecto		Observaciones	Coordenadas	
	0-15	16-30	31-50	51-100	ON	OFF		S	O
160000.00							MJ 160	-37.38263330	-87.26469228
160350.04							INICIO TRAMO	-37.39022477	-87.26133236
160501.21							FIN TRAMO	-37.38859035	-87.26499230
161000.00							MJ 161	-37.33587581	-87.26285944

• 162+250 167+400

TRAMO: 49
 ΔV Inicio: 300 mV
 ΔV Final: 310 mV
 Fecha: 17 de Agosto 2017
 Longitud relevada (m): 1091.48
 Línea: Centro Oeste
 Denominación: C1P

Referencia s/ Progra sivas	%IR				Características del Defecto		Observaciones	Coordenadas	
	0-15	16-30	31-50	51-100	ON	OFF		S	O
162000							MJ 162	-37.37588848	-87.26401638
162250.95							INICIO TRAMO	-37.37588366	-87.26380179
163051.48							MJ 163	-37.37011911	-87.26458416

TRAMO: 49
 ΔV Inicio: 310 mV
 ΔV Final: 300 mV
 Fecha: 17 de Agosto 2017
 Longitud relevada (m): 883,05
 Línea: Centro Oeste
 Denominación: C1P

Referencia s/ Progra sivas	%IR				Características del Defecto		Observaciones	Coordenadas	
	0-15	16-30	31-50	51-100	ON	OFF		S	O
163051.48							MJ 163	-37.37011911	-87.26458416
163884.51							MJ 164	-37.38284074	-87.26261157

TRAMO: 49
 ΔV Inicio: 300 mV
 ΔV Final: 260 mV
 Fecha: 17 de Agosto 2017
 Longitud relevada (m): 992.78
 Línea: Centro Oeste
 Denominación: C1P

Referencia s/ Progra sivas	%IR				Características del Defecto		Observaciones	Coordenadas	
	0-15	16-30	31-50	51-100	ON	OFF		S	O
163884.51							MJ 164	-37.38284074	-87.26261157
164877.27							MJ 165	-37.38498500	-87.26428719

TRAMO: 49
 ΔV Inicio: 260 mV
 ΔV Final: 260 mV
 Fecha: 17 de Agosto 2017
 Longitud relevada (m): 1091.48
 Línea: Centro Oeste
 Denominación: C1P

Referencia s/ Progra sivas	%IR				Características del Defecto		Observaciones	Coordenadas	
	0-15	16-30	31-50	51-100	ON	OFF		S	O
164877.27							MJ 165	-37.3849899	-87.26428719
165041.03							Cruce de Carretera	-37.36466832	-87.26383983
165042.06							M OJON (250 mV)	-37.36466189	-87.26383148
166021.03							MJ 166	-37.348243	-87.26822224

- En el marco de las evaluaciones confirmatorias directas en 2017 ejecuta el relevamiento DCVG.
- En áreas sensibles
- c/resistividad < 1000 Ω-cm)

Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla

- *Tareas Post-Rotura / DCVG*
- *Excavaciones confirmatorias*
- *Pruebas de laboratorio e hipótesis de falla*

Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Tareas Post-Rotura / DCVG)

Se necesitaba estimar el alcance del problema/ daño, mediante evaluación directas → técnica DCVG

Pero.....

Se plantearon muchas preguntas en relación con la falta de indicaciones de DCVG considerando el estado del revestimiento ???



- ... era posible no tener indicaciones un año antes?
- ... la capa de adhesivo (3-LPE) habría apantallado la señal de DCVG (eléctrica) ?
- ... Había sido realizado por personal confiable y calificado?
- ... La inyección de corriente fue adecuada para exponer las indicaciones?
- ... El área habría estado aún sin agua y el revestimiento no se había agrietado todavía?

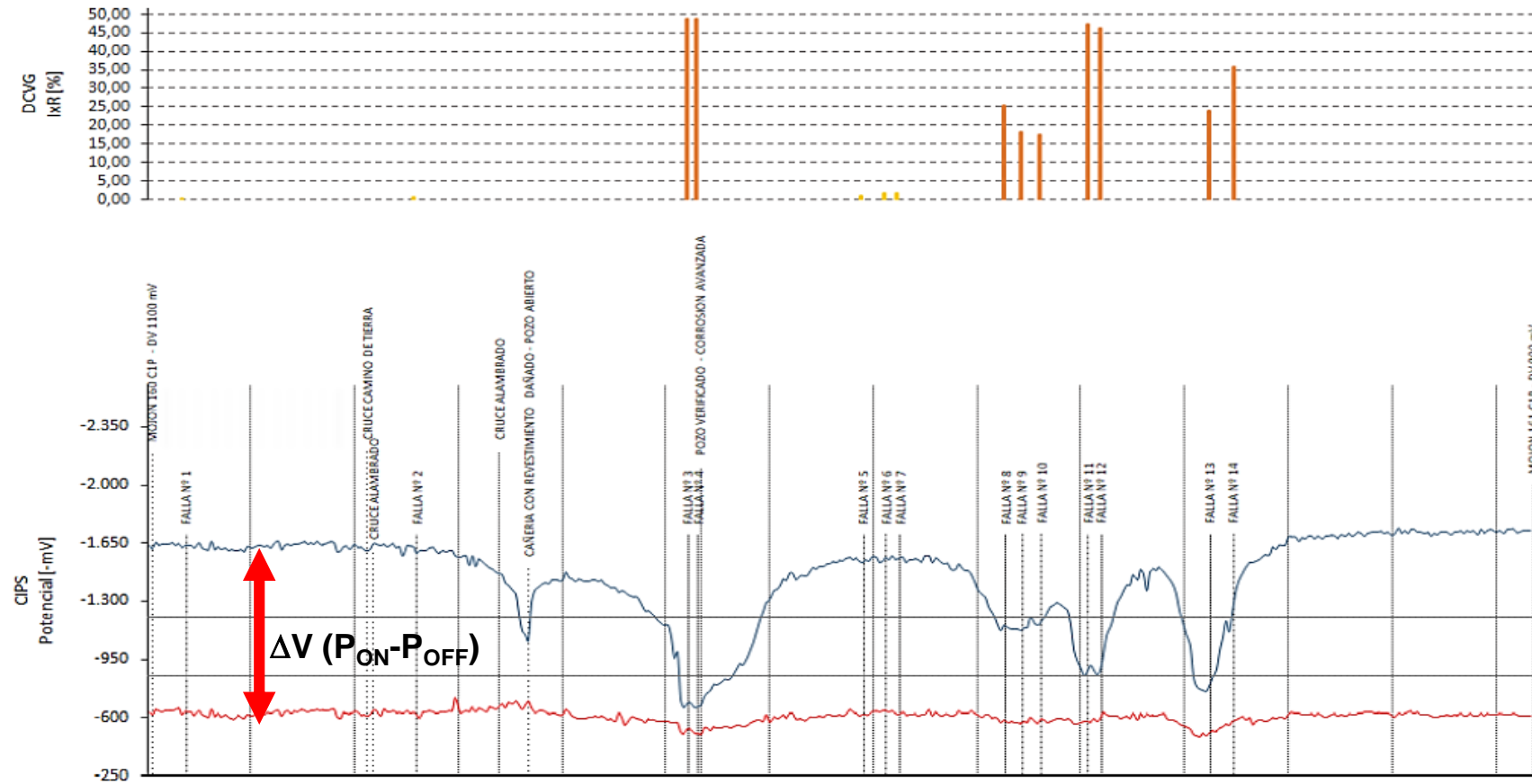
Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Tareas Post-Rotura / DCVG)

Se realiza un nuevo relevamiento DCVG que asegure:

- Certeza en sus resultados
- Trazabilidad de su ejecución
(ya que es una técnica de operador muy dependiente).
- **Asegurar $\Delta V (P_{ON}-P_{OFF}) > 500mV$**
Medido en todos lo mojones
- **Generar un perfil potenciales DCVG**
en cada medición de gradiente

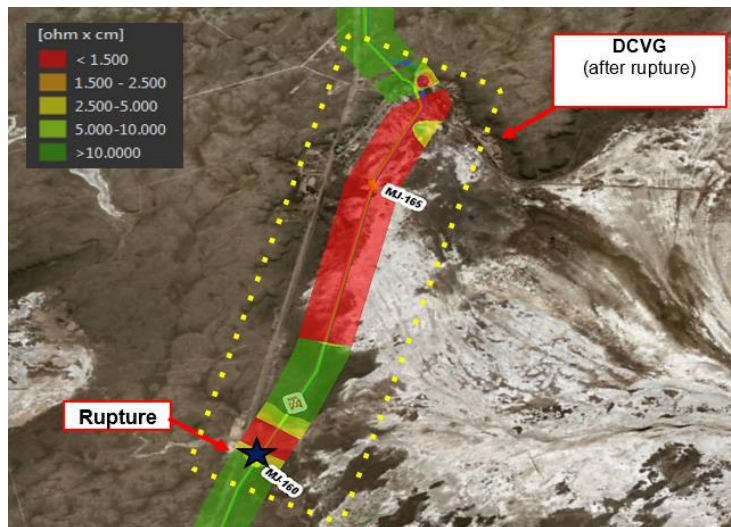


Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Tareas Post-Rotura / DCVG)



Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Tareas Post-Rotura / DCVG)

PK	%IR 0-15	%IR 16-35	%IR 36-60	%IR 61-100
160 to 161	5	4	5	--
161 to 162	7	2	--	--
162 to 163	8	1	--	--
163 to 164	3	--	--	--
164 to 165	3	--	--	--
165 to 166	9	--	--	--



- 11 pozos de verificación
- Diferentes niveles de %I_xR
- Diferentes grados de agrietamiento o deterioro (Siendo más importante en la vecindad del área de ruptura.)

Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Excavaciones confirmatorias)

- Se realizaron excavaciones en sectores donde no se registraron indicaciones de DCVG y el patrón de agrietamiento también estuvo presente .
- En algunos de estos casos, el detector de fallas de revestimiento (HHD) no muestra discontinuidades.
- La mayor parte del agrietamiento se produjo en la capa exterior, mientras que el adhesivo permaneció como una unidad, apantallando la señal de PC y DCVG.

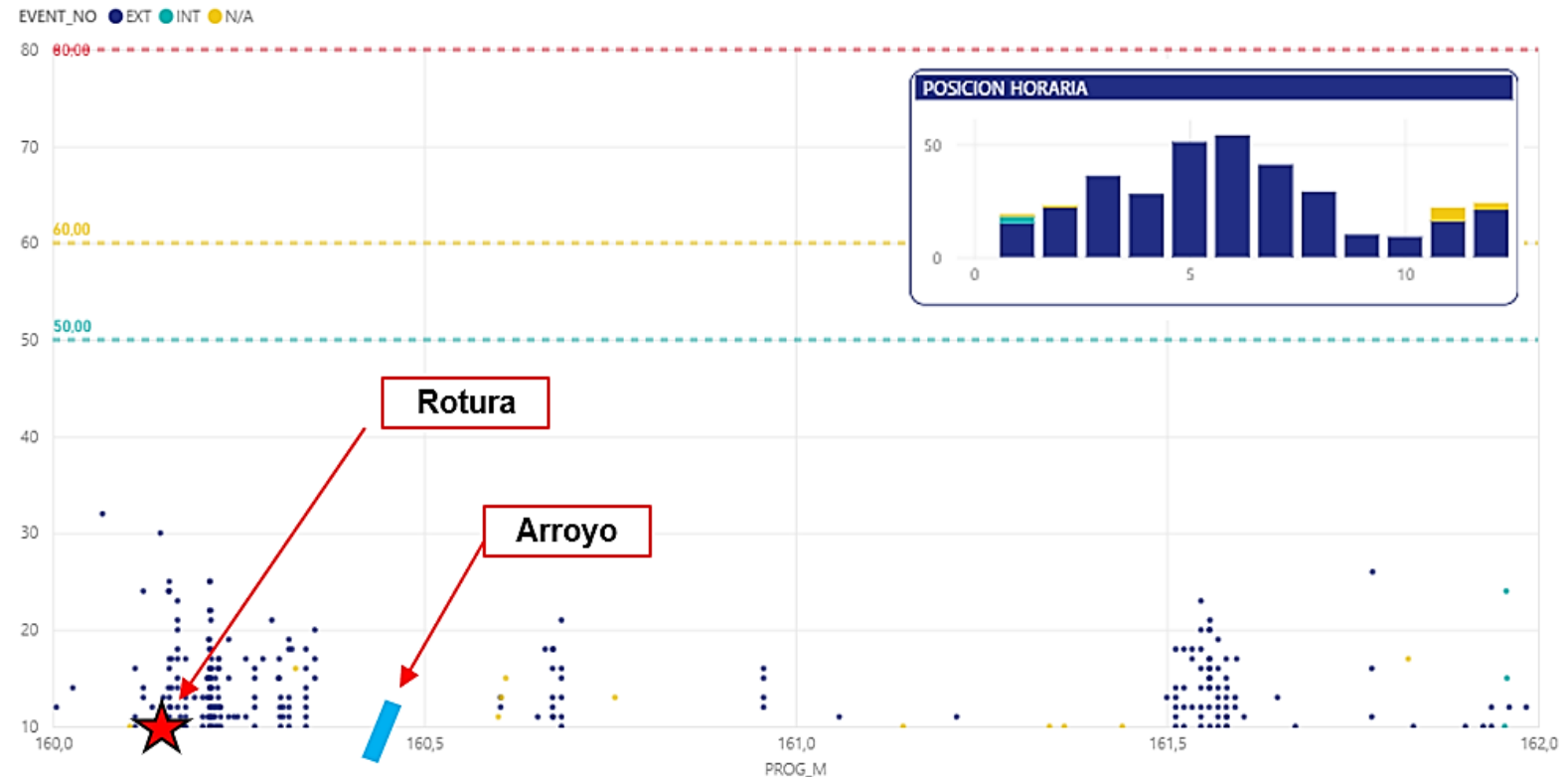


Pozos sin indicaciones DCVG

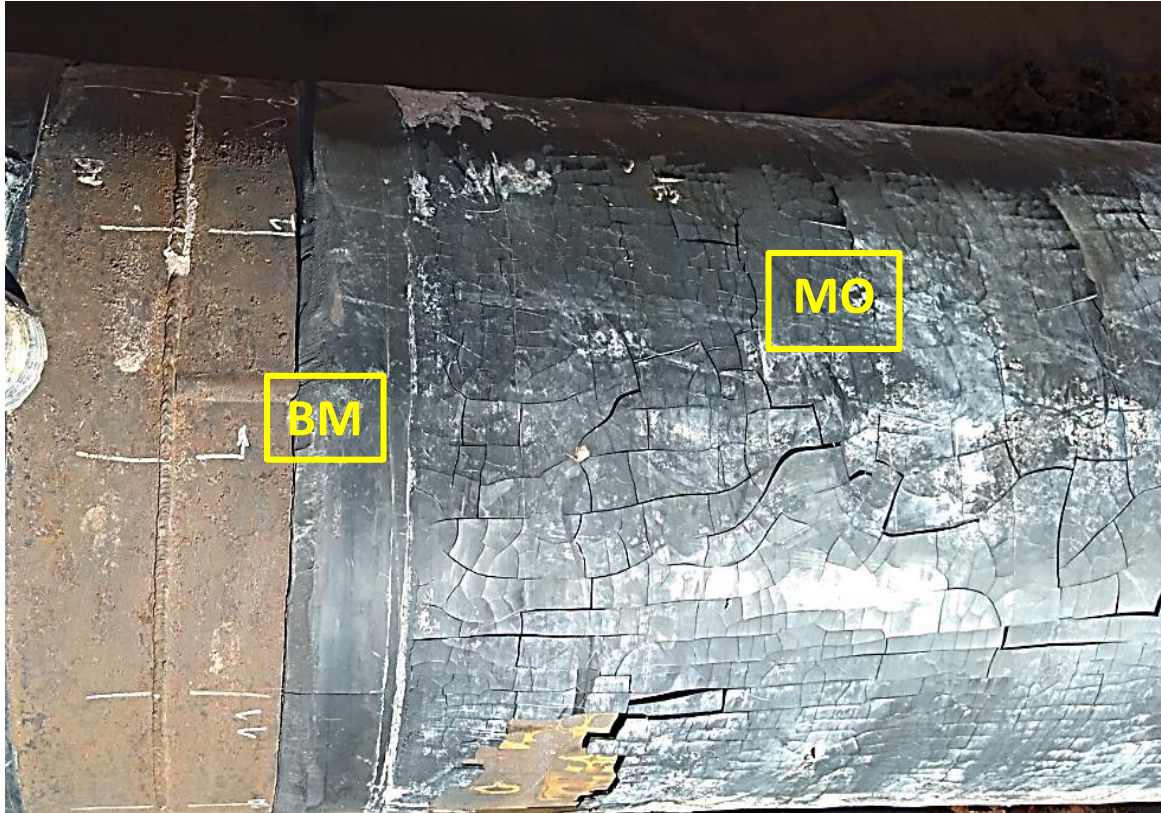
Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Inspección interna 2018/2019)

Confirma que no hay defectos con mas 25%-30% de profundidad en el sector del gasoducto inspeccionado por el DCVG, donde solo se obtuvieron indicaciones 0-15% de IxR.

Los defectos de mayores (próximos a la zona de la rotura) fueron concordantes con las indicaciones 30-60% de IxR

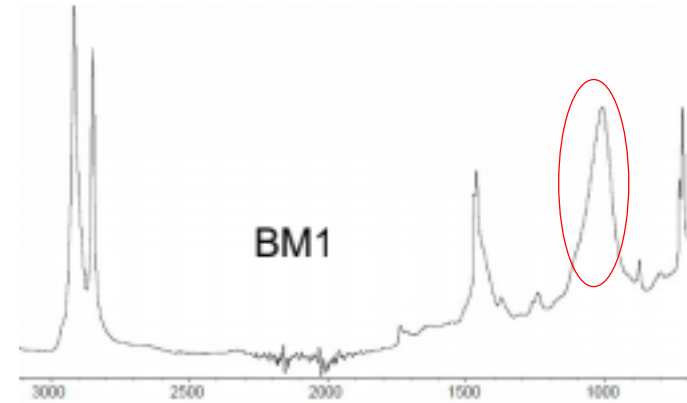
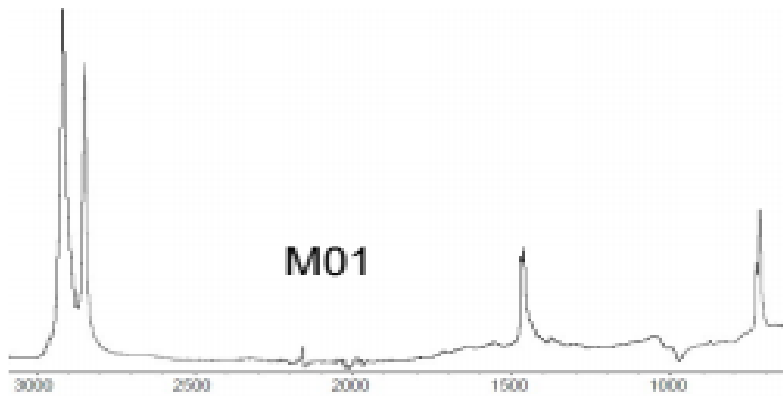


Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Pruebas de laboratorio e hipótesis de falla)



- Durante los trabajos de pozos, se tomaron muestras de suelo y revestimiento para ser analizadas en el laboratorio.
- Se verificó diferente estado/comportamiento del revestimiento bajo las mantas termocontraíbles.

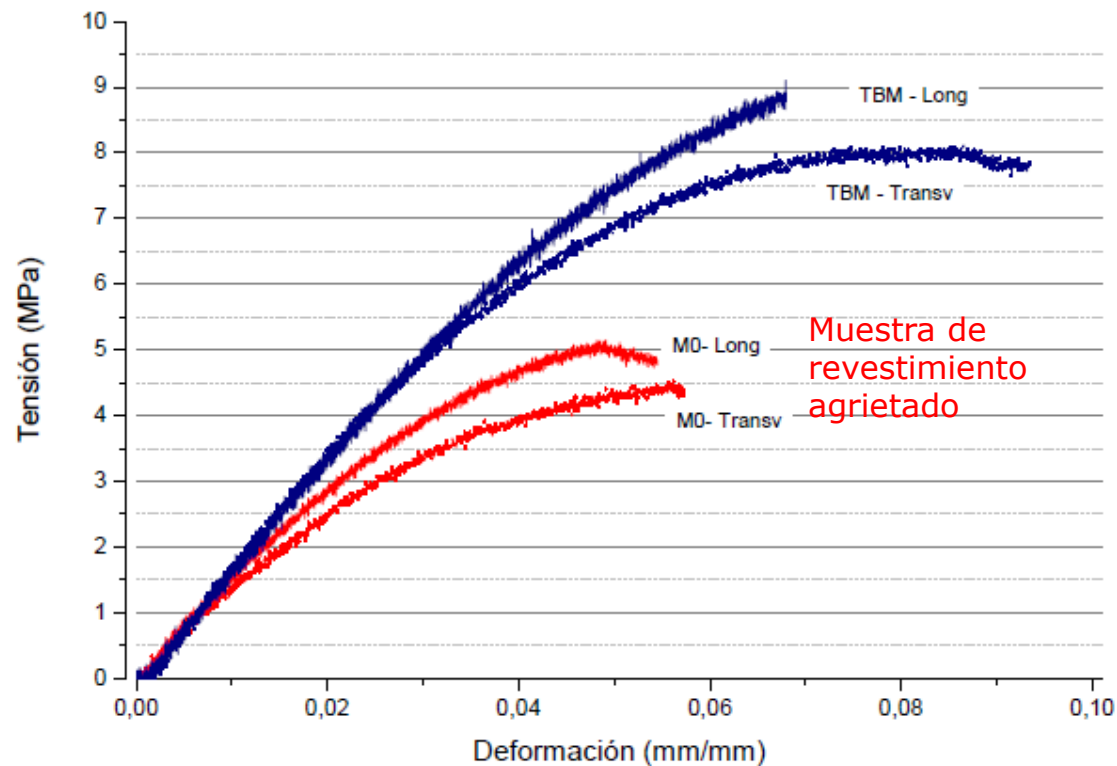
Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla **(Pruebas de laboratorio e hipótesis de falla)**



Espectroscopía infrarroja: Muestra de revestimiento degradado (M01) y muestra revestimiento bajo manta (BM1)

La espectroscopía infrarroja mostró que el recubrimiento que estuvo en contacto con el medio mostró disolución de algunos aditivos que estaban presentes en el recubrimiento protegido por las mantas (HSS).

Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla (Pruebas de laboratorio e hipótesis de falla)



El estudio del comportamiento mecánico en flexión mostró un mayor endurecimiento del material en contacto con el medio debido a la pérdida de aditivos.

Dimensionamiento del daño/mecanismos de falla **(Pruebas de laboratorio e hipótesis de falla)**



- Los resultados de laboratorio para las muestras del recubrimiento que se encontraba bajo mantas fueron coincidentes con valores medidos en polietilenos de baja densidad (LDPE).
- Las muestras de recubrimiento expuestas al medio (en contacto con el suelo), registró una degradación acelerada.

Hipótesis de falla: el recubrimiento había superado su vida útil (envejecimiento). Al estar sumergido y/o en contacto con el medio, ciertos aditivos se disolvieron, lo que provocó la fragilización y posterior agrietamiento.

Como este revestimiento agrietado se encontró en un suelo categorizado como "muy corrosivo" y la Protección Catódica estaba apantallada, hubo un aumento acelerado en la tasa de corrosión, dando lugar a esta falla catastrófica.



Rotura de Gasoducto de 30" por degradación de su revestimiento de polietileno tricapa

- Conclusiones**
- ❑ Este proceso de degradación se limitaría a un polietileno de baja densidad fabricado con estándares antiguos.
 - ❑ La baja densidad del polietileno, los bajos espesores, la falta de requisitos en los componentes básicos, y reducidos controles de calidad, son otros factores que han provocado la baja performance de estos recubrimientos.

- Futuros retos...**
- Disponer de una herramienta que permita identificar y dimensionar con precisión el revestimiento desprendido.
 - Contar con una base de datos de estudios de revestimientos que permitan predecir su vida útil remanente.
 - Alcanzar la vida útil esperada para estos revestimientos (45 años)

Muchas Gracias

¿Preguntas?



Andrea.Moneta@tgn.com.ar
German.Mancuso@tgn.com.ar