

METODOLOGÍA PARA ALCANCE DE MÚLTIPLES EQUIPOS DE PROTECCIÓN CATÓDICA EN SIMULTÁNEO

Cristian Oyarzun, Daniel Bustamante, TGS SA, daniel_bustamante@tgs.com.ar,
cristian_oyarzun@tgs.com.ar

Sinopsis

El relevamiento del alcance de equipos de protección catódica por corriente impresa es un aspecto fundamental del sistema. A partir de este se toman decisiones vinculadas a la compra e instalación de nuevos equipos, a la definición de equipos a intervenir en relevamiento de on-off, CIPS y DCVG, y al análisis del comportamiento de la protección individual de los equipos instalados.

El presente ensayo realizado en el gasoducto San Martin Austral, tuvo como objetivo la implementación de una nueva metodología que permita el relevamiento del alcance de equipos de protección por corriente impresa de manera más rápida y eficiente. La metodología actual permite el relevamiento de un equipo por vez y tiene sus ventajas cuando se utiliza un multímetro simple. Sin embargo, la idea principal de esta nueva metodología es implementar un sistema que permita relevar más de un equipo y evitar la repetición de recorridos sobre la traza del gasoducto y a su vez reducir los tiempos de relevamiento.

Para ello se desarrolló y probó una nueva metodología, que incluye la configuración individual de interruptores de corriente para cada equipo y la utilización de un datalogger en el que fuera posible ver los valores de forma gráfica, así como tomar valores instantáneos de on y off. La configuración individual permite reconocer cada equipo sobre la traza y por lo tanto permite relevar con varios equipos ciclando a la vez.

Los resultados del ensayo evidenciaron una reducción del tiempo de relevamiento de 2 días a 1 día para 3 equipos en una zona de 44 km lineales de gasoducto (con dos líneas paralelas) y 88 puntos de medición. Donde se recorrieron en total cerca de 144 km contra 192 km si se aplicara la metodología de ciclado de un solo equipo. Y se midieron una sola vez los 88 puntos contra 145 mediciones que se hubieran tenido que hacer trabajando de a un equipo por vez.

En resumen, la metodología de ciclado de más de un equipo con configuraciones diferentes entre sí permite un relevamiento más eficiente, que optimiza recursos y agiliza la toma de valores para determinar el alcance de cada uno.

Introducción

La protección anticorrosiva de los ductos metálicos es un aspecto fundamental para la industria, en consecuencia, los estudios que se realizan sobre estos requieren ser efectivos y eficientes. Uno de estos estudios es el alcance de los equipos de protección anticorrosiva en el sistema.

La relevancia del estudio de alcance de las UPCCIs (Unidad de Protección Catódica por Corriente Impresa) es transversal a todos los otros estudios que se realizan sobre los ductos. Este estudio permite la cantidad de UPCCIs a intervenir en un relevamiento de potenciales on-off, CIPS, DCVG, así como evaluar la necesidad de incorporación de equipos y la capacidad de cobertura de cada equipo individual. Asimismo, los equipos pierden alcance a lo largo de su vida útil y los cambios en el revestimiento y el terreno también influyen sobre dicho alcance. Por lo tanto, hay una necesidad real de determinar el alcance con una frecuencia a determinar según el tipo de ducto.

Por este motivo, en el presente ensayo se buscó desarrollar una forma más eficiente de realizar la tarea sin perder la eficacia del método estándar utilizado. El método original consiste en intervenir un solo equipo y fue concebido para poder ejecutarse con un multímetro estándar. Este método implica la repetición de relevamiento de puntos de medición cuando se realiza el estudio en más de un equipo. Además, los tiempos se hacen aún mayores cuanto más solapamiento de los alcances hay. El objetivo es eliminar dichas repeticiones mediante el uso de herramientas actualmente disponibles, evitando relevar más de una vez los mismos puntos de medición.

Para la primera prueba del método tomamos un tramo del gasoducto San Martin Austral ubicado en la provincia de Santa Cruz e intervenimos 3 equipos en total. El relevamiento de datos se realizó en una hoja de cálculo y las mediciones se obtuvieron mediante un datalogger que permite ver en tiempo real los cambios de potenciales y ajustar los momentos, durante el ciclo, en que se miden los valores.

En la primera parte se describe la metodología estándar para determinar el alcance de un equipo en un sistema con protección activa, sus ventajas y desventajas. A continuación, se detalla la configuración de los equipos y los criterios adoptados para el relevamiento. Posteriormente se explica la lógica detrás de la metodología aplicada y la interpretación de las lecturas. Finalmente, se presentan las ventajas y desventajas de la metodología propuesta y el análisis del alcance obtenido.

Desarrollo

Metodología estándar:

La metodología estándar utilizada para relevar el alcance de una UPCCI requiere el uso de un multímetro y de un equipo interruptor de corriente. El multímetro debe tener la capacidad de actualizar valores en el rango de los 1000 ms mientras que el equipo interruptor de corriente debe poder ser configurado para realizar un ciclado en el cual puedan observarse claramente los cambios en los valores por el multímetro, como por ejemplo 9000 ms de on por 3000 ms de off.

Para realizar el ensayo se interrumpe la UPCCI mediante un interruptor de corriente y luego se releva en cada punto de medición el ΔV entre el valor de Von y el de Voff. El criterio para determinar el alcance del equipo es que no sea posible distinguir el ΔV en la medición con el multímetro. Para tal fin, se recorre la traza tanto aguas arriba como aguas abajo de la UPCCI hasta encontrar el punto kilométrico máximo donde el ΔV cumple con este criterio, este punto sería el alcance máximo de esa UPCCI en particular.

Las ventajas de esta metodología son que no requiere de mucho instrumental, con un equipo interruptor, un electrodo de referencia, puntas de ensayo y un multímetro es suficiente. Además de esto, el multímetro es un instrumento sencillo, económico y de operación intuitiva. En el caso del interruptor solo se necesita un equipo y no es necesario que sea sincronizable o satelital.

La principal desventaja es que solo se puede realizar el relevamiento de un equipo a la vez ya que es muy difícil distinguir en un multímetro los cambios muy rápidos en los valores de voltaje. Además, como ya se mencionó, cuando se deben relevar varios equipos en una misma zona, con solapamiento de la protección, se repiten mediciones sobre los mismos puntos varias veces lo que prolonga los tiempos de relevamiento.

Configuración de los equipos:

A continuación, se enumeran los equipos necesarios para la nueva metodología.

- Interruptores de corriente: Sincronizables y configurables. Tantos como equipos a relevar.
- Datalogger: Con multímetro o voltímetro integrado, que permita visualizar gráficas de los valores y configurar los momentos de lectura de valores on y off en los ciclos.
- Electrodo de referencia y puntas para ensayo.

Para describir la configuración de estos se presenta el caso de tres equipos a ciclar, correspondientes al ensayo realizado.

En primer lugar, es necesario asegurar que el ciclo on de todos los equipos esté sincronizado de manera adecuada, todos los on deben empezar en el mismo momento. Es por esto que los equipos deben ser sincronizables.

A continuación, se determina un tiempo total (t_{total}) de los ciclos completos, es decir, el tiempo del ciclo on (t_{on}) más el tiempo del ciclo off (t_{off}). Para este ensayo determinamos un ciclo completo (t_{total}) de 12s (12000 ms). Esto es especialmente importante si el datalogger se puede sincronizar con un GPS, además también evita que los ciclos completos se vayan desfasando uno de otro y compliquen la lectura.

Luego determinamos un tiempo mínimo en milisegundos en el cual el datalogger nos da valores fiables. Este tiempo es el usado para los desfasajes en el inicio de los ciclos off (t_{des}). Para el caso que se plantea se usaron 1000 ms.

Además de todo eso podemos determinar una base máxima para el ciclo off (t_{offmax}), en este ensayo se estableció como criterio no superar los 4000ms de ciclo off, para evitar despolarizar el ducto mientras se realizaba el relevamiento.

Mediante la siguiente fórmula se determinan los ciclos, donde n_{equip} es la cantidad de equipos instalados siendo 0 si es el primer equipo para instalar, 1 si es el segundo y así sucesivamente:

$$t_{off} = t_{offmax} - t_{des} \cdot (n_{equip})$$

$$t_{on} = t_{total} - t_{off}$$

A continuación, se dan los ejemplos de los cálculos para los 3 equipos utilizados.

$$t_{off1} = 4000ms - 1000ms \cdot (0) = 4000ms - 0ms = 4000ms$$

$$t_{on1} = 12000ms - 4000ms = 8000ms$$

$$t_{off2} = 4000ms - 1000ms \cdot (1) = 4000ms - 1000ms = 3000ms$$

$$t_{on1} = 12000ms - 3000ms = 9000ms$$

$$t_{off3} = 4000ms - 1000ms \cdot (2) = 4000ms - 2000ms = 2000ms$$

$$t_{on1} = 12000ms - 2000ms = 10000ms$$

De esta manera, el primer equipo queda configurado con un ciclo on de 8000ms y un off de 4000ms. El segundo con un ciclo on de 9000ms y un off de 3000ms. Por último, el tercero con un ciclo on de 10000ms y uno off de 2000ms.

Esta configuración desfasa los inicios de los ciclos off, pero mantiene los on sincronizados.

Para el datalogger se utilizó una configuración específica que permite aplicar un desfase temporal, en milisegundos, sobre una sincronización satelital de los equipos instalados. Para esto la configuración inicial de on y off se hizo con la del primer equipo, es decir 8s de on por 4s de off. Los desfases para la medición deben ser configurados para realizar las lecturas en el momento correcto. Por esto se estableció un desfase para el on en 500ms y para el off usamos la siguiente fórmula dependiendo de que equipo queremos relevar:

$$t_{delayoff} = t_{des} \cdot n_{equip} + \frac{t_{des}}{2}$$

Que aplicada a los equipos queda.

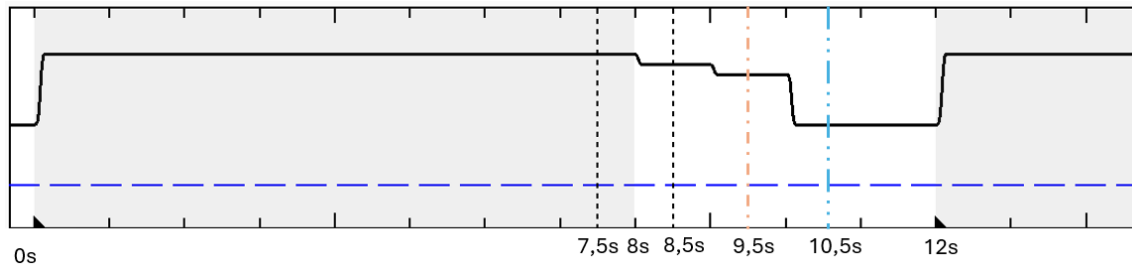
$$t_{delayoff1} = 1000ms \cdot 0 + \frac{1000ms}{2} = 0ms + 500ms = 500ms$$

$$t_{delayoff2} = 1000ms \cdot 1 + \frac{1000ms}{2} = 1000ms + 500ms = 1500ms$$

$$t_{delayoff3} = 1000ms \cdot 2 + \frac{1000ms}{2} = 2000ms + 500ms = 2500ms$$

Considerando estos valores de desfase para la medición de los valores de off para cada equipo, se establece en el datalogger, tomando como referencia los 8s on y 4s off, los desfases desde el inicio de un ciclo completo en 8500ms para el primer off, 9500ms para el segundo y 10500ms para el tercero.

Esto puede ser mejor entendido con una gráfica como la que se muestra a continuación:



En gris se puede ver el ciclo on y en blanco el off. La línea sólida negra es la medición de voltaje de un ducto contra un electrodo de referencia. Las líneas negras punteadas son los valores iniciales de medición para 500ms on y 500ms off del primer equipo. La línea naranja (línea-punto) es el tiempo de medición para el segundo equipo y la celeste (línea-punto-punto) es el tiempo de medición para el tercer equipo.

A estos valores medidos los denominaremos On, Off₁, Off₂, Off₃... Off_n donde n es la cantidad de equipos que estemos interviniendo.

Para poder determinar los ΔV usaremos la siguiente fórmula.

Esta fórmula se usa con el primer equipo

$$\Delta Off_1 = On - Off_1$$

Esta fórmula se usa con el resto de los equipos donde n es el equipo del cual se quiere saber el delta

$$\Delta Off_n = Off_{n-1} - Off_n$$

Para efectos prácticos tomaremos un criterio de ΔV de 20mv como limite para decir que un equipo tiene alcance, todos los valores de delta por debajo de este valor serán considerados como que el equipo ya no tiene alcance. Este valor es arbitrario ya que depende del tipo de revestimiento y de la cantidad de ruido que haya sobre el ducto. Esto deberá ser definido en base a la experiencia y condiciones específicas de cada ducto.

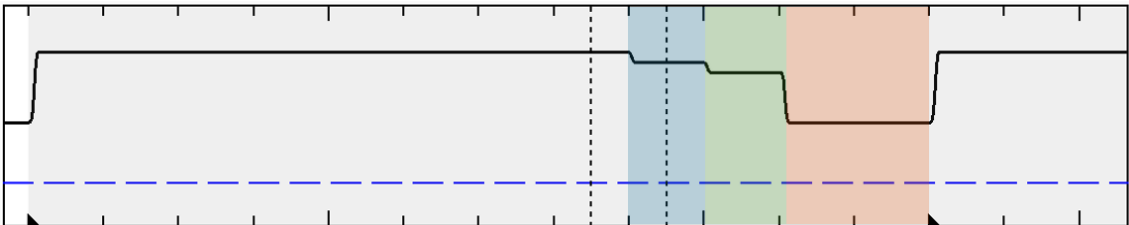
Lógica de la metodología aplicada:

Considerando la principal desventaja que presenta el método estándar podemos hacer un estimativo rápido del tiempo que demoraría relevar 3 equipos con un solapamiento de 10 km en cada dirección y un alcance de 15 km también en ambas direcciones.

Para poder empezar a medir es determina la ubicación de cada interruptor para poder determinar a qué equipo corresponde el aumento de tensión en la gráfica al momento de relevar.

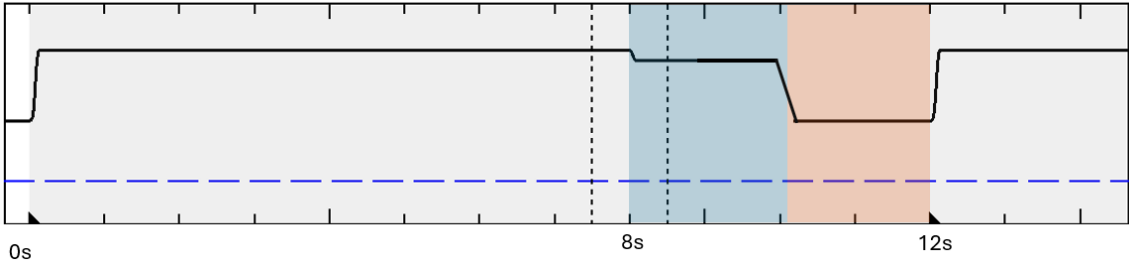
Las mediciones requieren de relevar todos los valores necesarios y visibles a simple vista en el gráfico con la escala más adecuada. Para determinar la escala podemos tomar el mayor valor histórico de off en el tramo y el menor valor de on conocido en zona.

Las gráficas que veamos van a variar con el lugar donde se este midiendo, el orden en que se pusieron los equipos y el alcance de estos. Una gráfica ideal es como la de la siguiente imagen.



Marcado con colores se encuentran los intervalos donde vemos el off de cada equipo. Esta gráfica indica que hay 3 equipos alcanzando este punto ya que hay 3 subidas de voltaje (que en este grafico se ven como caídas porque la escala superior es -2V y la inferior 0,5V). Usando el mismo criterio en las otras gráficas es posible identificar qué equipos tiene alcance por el desfase de los inicios de los ciclos de off.

En esta segunda gráfica se presentan solo dos equipos alcanzando el punto de medición y, por el inicio del off de ambos, podemos determinar que son el primero y el tercer interruptor. Esta conclusión se deriva de las configuraciones de los interruptores, ya que el primer equipo inicia su ciclo on a los 8000ms y el tercer equipo empieza su ciclo off a los 10000ms. Por ende, las caídas en la gráfica deben corresponder a estos dos interruptores. Y por lo tanto se infiere que en este punto las dos UPCCIs que tienen los correspondientes interruptores tienen alcance.



De esta forma se realizará todo el relevamiento. En cada punto de medición evaluaremos la gráfica, se determinará qué equipos llegan y registraran los valores medidos usando los correspondientes desfases.

Datos del ensayo realizado en campo:

Los valores expresados en la tabla son en mV, las progresivas son kilométricas (Pk). En la fila superior se encuentran las progresivas donde están las 3 UPCCIs intervenidas para el relevamiento. En la columna izquierda las progresivas de los puntos de medición. Se agrego una columna para dejar comentarios. Los valores que se ven en la tabla son los del ΔV calculados.

Pk	94	105	128	Comentarios
82	0	0	0	
83	8	0	0	
84	16	0	0	
85	27	0	0	Inicio alcance Pk94

86	40	0	0	
87	43,5	0	0	
88	47	0	0	
89	40	0	0	
90	47	15	0	
91	59	28	0	Inicio alcance Pk105
92	52,5	34	0	
93	46	40	0	
94	41,5	60	0	
95	37	80	0	
96	38,5	91,5	0	
97	40	103	0	
98	35,5	111	0	
99	31	119	0	
100	29	160	0	
101	24,5	160	0	
102	20	208	0	Fin alcance Pk94
103	0	120	0	
104	0	260	0	
105	0	230	0	
106	0	200	0	
107	0	200	0	
108	0	200	0	
109	0	130	0	
110	0	60	10	
111	0	42	10	
112	0	70	15	
113	0	86	28	Inicio alcance Pk128
114	0	63	33	
115	0	40	38	
116	0	35	49	
117	0	30	60	Fin alcance Pk105
118	0	12	62	
119	0	0	80	
120	0	0	118,5	
121	0	0	157	
122	0	0	178,5	
123	0	0	200	
124	0	0	270	
125	0	0	340	
126	0	0	320	
127	0	0	300	
128	0	0	375	
129	0	0	450	
130	0	0	449,5	
131	0	0	449	

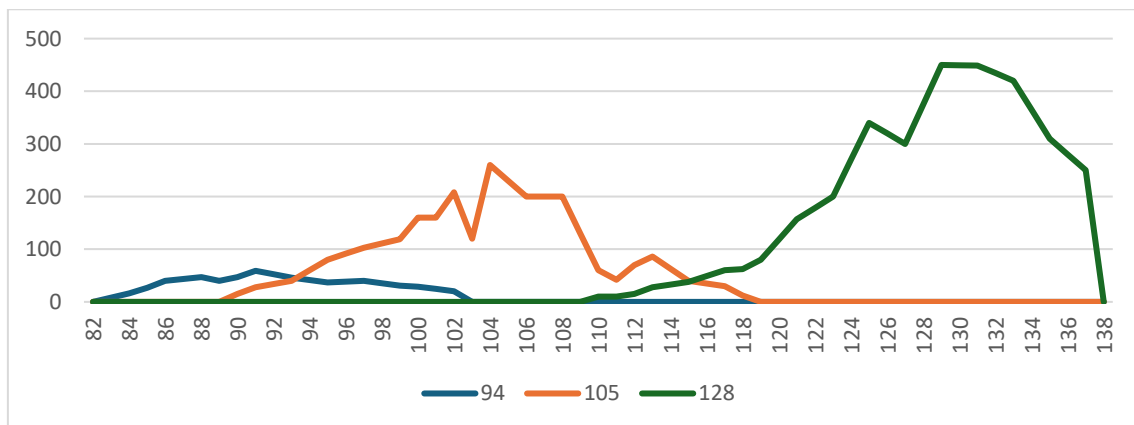
132	0	0	434,5	
133	0	0	420	
134	0	0	365	
135	0	0	310	
136	0	0	280	
137	0	0	250	Fin ensayo
138	0	0		

Datos relevados en el loop de 30 pulgadas

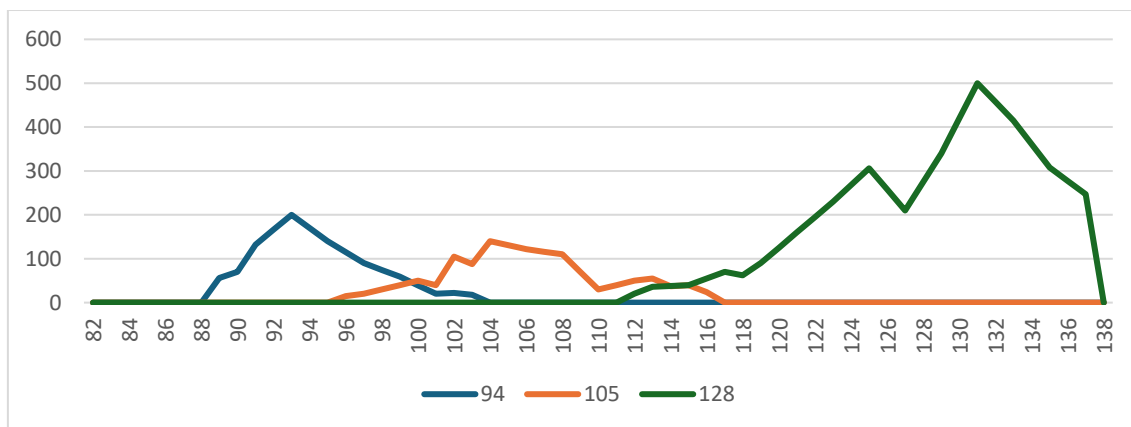
Progresiva	94	105	128	Comentarios
82	0	0	0	
83	0	0	0	
84	0	0	0	
85	0	0	0	
86	0	0	0	
87	0	0	0	
88	0	0	0	
89	56	0	0	Inicio alcance Pk94
90	70	0	0	
91	132	0	0	
92	166	0	0	
93	200	0	0	
94	170	0	0	
95	140	0	0	
96	115	15	0	Inicio alcance Pk105
97	90	20	0	
98	74,5	30	0	
99	59	40	0	
100	39	50	0	
101	20	40	0	
102	22	105	0	
103	18	88	0	Fin alcance Pk94
104	0	140	0	
105	0	131	0	
106	0	122	0	
107	0	116	0	
108	0	110	0	
109	0	70	0	
110	0	30	0	
111	0	40	0	
112	0	50	20	Inicio alcance Pk128
113	0	55	36	
114	0	37	38	
115	0	40	40	
116	0	24	55	Fin alcance Pk105

117	0	0	70	
118	0	0	62	
119	0	0	90	
120	0	0	125	
121	0	0	160	
122	0	0	195	
123	0	0	230	
124	0	0	268	
125	0	0	306	
126	0	0	258	
127	0	0	210	
128	0	0	275	
129	0	0	340	
130	0	0	420	
131	0	0	500	
132	0	0	457,5	
133	0	0	415	
134	0	0	361,5	
135	0	0	308	
136	0	0	277,5	Fin ensayo

Del análisis de la gráfica de estos valores podemos observar el alcance de cada equipo y su desempeño a lo largo del sistema.



En la siguiente gráfica se muestran los datos del desempeño sobre el ducto paralelo. El relevamiento también se realizó en simultáneo.

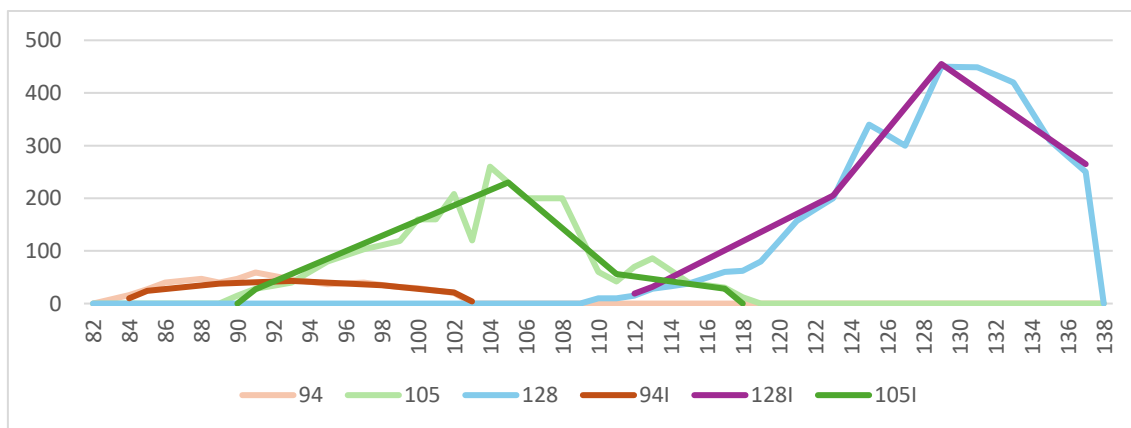


En las mismas podemos observar que hay efectivamente solapamiento del alcance de los equipos.

Para este relevamiento se estima que se redujo el tiempo de relevamiento de 2 días a 1 día y que la cantidad de punto de medición extras que se evitaron relevar fueron 57. Considerando que hay 2 ductos en zona y que se midió el alcance para ambos de las 3 UPCCI en zona.

Para la comprobación del nuevo método con respecto al método estándar se midieron los puntos finales del alcance y puntos intermedios específicos mediante interrupción de los equipos de forma individual.

El resultado se ve en la siguiente gráfica donde la forma general de los alcances es similar para los dos métodos. En la gráfica se denominó a los equipos con una letra I al final si fueron ciclados de forma individual.



Para el tiempo de procesamiento de los datos no se encuentran diferencias, ya que los resultados del relevamiento en campo son las diferencias de voltajes entre los valores con el equipo encendido e interrumpido para ambos métodos.

Conclusión

Esta nueva metodología resulta en un relevamiento más rápido para varios equipos que presentan zonas donde el alcance de dos o más equipos se solapa. Además, permite un recorrido directo y completo de la zona a relevar. Los valores medidos resultan iguales que los de la metodología estándar y permiten el mismo análisis. Los tiempos de procesamiento de los datos luego del relevamiento son similares en ambas metodologías.

Dado que se releva más de un equipo a la vez el relevamiento requiere de una mayor atención a la hora de tomar los datos. Se necesita instrumental más específico, en mayor cantidad y configurable para poder realizar la tarea de forma correcta.

Por la naturaleza y la forma de realizar, esta nueva metodología es compatible con el relevamiento de valores ON-OFF en simultaneo.

Reseña de los autores

Cristian Miguel Oyarzun se desempeña en el área de Protección Catódica de Transportadora de Gas del Sur S.A. (TGS), en la Subbase Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina. Cuenta con formación técnica en áreas eléctricas, instrumentación y química, y experiencia en instalaciones industriales, instrumentación eléctrica y operación de plantas. Desde 2021 participa activamente en tareas de protección catódica, realizando relevamientos ON-OFF y CIPS, detección de interferencias, y análisis de mejoras en sistemas de protección anticorrosiva en diferentes zonas del país, orientados a la optimización de tiempos, recursos y desempeño de los sistemas. Posee experiencia en trabajos de campo sobre ductos e instalaciones asociadas a la industria del gas y petróleo.

Daniel Alejandro Bustamante se desempeña como especialista en Protección Anticorrosiva en Transportadora de Gas del Sur S.A. (TGS), con base en Río Gallegos, Argentina. Es Técnico Electrónico, egresado de la Escuela Industrial N.º 4 “José Menéndez”. Cuenta con experiencia en operación de gasoductos y en la evaluación, diagnóstico y relevamiento de sistemas de protección anticorrosiva para ductos enterrados. Ha trabajado en estudios de alcance de unidades de protección catódica por corriente impresa, en relevamientos de potenciales ON-OFF y CIPS. Posee cursos de CP1 y CP2, con exámenes teóricos y prácticos aprobados, vinculadas a protección catódica.