



IMPLEMENTACIÓN DE LAVADO DE AISLADORES CON EQUIPO LAVADRIEL

Armando Mario De la Cruz Carmona

Coordinador Programación Mantenimiento Líneas
Gestión Mantenimiento
Transelca S.A. E.S.P. - Colombia
adelacruz@transelca.com.co

RESUMEN.

Experiencia en la implementación del lavado de aisladores energizados con equipo portátil tipo “lavadriel”.

PALABRAS CLAVES.

Lavado, energizado, lavadriel.

INTRODUCCIÓN.

En Transelca se requiere el lavado de los aisladores de las líneas y subestaciones de transmisión de energía eléctrica (hasta 220 kV) para evitar salidas de servicio indeseadas debido a que ellos se contaminan por los fuertes vientos que se presentan en época de verano y por su cercanía al mar y a zonas industriales.

El lavado tradicional se viene efectuando con bombas centrífugas de alta presión y alto caudal las cuales son movidas por motores de combustión interna y requieren transporte en camiones debido al peso propio y al del agua necesaria para lavar.

Para aquellas situaciones en las cuales el acceso a la torre no permitía el ingreso del camión de lavado la regulación permitía la desenergización del circuito para su limpieza manual.

Sin embargo, la regulación cambió motivando la implementación de una nueva estrategia de lavado utilizando equipos de lavado de alta presión, de bajo caudal y de bajo peso que pudieran ser transportados en camionetas o al hombro para el ingreso a la torre.

1. METODOLOGÍA

Para determinar si el lavado era efectivo con la nueva estrategia se determinó utilizar la misma frecuencia de lavado y verificar visualmente el estado de contaminación entre lavados para advertir si ese estado era tan alto que ameritase un lavado antes de lo programado.

Se realizó capacitación en el uso de este tipo de equipo portátil de lavado y se efectuó lavado de subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica con este equipo.

Las subestaciones lavadas con este nuevo equipo fueron Ternera y Termo Cartagena de Transelca. En líneas se lavaron torres con difícil acceso de los circuitos In 822/826 y 827/828 en Barranquilla.

2. MATERIALES

Los equipos y herramientas requeridas son las siguientes:

- Transporte de equipo de alta presión para lavado (tipo Lavadriel) y agua.
- Equipo lavadriel con manguera conductiva, manguera dieléctrica, boquilla, pistola. Pértiga.
- Guantes dieléctricos con guantes internos.
- Una polea.
- Cuerda sintética de 5/8" x 100 m.
- Caja de herramientas.
- Arnés de seguridad y equipo de Protección personal.
- Estrobo cerrado de manila.
- Camioneta 4x4 para transporte del personal.

- Equipo portátil Medidor de resistencia tipo Megger BM25
- Equipo portátil para medición de conductividad del agua.
- Traje conductivo.



Fig. 1. Equipo Lavadriel.

El equipo utilizado es fabricado por el grupo Driel del país de México (www.silidriel.com). El sistema de lavado de aisladores es denominado "lavadriel"

Según sus fabricantes, este sistema es capaz de remover cualquier incrustante hasta recuperar la superficie lisa y vidriada, Sean estos de porcelana o de vidrio. Puede usarse en líneas desenergizadas y en instalaciones en vivo o con tensión, con un alto grado de confianza en sus bondades para no ocasionar fallas del aislamiento a tierra.

1.1 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO LAVADRIEL.

El equipo lo conforman las siguientes partes:

- Hidrobomba: Montada en gabinete móvil, con motor de gasolina de 13 HP.
- Conexión a tierra: tiene como finalidad monitorear la corriente de fuga y mantener la hidrobomba a potencial de tierra.
- Manguera de agua desmineralizada: la hidrobomba alimenta el agua desmineralizada a través de una manguera conductora en su primera sección y dieléctrica en la segunda. Un gatillo permite abrir y cerrar el flujo de agua. El gatillo está

aterrizado, igual que la manguera conductora a través de la hidrobomba y la conexión a tierra. La manguera dieléctrica se mantiene flotando y no debe ser tocada por el operador en ninguna de sus partes. La manguera dieléctrica mide 10 m con diámetro interior de 1/4".

- Tobera de lavado: Al final de la manguera se encuentra una tobera que expulsa el chorro de agua y que permite adicionar carga para lavados en donde el aislamiento tiene contaminantes fuertemente adheridos.
- Pértiga dieléctrica: La pértiga dieléctrica tiene una longitud aislada de 2.9 m (6 m para 400 kV). En un extremo la toma el operador y en el otro se coloca la tobera. La tobera está articulada para poder cambiar de dirección. La dirección se controla con una vara dieléctrica de fibra de vidrio que controla el operador.
- Conductímetro: El conductímetro permite verificar que el agua desmineralizada tiene una conductividad lo suficientemente baja para poderse utilizar en alta tensión. Se anexa una tabla de conductividad contra voltaje de línea, que solamente vale para el equipo en las condiciones que aquí se describe. (Nota: si cambia la longitud o diámetro de la manguera dieléctrica, la tabla ya no sirve).
- Manguera para entrada del agua: el agua se alimenta a la hidrobomba a través de una manguera de tipo jardín. La toma de agua debe estar al nivel o más alto que la hidrobomba. No se puede tener en un recipiente o pozo que esté más abajo del nivel del suelo.
- Manguera para alimentación de carga (opcional): para lavado en donde el aislamiento tiene el contaminante incrustado o adherido químicamente, será necesario lavar con carga mineral blanda plastificada CARGADRIEL. Esta viene en costales y es incorporada al flujo de agua a través de una manguera dieléctrica convencional como la usada para las conexiones de gas.

1.2 ADQUISICIÓN.

El equipo lavadriel se adquirió mediante el pedido 4400002449 (solped 1300002137) conformado por los siguientes elementos:

Equipo de lavado para línea viva que consta de hidrolavadora de 15 lt/min, 2700 psi, motor de gasolina de 13 HP, chasis con 4 ruedas y estructura para cable, caja de herramientas para guantes y equipo de medición, 4 soportes dieléctricos, manguera conductora de 10 m, gatillo, manguera dieléctrica de 10 mts, tobera, varilla dieléctrica, pértiga dieléctrica de 6 m, amperímetro, cables para tierra y conductivímetro portátil.

Dos mangueras dieléctricas de 30 m.

Tres pértigas dieléctricas de 6 m, en tres tramos (3 m, 3.4 m y 0.6 m)

El equipo fue comprado a Aplicaciones Silidriel S.A. de C.V, www.silidriel.com. Cerro de las campanas No. 15 Col. Las Américas, Querétaro, Qro. 76121 México. Las personas de contacto fueron el licenciado Luis Daniel Cohen Hernández y el Doctor Rafael Mier.

Garantía: Un año contra defectos de materiales o mano de obra. Certificado de pruebas: 07-03-16 GAL de Noviembre 23 de 2008. Producto: pértiga aislante para lavado de aisladores en línea viva a 500 kV. Resultado satisfactorio. (mayor de 172.5 Megaohms) Lo mínimo es 6.9 Megaohms.

1.3 PASOS

Los pasos para verificar la efectividad del lavado son los siguientes:

- Preparar instructivo de lavado.
- Capacitar personal de lavado.
- Efectuar lavado en subestación o línea de transmisión.
- Hacer inspección visual de la subestación o línea lavada para observar contaminación y necesidad de lavado. En caso de requerirse se lavará.
- Se verifican los registros de disparos de los equipos en busca de aquellos que sugieran salidas de servicio por contaminación.
- Si no se ha lavado antes de la periodicidad de lavado determinada con el equipo convencional se lavará entonces con el equipo lavadriel en esta periodicidad.

Las actividades para ejecutar el lavado con el equipo lavadriel son las siguientes:

1.3.1 Condiciones Previas

Se debe informar al Centro de Control de Transelca, la iniciación del día de trabajo de lavado.

Antes de iniciar labores es necesario concientizar al personal sobre la importancia de observar estrictamente las normas de seguridad establecidas para trabajos en líneas energizadas.

Se debe programar la iniciación del lavado para las primeras horas de la mañana para aprovechar la menor intensidad del viento y obtener una jornada de trabajo más larga.

Verificar que el agua desmineralizada que va a usar sea adecuada para el nivel de tensión, Ver tabla 1

Verificar que la resistencia de la pértiga sea la adecuada para el nivel de tensión. Ver tabla 1.

Verificar que la resistencia de la manguera sea la adecuada para el nivel de tensión. Ver tabla 1.

Verificar que la hidrobomba esté colocada sobre material aislante, o aislada respecto del suelo.

Verificar que la conexión a tierra a través del medidor de corriente de fuga tenga continuidad.

Verificar que el medidor de corriente de fuga esté conectado para medir corriente alterna en los polos protegidos por el fusible.

Verificar que exista continuidad desde el gatillo hasta la hidrobomba.

Verificar que el operador se posicione en el lugar adecuado, ya sea flotando o dentro de la estructura aterrizada de una torre.

Verificar que el operador tenga todo el equipo de seguridad.

Verificar que el medidor de corriente de fuga de lecturas confiables

Verificar que la manguera de alimentación a la hidrobomba no tenga aire. Nota: si se corre la bomba con aire pueden dañarse los empaques de la bomba y presentar fugas de agua.

Verificar dirección e intensidad del viento.

Nivel de tensión kV	13.8	23	34.5	69	115	230	400	500
microSiemens	240.4	137.5	91.2	44.2	26.3	13.2	6.6	5.3
GigaOhm pértiga	1.38	2.3	3.45	6.9	11.5	23	40	50
GigaOhm manguera dieléctrica	1.38	2.3	3.45	6.9	11.5	23	40	50

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 1. Aislamiento y Conductividad

Nota: se calcularon las resistencias tomando el nivel de tensión dividido entre 0.00001 Amperios (la centésima parte de 1 miliamperio)



Fig. 2. Medición de resistencia de la pértiga y la manguera.



Fig. 3. Medición de resistencia de la pértiga y la manguera.



Fig. 4. Disposición general de los trabajos.

Lista Secuencial de Actividades

- Inicio del Instructivo.
- Para estructuras con disposición vertical de fases, instalar polea en la parte superior de la torre, por encima de la zona a lavar y en el centro de la estructura. Debe iniciarse por la fase más baja. Para estructuras con disposición horizontal de fases (tipo cara de gato), la polea se instala en el cuello de la estructura.
- Instalar conexión de puesta a tierra entre la planta de lavado y la estructura, mediante el cable propio de la hidrolavadora..
- Prenda la hidrobomba y dispense agua al vacío sin tocar aislamiento o cables energizados. Deje correr el agua unos 15 segundos. Observe el valor de corriente de fuga. Lo anterior, para purgar las mangueras dieléctricas y poner a punto el equipo antes de subir la pértiga.
- Dependiendo de las condiciones decide la presión (1000 psi) y la orientación del chorro. Si el viento es muy fuerte, se suspende el lavado hasta que éste amaine. En aislamientos de vidrio o cerámica con contaminantes de difícil remoción (cemento, aceites o grasas, excrementos) pueden ser lavados a una distancia entre 20 cm y 30 cm y puede incrementarse la presión hasta 1500 psi, verificando que el aislador no sufra desplazamientos. Aisladores de material polimérico o con gomas o siliconas dieléctricas deben ser lavados a una distancia de 50 cm y una presión no mayor de 1200 psi.

- Haciendo uso de la cuerda sintética, manteniendo la cuerda de izaje a una distancia segura de los conductores energizados y lo más cerca posible del eje de la estructura izar los siguientes elementos: conjunto manguera dieléctrica, manguera conductiva, pistola, pértiga, boquilla y los guantes dieléctricos.



Fig. 5. Personal izando la pértiga de lavado.

- El operador “lavador” debe estar flotando sobre una canastilla o algún objeto aislante. Solamente en caso de lavar desde las estructuras metálicas deberá colocarse en ellas siempre atrás del plano de tierra sin sacar cabeza, hombros o brazos. El operador lavador no deberá tocar nunca la manguera dieléctrica mientras lava. La pértiga no debe tener la manguera dieléctrica amarrada a ella. La manguera dieléctrica debe estar flotando alejada de la pértiga.
- El Liniero que va a efectuar la operación de lavado debe ubicarse a una distancia mínima de 2.20 ó 4.40 m. dependiendo de si la tensión de la línea es de 110 ó 220 kV. Para estructuras con disposición vertical de fases el liniero se ubica sobre el cuerpo de la torre aproximadamente a la altura del aislador a lavar. En estructuras con disposición horizontal de fases, se ubica en el cuello de la misma a la distancia de seguridad antes mencionada.
- El liniero se amarra a la estructura con el arnés de seguridad.
- Todo operador deberá usar en todo momento casco, guantes dieléctricos para 5000 voltios como mínimo.
- Un segundo operador “ayudante”, con el mismo equipo de seguridad, será el encargado de vigilar a su compañero “lavador” para garantizar que nunca se acerque más de lo permitido en ninguna dirección. También vigila la corriente de fuga en el medidor de corriente de fuga y avisa para que se pare la prueba si ésta llega a 0.5 miliamperios.
- El operador “ayudante” también flotando, cierra y abre el gatillo de agua, según las instrucciones del “lavador”. El “ayudante” no debe tocar la manguera aterrizada ni partes metálicas del gatillo. Sus guantes dieléctricos deben estar en contacto solamente con partes aisladas del gatillo.
- Antes de iniciar la operación, debe sujetar firmemente la pértiga y acomodarse para resistir la presión que se tendrá cuando se abra la válvula.
- Prenda la hidrobomba y dispare agua al vacío sin tocar aislamiento o cables energizados. Deje correr el agua unos 15 segundos. Observe el valor de corriente de fuga.
- Acerque el chorro a la parte inferior de un aislador que esté aterrizado abajo. Empiece a lavar mientras un operador revisa la corriente de fuga. (nota: si en cualquier momento la corriente de fuga es superior a 0.5 miliamperios, algo está mal y se debe suspender el lavado y revisar el sistema y la conductividad del agua.). Una vez que todo está bajo control se puede proceder al lavado normal. Nota: si el medidor de corriente de fuga no mide nada, no suponga que no hay corriente de fuga. Solamente indica que algo está mal, ya que debe dar lecturas variantes aunque sean pequeñas. Puede ser que el medidor de corriente de fuga esté mal conectado, que la conexión a tierra esté defectuosa o que el fusible del medidor de corriente esté quemado.
- Operar el equipo de presión, normalmente se trabaja entre 1000 y 1500 psi. El chorro se debe dirigir a la parte inferior de la cadena de aisladores para que el lavado se haga del conductor hacia el brazo (para las torres de suspensión) y lo contrario en

las torres de amarre, disminuyendo con ello los riesgos de disparo de la línea.

- Escoja los aisladores que estén viento abajo. Es decir, empiece por los aisladores que al estar lavando no salpiquen otros aisladores todavía sucios, por la acción del viento.



Fig. 6. Personal lavando el circuito.

- Inicie siempre el lavado de la parte más baja o inferior, independientemente de que la alta tensión esté arriba (en aisladores soporte) o abajo (en aisladores de suspensión). Lave la mitad de la pieza por un lado y finalmente la mitad superior del otro lado. Para terminar, de una pasada con agua a todo el aislador que ya debe estar sin contaminante, para quitarle lo que haya escurrido al lavar en forma ascendente.
- Nota: si al estar lavando se escuchan efluvios o descargas en el aislador, interrumpa el lavado y espera a que el aislador se seque. Inicie nuevamente lavando únicamente los platos inferiores en una cuarta parte de la altura primero un lado y luego el otro y siga subiendo poco a poco.
- Nota: si en cualquier momento la corriente de fuga excede 0.5 miliamperios, suspenda el lavado de inmediato y revise y corrija la anomalía.
- Proceder de igual manera para lavar las otras cadenas del circuito.



Fig. 7. Personal lavando el circuito.

- Retirar cuerdas, estrobos, poleas y demás elementos utilizados.
- Retirar de la zona de trabajo todos los equipos y herramientas.
- Avisar al Centro de control de TRANSELCA que se terminó el lavado en caliente al finalizar el día de trabajo.
- Elaborar reportes y/o registros del mantenimiento para posterior documentación.
- Tiempo aproximado de ejecución (0,5) horas por torre estando en el sitio de la torre.

3. RESULTADOS RELEVANTES

Durante el lavado con el nuevo equipo no se presentaron salidas indeseadas de los circuitos o subestaciones.

Durante las inspecciones visuales no se detectó la necesidad de adelantar el lavado de los equipos.

El volumen de agua para lavado es menor que el convencional.

Los circuitos y subestaciones no presentaron salidas de servicio indeseadas por contaminación entre dos períodos de lavado efectuados.



4. CONCLUSIONES.

La implementación del lavado de aisladores de aisladores de líneas y subestaciones de transmisión de energía eléctrica fue exitosa.

El consumo de agua es menor en la nueva metodología que en la convencional.

La efectividad del lavado para eliminar la contaminación es por lo menos similar a la metodología convencional ya que no hubo salidas indeseadas entre lavados.

- Por lo anterior, requiere de un equipo de medición de resistencia portátil para verificar las pértigas y las mangueras.
- El lavado por unidad de aislador es más lento. Sin embargo, se recupera el rendimiento por tener menores tiempos muertos en el retanqueo.
- Para el caso de lavado en líneas de transmisión requiere todavía el uso de un camión para el transporte del agua.

4.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A continuación se hace un comparativo de ventajas y desventajas del equipo lavadriel versus el equipo de lavado convencional.

4.1.1 Ventajas

- Menor costo de adquisición inicial.
- Menor consumo de agua desmineralizada.
- Menor peso del equipo para el transporte.
- Se puede transportar cargado por personal humano.
- Por ser de menor consumo de agua se puede trabajar con pequeños tanques de almacenamiento del orden de 1 metro cúbico.
- Permite lavar torres con acceso imposible para el camión del equipo de lavado convencional.
- Menores tiempos muertos entre recargas de agua ya que con taque pequeño puede trabajar mientras llega el agua nueva.
- Al tener boquilla direccional permite el lavado de las cadenas de aisladores en sentido inverso realizando un mejor lavado que el equipo convencional

4.1.2 Desventajas:

- Requiere mayores verificaciones de seguridad ya que además de verificarse el agua se debe verificar la pértiga y la manguera dieléctrica.

Armando De la Cruz.

Ingeniero Mecánico de la Universidad del Norte, ingeniero electromecánico de la Universidad Antonio Nariño y especialista en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica de la Universidad de los Andes. Ha laborado durante 20 años en el área de Mantenimiento de Líneas de Transmisión de energía eléctrica en las empresas Corelca y Transelca en Colombia.