

## Guía para la limpieza de aisladores según Norma IEEE STD 957-1995

Versión al español por: Departamento técnico Gamma – Aisladores Corona

### Segunda parte

#### 6.1.2 Tanque

##### 6.1.2.1 Tipos de material

Para transportar el agua para el lavado se usan tres materiales básicos: fibra de vidrio, acero dulce recubierto o acero inoxidable. Para cualquiera de estos tipos de tanque, se debe suministrar una base de soporte firme y rígida, como el bastidor de un camión o de un remolque o, una plataforma de aluminio y acero.

En los tanques con mayor capacidad, en donde se presenta la oscilación y la flexión, se deben usar montajes con amortiguación o, de lo contrario, se puede producir deterioro. El chasis del camión o del remolque se puede flexionar mientras transporta la carga, por lo tanto, el tanque y su base o plataforma se deben mover a medida que se presenta la oscilación o torsión del bastidor. Es esencial una base o plataforma sólida para el tanque. El montaje deberá compensar el movimiento del chasis.

Los tanques de fibra de vidrio o plástico pueden tener capacidad limitada. Los tanques de 1,9 m<sup>3</sup> (500 gal) o menos, son los más populares. Si se requiere mayor capacidad, se deben considerar los tanques de acero.

Los tanques de acero dulce se pueden recubrir en su interior e imprimir y pintar en su exterior para evitar la oxidación. Antes de recubrir el interior, es esencial que se realice aplicación de arena a chorro con presión y luego se lave completamente. Se debe eliminar toda la cubierta de fundente de la soldadura.

Es esencial la limpieza de todas las uniones y soldaduras, el conjunto de partes soldadas en el relleno del domo y las copas de entrada y salida. Se recomienda que después, personal calificado aplique un recubrimiento epóxico o de un material similar. El recubrimiento debe ser adecuado para la inmersión en agua.

La altura, la longitud y la anchura del tanque determinarán la selección del material, espesor del metal, tipo de cabezal, número y ubicación de los deflectores. En los tanques de acero dulce de 1,9m<sup>3</sup> a 4,5 m<sup>3</sup> (500 a 1.200 galones), es adecuado una culata (cabezal) con calibre 10 (3,4 mm o 0,1345 pulgadas) con envoltura calibre 10 (3,4 mm o 0,1345 pulgadas), con una base apropiada. Si se usa acero inoxidable con capacidad de 1,9 a 9,5 m<sup>3</sup> (500 a 2.500 galones), es adecuado un calibre total 12 (2,7 mm o 0,1046 pulgadas) o, culatas calibre 12 (2,7 mm o 0,1046 pulgadas) con envoltura calibre 10 (3,4 mm o 0,1345 pulgadas). Se reitera que los deflectores y la base son consideraciones importantes en la selección del grosor requerido para el metal.

### 6.1.2.2 Capacidad

Para el lavado de aisladores se han usado tanques de 0,9 m<sup>3</sup>, 1,9 m<sup>3</sup> y 9,5 m<sup>3</sup> (50, 500 y 2.500 galones). Los helicópteros y los camiones de diez ruedas para servicio fuera de carretera proporcionan la potencia motriz. La fuente de agua, el grado de lavado que se va a realizar, la disponibilidad de vehículos de suministro y el tipo de terreno de servidumbre, son factores que afectan el tamaño del tanque y del vehículo portador. Para el lavado con helicóptero, con tanques pequeños a bordo, el vehículo de suministro de agua usualmente se ubica en la zona de aterrizaje o en la base auxiliar.

### 6.1.2.3 Método de llenado

Cuando se usa la descarga aérea para el suministro de agua, debe estar disponible un domo con abertura superior. Debe tener un diseño venteado. Se recomienda utilizar una pantalla de relleno de acero inoxidable para filtrar todo material extraño. Es necesario un acceso desde el piso hasta el domo. El domo se debe ajustar firmemente antes de ascender para evitar el oleaje y la pérdida de agua.

Cuando se usa llenado con hidrante o a presión desde el suelo, el sistema de llaves y válvulas usualmente se acoplan en la parte posterior o en el lado derecho del vehículo. Algunos sistemas de bombeo para lavado permiten el uso de la bomba del agua con cambios en la selección de la válvula para extraer un volumen alto de agua a presión baja desde un hidrante o un portador hasta el tanque. Es esencial un indicador del nivel del agua, un calibrador de mira o un indicador electrónico. Los sistemas modernos pueden estar conectados electrónicamente a indicadores del bajo nivel del agua y a sistemas de detención y regulación del motor.

Se pueden requerir restricciones de flujo inverso en los tanques portátiles para cumplir los códigos locales.

#### 6.1.2.4 Diseño

La capacidad, las dimensiones del vehículo y el terreno que se va a atravesar, son parámetros de diseño importantes. Un centro de gravedad bajo y una deflexión apropiada son muy importantes. Los fabricantes de tanques ofrecen una cantidad limitada de culatas estándar y configuraciones intermedias del deflector del tanque.

Tanques redondos, elípticos y semi-elípticos son muy populares, así como los planos, cuadrados o rectangulares. La resistencia, el peso y la apariencia son consideraciones en el diseño básico del tanque. El transporte de líquidos por carretera no experimenta el mismo movimiento de agua que se produce durante el lavado de aisladores fuera de carretera. El fabricante del tanque debe estar conciente del uso previsto. Cuando se fabrica el tanque se deben proveer aberturas de tamaño adecuado para la succión, retorno de purga a presión, calibrador de mira, medidor de nivel y medidor de resistividad. Se puede suministrar un rectificador de vórtice en la copa de la salida de succión para mejorar la eficiencia.

#### 6.1.3 Tubería

Es importante una tubería eficiente. La restricción del agua entre la bomba y la punta de la boquilla afectan la eficiencia de todo el sistema de lavado. El sistema de succión, la tubería y la manguera deben ser lo suficientemente grandes para suministrar capacidad de flujo excedente a la bomba de alta presión cuando funciona a presión y flujo máximos. Si se deben bombear entre 3,75 l/s y 5 l/s (60 a 80 gal /min) en máximo funcionamiento, se deben suministrar una manguera y una tubería de succión de 63,5 mm (2,5 pulgadas); se usa tubería de descarga a presión de trabajo pesado de 38,1 mm (1,5 pulgadas) para los carretes de la manguera y la T. Las válvulas con dimensión *id* mínima de 25,4 mm (1,0 pulgadas) asegurarán la pérdida mínima de presión. En las válvulas de bola es importante que haya una garganta de 25,4 mm (1 pulgadas), no una válvula con roscas hembras de 25,4 mm (1 pulgadas) y espacio de paso de 1,9 mm (0,75 pulgadas); se deben evitar codos, doblamientos de la manguera, uniones, nipples e instalaciones de válvula obstruidas. Las líneas de presión provenientes de la bomba deben llegar hasta los carretes de la manguera o la punta del tubo expulsor en una línea lo más recta que sea posible. Si está instalado un filtro en la salida de la succión del tanque o en la entrada de la bomba, debería ser de tipo monitoreable. Si se bloquea, una derivación inmediata debería permitir la circulación del flujo.

Nota: Debido al peligro de cavitación, algunos fabricantes de bombas no darán garantía a una bomba si se coloca un filtro delante de la entrada.

## 6.1.4 Manguera

### 6.1.4.1 Tipo

Las normas para la limpieza del aislador en las instalaciones varían dependiendo del tipo de lavado y de la estructura que se va a limpiar. Se utilizan mangueras tanto conductoras como no conductoras. Las mangueras para incendios de material no conductor y las reforzadas con nylon poli-plástico se usan cuando se utilizan prácticas no conductoras. Cuando las prácticas requieren mangueras conductoras, se usan mangueras recubiertas de goma, con trenza de alambre y acoplamientos grapados.

### 6.1.4.2 Tamaño

Se usan mangueras con *di* desde 15,8 mm hasta 25,4 mm (0,625 a 1,0 pulgadas). Entre mayor sea el *di*, menor la pérdida de presión. La manguera de mayor tamaño es más pesada, más costosa, requiere carretes más grandes, mayor radio de doblamiento, etc., pero es mucho más eficiente. En el extremo de la salida se puede unir un trozo corto de manguera con *di* menor. Un puente conectivo de 2,43 m a 3,05 m (8 a 10 pies) producirá una caída no mensurable de la presión y el operador tendrá mayor flexibilidad.

### 6.1.4.3 Carrete

Se pueden utilizar carretes de manguera viva o con transferencia final de agua a través de una unión rotatoria viva. Se reitera que el tamaño del pivote no debe ser inferior a 25,4 mm (1 pulgada) de *di*. El carrete puede ser activado manual, eléctrica o hidráulicamente. Se debe suministrar una guía para el rodillo de la manguera. Todos los accesorios deben ser de tipo sumergible. Es esencial un freno para bloquear el carrete cuando se desee. El funcionamiento de encendido y apagado continuo hará que la manguera se arrastre, a menos que se instale y utilice un freno manual.

### 6.1.4.4 Acoplamiento

La seguridad es lo más importante. Se recomienda usar accesorios a presión, según lo especifique el fabricante de la manguera y del accesorio. Una persona calificada debería hacer el ensamblaje, verificar cuidadosamente la manguera tanto en su parte interna como externa (biselando si así se especifica), realizar la medición visual y marcar la profundidad hasta donde se introduce la manguera macho a medida que pasa dentro de la manguera. Cuando el acoplamiento está completo, el componente engastado externo debe estar a la profundidad medida previamente. Las mangueras de plástico o nailon no conductoras se deberían acoplar según las especificaciones del fabricante del accesorio para la manguera.

## 6.1.5 Boquilla

### 6.1.5.1 Manual

El último sitio por donde pasa el agua es la boquilla. El diseño y el acabado apropiados producirán un flujo de agua recto con mínima discontinuidad. Un rectificador de flujo, ubicado delante de la boquilla, cambia el agua que gira turbulenta a un flujo recto a medida que pasa por la boquilla. Los tamaños de los orificios varían entre 3,2 mm y 7,94 mm (0,125 y 0,3125 pulgadas) dependiendo de la distancia y la presión del agua. La limpieza efectiva se logra con el impacto del agua, seguido de enjuague del contaminante. El objetivo es la utilización efectiva del agua. Comercialmente, puede ser difícil obtener una punta fina y pulida. Muchos usuarios las pulen y terminan manualmente. Se pueden usar cuerpos de aluminio o bronce con puntas de acero, acero inoxidable, cerámica o metal compuesto. La boquilla se acopla a un eyector de lavado manual. El disparador abre y cierra la fuente de agua. El extremo delantero o el asa y la orquilla con almohadilla para el hombro, son características adicionales para el operador. Cuando se seleccionan los eyectores de lavado, se deben tener en consideración la caída de la presión en el eyector, el peso, el costo de fabricación, la detención positiva y el disparador de interrupción automática.

### 6.1.5.2 Toma de agua a distancia

Las torres de transmisión pueden tener tuberías con boquillas montadas en la parte superior predirigidas hacia los aisladores y la línea. Luego, se conecta una auto-bomba o carro-tanque a la toma de agua para lavar los aisladores a distancia.

## 6.1.6 Portador

### 6.1.6.1 Camiones

Se usa el chasis de vehículos desde pequeños con tracción en las cuatro ruedas hasta de tipo diesel con tracción en diez ruedas de 27.216 kg (60.000 libras) Los camiones pequeños con tracción en todas las ruedas y equipados únicamente con bomba de agua, recogen el agua desde carro-tanques o remolques. Los camiones medianos y pesados, equipados con motor, bomba o toma de potencia, pueden llevar el agua y realizar el lavado. El camión también puede portar una bomba de tanque montada sobre una plataforma y un elevador para usar cuando se realiza la limpieza desde una canasta.

Un montaje muy común es el de una pluma montada sobre el chasis con tubo expulsor en la punta controlado a distancia. Se usan alturas desde el piso hasta la punta entre 19,8 m y 41,1 m (65 a 135 pies). El lavado requiere muchas más extensiones y retracciones que el uso de una grúa / grúa fija en el mantenimiento o construcción de la línea. El desgaste y la fricción requieren una pluma rígida y firme que pueda tolerar los ciclos repetidos que se requieren en la función de lavado. Se usan unidades aéreas articuladas hasta de 41.1 m (135 pies). También se usa un brazo superior y una canasta aislados, con manguera no conductora equipada con eyector manual. Se puede usar equipo con elevador para el usuario, según las estaciones, para el lavado

de aisladores de transmisión, distribución y subestación. También se utiliza equipo de lavado de plataforma o remolque.

#### 6.1.6.2 Remolque

Se puede acoplar un remolque de lavado en la parte posterior del equipo de camión existente. El funcionamiento del freno del remolque, el vacío eléctrico, el aire o sus combinaciones proporcionan capacidad de detención, la cual permite acoplar vehículos con diversos sistemas de frenado para acoplar al remolque. El remolque se puede acoplar en la parte posterior de un elevador de 10,6 m a 19,8 m (35 a 65 pies) para el lavado de la distribución o, a uno de 27,4 m a 38,1 m (90 a 125 pies) para el de la transmisión.

El trabajador de línea puede subir a las torres metálicas portando una línea manual y halar luego el eyector hacia él o ella. Desde el remolque, dos personas pueden realizar el lavado según los requisitos para cadenas de alta tensión en V, si la unidad de potencia de la bomba está equipada para producir flujo y presión para el funcionamiento simultáneo de dos eyectores. Con este método se lavan voltajes de hasta 800 kV. El lavado de la subestación, a menudo requiere un vehículo de poca altura, con llantas de flotación para evitar el desplazamiento de la grava de la subestación. En una subestación se puede usar un remolque corto, acoplado, y se puede hacer la limpieza con dos eyectores. El acelerador se puede disminuir para lavar por riego (a baja presión) los aparatos más delicados. Con una pluma de 9,1 m a 12,2 m (30 a 40 pies), se pueden lavar los aisladores de la barra colectora. Se puede usar el mismo remolque auto-contenido para varias aplicaciones, proporcionando mayor utilización del vehículo en todas las funciones de mantenimiento. Durante los meses secos del verano, el remolque se convierte en un vehículo excelente para apagar incendios.

#### 6.1.6.3 Helicóptero

Cuando el acceso a los aisladores es difícil, escarpado o lejano, o cuando se requiere mucha movilidad para las funciones del lavado rápido en distancias largas, el lavado aéreo con helicóptero es una opción. Estos aparatos tienen limitación de la cantidad de agua que pueden portar. El sistema de bombeo y el eyector manual o guiado, con varilla, usualmente se hacen funcionar con un sistema de presión mayor y volumen menor y no con sistemas portados en tierra. Con este sistema auto-contenido, aislado y no conectado a tierra, la boquilla de aspersion se puede ubicar con mayor seguridad más cerca de los aisladores que se van a limpiar. Se deben tener en consideración el tipo de estructura y la accesibilidad para el helicóptero, antes de usar una boquilla montada en un helicóptero.

## 6.1.7 Agua

### 6.1.7.1 Calidad

Se recomienda la utilización de agua con alta resistividad o baja conductividad para la limpieza de aisladores energizados. Se sabe que, en general, el agua de lluvia, la nieve derretida y el destilado de la planta de vapor, tiene buenas características de resistividad. Es importante el ensayo constante del agua que se usa; la resistividad puede cambiar rápidamente debido a la temperatura. El agua con resistividad pobre, entre 750  $\Omega$ .cm y 1.000  $\Omega$ .cm (295 a 394  $\Omega$ .pulgadas), se puede purificar mediante sistemas de des-ionización o filtración. Se deben determinar a las características mínimas del agua con base en las prácticas planificadas de funcionamiento y los voltajes esperados. Es conveniente una resistividad mayor de 1.500  $\Omega$ .cm (591 $\Omega$ .pulgadas).

### 6.1.7.2 Aditivos

Se recomienda no adicionar jabones ni detergentes al agua. La limpieza se logra con el impacto del agua y el enjuague.

En climas árticos y nórdicos, no se adiciona alcohol ni anticongelante. El peligro de llama, los contaminantes residuales y las consideraciones ambientales eliminan su uso. El agua tibia (no caliente) eliminará los contaminantes y, aunque se puede producir congelamiento a medida que se funde el hielo o el agua contaminada y congelada, los contaminantes serán lavados. No se aconseja dejar que el hielo forme puentes entre las aletas de los aisladores.

### 6.1.7.3 Monitoreo

Están disponibles sistemas de monitoreo o ensayo continuo portátiles. Los más comunes son los probadores de estado sólido y manuales. Independientemente de que se conozcan o no las características del agua, se debe ensayar cada llenado de o adición al tanque. Se deben mantener las normas mínimas de seguridad. La resistividad del agua disminuye a medida que aumenta su temperatura. Se recomienda el uso de probadores no compensados según la temperatura. Una práctica común es vaciar el tanque que haya quedado lleno parcialmente al finalizar el día de lavado y volverlo a llenar con agua recién ensayada el día siguiente. Los sistemas de monitoreo continuo usualmente requieren una sonda dentro del tanque. La sonda (o sondas) mide constantemente la conductividad del fluido. En el circuito de seguimiento se pueden integrar una alarma luminosa o sonora y un control de estrangulación para la bomba. Se prefieren los sistemas que funcionan con corriente directa de doce voltios a los dispositivos industriales de corriente alterna que requieren un convertidor o inversor de corriente alterna /corriente directa.

## 6.2 Agua a baja presión

Los aparatos de agua a baja presión (lavado por riego) son similares al equipo de alta presión excepto, por los requisitos de servicio menos estrictos. Puede ser conveniente un sistema repetitivo manual o automático dependiendo del grado y el tipo de contaminación.

## 6.3 Limpiador de aire comprimido seco

### 6.3.1 Presión

Generalmente, la presión es de 862 kPa (125 libras por pulgada cuadrada) pero puede ser tan alta como 1.034 kPa (150 libras por pulgada cuadrada).

### 6.3.2 Volumen

La limpieza con este método requiere un volumen de aire por encima del promedio (se recomienda hasta de 0,95 l/s (2,0 pies cúbicos por minuto)).

### 6.3.3 Secadores

Un secador de aire es obligatorio para el uso en sistemas energizados. El aire seco ofrece muchas ventajas, la más valiosa de las cuales es la calidad dieléctrica mejorada y la menor frecuencia de obstrucción por el componente de limpieza.

### 6.3.4 Tolva

Cualquier propulsor comercial a presión es satisfactorio. Algunos modelos tienen incorporado un vibrador activado con aire, el cual mejora la mezcla del componente de limpieza. Sin embargo, la mezcla previa apropiada del limpiador puede eliminar la necesidad del vibrador.

### 6.3.5 Manguera

Son adecuadas las mangueras comunes para aire con tamaño suficiente para manejar el volumen de aire requerido. Se puede usar manguera conductora para conectar el compresor de aire al disparador de presión. Se puede usar manguera no conductora entre el propulsor y la varilla de aplicación, a menos que el asa de la varilla esté conectada a tierra, en cuyo caso se puede usar manguera conductora.

### 6.3.6 Boquilla

Generalmente, la boquilla es de material cerámico o acero inoxidable, con un recubrimiento especial de carburo para reducir la erosión causada por el componente de limpieza. El ángulo de acople entre la boquilla y la varilla es importante para el control del flujo de aire y del componente de limpieza aplicado sobre diferentes formas de aisladores. Comúnmente, tres boquillas han proporcionado flexibilidad para limpiar todos los aisladores: boquilla recta, boquilla de 30 a 45 grados y boquilla de 120 grados. En ocasiones se usan cubiertas protectoras sobre las boquillas en la limpieza de voltajes de 34 kV y superiores debido a la disminución en las distancias de seguridad de trabajo.

### 6.3.7 Varilla

La varilla debe tener una resistencia dieléctrica adecuada para el voltaje en el cual se va a usar. En general, la varilla aislada se usa para todas las aplicaciones.

### 6.3.8 Fuente de potencia

Servirá cualquier motor primario para el compresor de aire. En general, se usan motores de diesel o gasolina.

### 6.3.9 Materiales de limpieza

Comúnmente se usa tuza de maíz triturada, piedra caliza en polvo, cáscaras de pecan, cáscaras de nuez y gránulos de CO<sub>2</sub>. Las combinaciones de estos materiales se usan de manera efectiva. Es importante que el componente de limpieza limpie sin deteriorar el elemento que se limpia. Se debe hacer seguimiento al uso de piedra caliza antes de aplicarla durante periodos largos. El uso de las cáscaras de nuez deja un residuo oleoso, el cual puede tener algunas ventajas. Algunos de estos materiales son abrasivos y viene en varios grados y tamaños, lo cual, a su vez, ofrece flexibilidad en la selección del material apropiado para un trabajo de limpieza determinado. Los gránulos de CO<sub>2</sub>, que no son abrasivos, se convierten en gas, el cual expulsa los contaminantes del aislador sobre el cual hacen impacto. La alta resistencia dieléctrica del CO<sub>2</sub> (3,1 kV / mm) y sus propiedades para extinguir incendios, permiten la limpieza energizada. Los gránulos de CO<sub>2</sub> se usan actualmente en algunas instalaciones para limpiar dispositivos de maniobra y protección montados sobre el suelo (tipo pad mounted) energizados.

## 6.4 Helicópteros

La mayoría de equipos de limpieza montados en helicópteros usan agua a alta presión y, a su vez, flujo de agua de volumen bajo. Esto, por supuesto, es compatible con el funcionamiento del helicóptero. Comúnmente, el equipo actual usa un motor de gasolina de dos cilindros para activar una bomba con salida de 6.895 kPa (1.000 libra por pulgada cuadrada) o, una bomba hidráulica para impulsar desde la toma de potencia hasta el motor del helicóptero. El tanque de agua usado se ata al asiento del pasajero del helicóptero o se lleva en la parte inferior como carga. Se usa una boquilla de 2,06 mm (0,08 pulgadas) para la salida de alta presión. El equipo usado con el helicóptero puede variar porque su función es brindar acceso al elemento que se va a limpiar.

El equipo de limpieza montado en el helicóptero también puede usar limpiador seco y aire comprimido, el equipo es similar, pero usualmente más pequeño en escala, a las unidades en tierra.

Varias técnicas usan equipos diferentes para dirigir el medio de limpieza:

a) Una boquilla permanente en una pluma extendida montada sobre la misma línea del rotor del helicóptero. La boquilla puede ser externa a las aspas del rotor. La aspersión es dirigida por el piloto. En general, este equipo usa un volumen mayor y presión reducida de agua similar al lavado por riego.

b) Una boquilla que se puede girar, montada sobre el rotor del helicóptero y controlada por el piloto.

c) Una boquilla manual, operada por el segundo miembro de la tripulación. El equipo para esta boquilla es el mismo que para la técnica de boquilla giratoria. La pluma es de metal liviano y normalmente se extiende más allá de las aspas del aparato.

## 6.5 Agua a presión media

El equipo para este sistema es, esencialmente, el mismo que para el agua a presión alta.

## 6.6 Aspersión fija

El equipo está compuesto por un tanque de agua, una bomba, un motor, varias válvulas, boquillas, sistema de tubería y sistema de control.

### 6.6.1 Tubería y motor

En general, se usa una bomba centrífuga y un motor de inducción de tres fases. La capacidad de bombeo requerido se decide según el flujo máximo de agua de las secciones de lavado

### 6.6.2 Boquillas

Las boquillas deben ser de fabricación simple y fuerte, y que no se obstruyan fácilmente con cuerpos extraños. Deben tener la capacidad de proporcionar un efecto de limpieza satisfactorio teniendo en cuenta los vientos fuertes. El tipo de aislador que se va a limpiar determinará los parámetros del sistema de limpieza.

### 6.6.3 Sistema de tubería

Los accesorios y tuberías que se usan, generalmente están hechos de acero, galvanizado por inmersión en caliente interno y externo. Tienen soldadura a tope para tubería subterránea, y soldadura a tope, con brida o con unión de rosca para tuberías por encima del suelo.

Los tamaños de las tuberías están determinados por las necesidades de flujo de agua.

#### 6.6.4 Sistema de control

Para operar de manera efectiva el equipo de lavado y lavar los aisladores con seguridad, se debe suministrar un sistema de control que verifique que el equipo de lavado está en condición normal, con resistividad al agua, presión y nivel del agua satisfactorios antes del lavado. Cualquier anomalía en el sistema, después de empezar el lavado, detendrá automáticamente la operación. Todos los procesos, desde la decisión de iniciar el lavado hasta la finalización de dicha operación, se deberían programar en el sistema de control. Un control automático de contaminación puede ser el control para el sistema.

También se debe tener en cuenta, en la secuencia de lavado, la dirección del viento y la cantidad de contaminación que acarrea el viento.

#### 7 Tipos de contaminante

En todas las áreas de funcionamiento, los aisladores expuestos están sujetos a la deposición de suciedad en la superficie. Los contaminantes que se encuentran con más frecuencia tienen poco efecto en el desempeño del aislador, siempre y cuando la superficie esté seca. La neblina, el rocío o la lluvia liviana usualmente crean condiciones que producen una película conductora sobre la superficie del aislador sucio, sin lavar las impurezas de dicha superficie.

Se han identificado ocho tipos de contaminantes como fuente de depósitos sobre la superficie de los aisladores, que afectan el desempeño del aislador:

- Sal
- Cemento /cal
- Polvo
- Defecación
- Sustancias químicas
- Neblina por contaminantes (emisiones vehiculares)
- Efluente de la torre de refrigeración
- Humo

Estos contaminantes se distinguen principalmente por la fuente de impurezas. Las condiciones agrícolas, industriales y geográficas locales determinan el contaminante que estará presente en la atmósfera. Comúnmente, el viento y la lluvia brindan suficiente acción de lavado para eliminar la mayoría de los depósitos comunes.

Más de uno de estos contaminantes se pueden depositar sobre un grupo de aisladores, en una ubicación en particular. La mezcla e intensidad del depósito de estos contaminantes determinan las características de la mezcla.

## 7.1 Sal

En áreas cercanas a un cuerpo de agua salada o en áreas adyacentes a carreteras, particularmente a vías elevadas, en donde la sal se usa para derretir la nieve o el hielo, se pueden producir depósitos importantes de sal debido a la aspersion por el viento. Tales depósitos pueden hacer necesario realizar la limpieza de los aisladores en estas áreas en donde los periodos largos y secos están seguidos por intervalos de neblina o lluvia brumosa.

La aspersion de sal puede originar flameos e incendios por la corriente de fuga en estructuras adyacentes a vías con tráfico alto, particularmente, aquellas a lo largo de vías elevadas. Los aisladores se deben limpiar antes de que se presente la neblina o la bruma, no después.

La sal se disuelve rápidamente y se lava cuando hay lluvia fuerte o un flujo de agua.

## 7.2 Cemento /cal

Los aisladores cercanos a plantas de cemento, sitios de construcción o canteras de roca pueden acumular depósitos de cemento o cal. Estos materiales se pueden acumular formando una costra gruesa, la cual se adhiere firmemente a la superficie del aislador y puede requerir lavado manual. Puede ser necesario un agente químico para eliminar las capas de cemento. El método de limpieza seco ha probado ser muy efectivo.

## 7.3 Polvo

Los tipos de polvo que se pueden depositar sobre los aisladores se originan en una amplia variedad de fuentes. Algunos de los tipos que afectan el desempeño del aislador son el polvo de tierra, fertilizantes, polvo metálico, polvo de carbón, polvo de los corrales de engorde y ceniza volcánica. Esta no es una lista completa pero cubre muchas fuentes de polvo.

### 7.3.1 Tierra

El polvo de tierra se puede originar en los campos arados, en el transporte de tierra, en los proyectos de construcción, etc.

### 7.3.2 Fertilizante

El polvo de fertilizante se origina en las plantas de fertilizantes y en la aplicación de fertilizantes en la agricultura. Se sabe que el polvo de fertilizante crea un recubrimiento grueso que el lavado a presión alta no puede eliminar. En estos casos, el lavado manual o en seco es necesario para limpiar los aisladores. El fertilizante líquido del tipo de urea se limpia con agua.

### 7.3.3 Metálico

El polvo metálico se origina en diferentes procesos de minería y manipulación de minerales.

### 7.3.4 Carbón

Las operaciones de minería de carbón y de manipulación de carbón, así como la quema industrial de carbón son fuentes importantes de polvo de carbón. El hollín y la ceniza flotante que se producen por la quema de carbón pueden formar compuestos que se adhieren firmemente a la superficie del aislador y se pueden eliminar únicamente con lavado a presión alta o con aire comprimido con una sustancia abrasiva.

### 7.3.5 Corrales de engorde

El polvo del forraje y de la tierra removida por los animales en corrales de engorde grandes se puede asentar sobre los aisladores cercanos durante el tiempo seco. Normalmente, este polvo se elimina con agua.

### 7.3.6 Ceniza volcánica

La actividad volcánica puede emitir grandes cantidades de contaminantes hacia la atmósfera en periodos cortos. Las capas gruesas de ceniza volcánica se acumulan sobre los aisladores expuestos durante y poco después de periodos de actividad volcánica. Esta ceniza no se elimina fácilmente, a menos que se realice la limpieza lo más pronto posible después de que se ha depositado.

## 7.4 Defecación

Los aisladores ubicados en cercanías de refugios para aves están sometidos a contaminación por defecación. Usualmente, estos depósitos son lavables y con frecuencia, la lluvia fuerte los limpia, pero pueden presentar serios problemas en la confiabilidad del sistema.

## 7.5 Sustancias químicas

Los contaminantes atmosféricos provenientes de una amplia variedad de procesos industriales y aspersión aérea de agroquímicos, así como las sustancias químicas para la extinción de incendios, se depositan sobre los aisladores. Las características de estos contaminantes químicos varían ampliamente. Algunas sustancias son altamente solubles y se pueden lavar fácilmente, mientras que otras se adhieren con firmeza y sólo se pueden eliminar mediante lavado manual.

## 7.6 Neblina por contaminación (emisión vehicular)

En áreas urbanas, las emisiones de los automóviles introducen una cantidad significativa de materia en partículas hacia el ambiente. Además, las emisiones de los motores diesel, provenientes particularmente de los trenes, afectan áreas adyacentes a servidumbres. Normalmente, las sustancias químicas industriales están presentes en áreas con problemas graves de neblina por contaminación. Los contaminantes resultantes tienen características variadas, dependiendo de la combinación de contaminantes presentes.

## 7.7 Efluente de la torre de refrigeración

Este efluente está compuesto por vapor de agua y pequeñas cantidades de sólidos disueltos. En condiciones de viento y temperatura normales, el efluente de la torre de refrigeración se debería dispersar rápidamente y no afectar el desempeño del aislador. Sin embargo, bajo ciertas condiciones meteorológicas, es posible que el efluente origine una neblina localizada. Esta neblina puede humedecer los aisladores sucios y secos o, si la temperatura es lo suficientemente fría, se puede producir cristalización por hielo sobre los aisladores. Cualquiera de estas situaciones puede afectar el desempeño del aislador.

## 7.8 Humo

La combustión industrial y agrícola, o los incendios pueden, junto con otras condiciones compatibles (como humedad y precipitación), hacer que la contaminación resultante se acumule sobre el aislamiento.

Si desea cambiar su dirección electrónica, suscribir a un colega, solicitar ediciones anteriores o borrarse de la lista de distribución, envíenos un mensaje a: [carango@gamma.com.co](mailto:carango@gamma.com.co)  
Atn Ing. Claudia Arango Botero.

Visítenos en nuestra página Web: <http://www.gamma.com.co>