

Esmalte Semiconductor para Aisladores de Baja, Media y Alta Tensión

Ingeniero Adolfo León Cano

Introducción

El uso de esmaltes resistivos es una técnica que ha sido probada desde hace muchos años en aisladores de baja, media y alta tensión, con el propósito de controlar la distribución del campo eléctrico y evitar la interferencia a equipos de radio y televisión.

Cuando un elemento conductor es soportado por un aislador de un diseño particular, el voltaje que puede ser aplicado a la línea está limitado por las concentraciones de campo eléctrico alrededor del aislador, el cual puede dar origen a dos efectos:

A. Radio interferencia

Radio-interferencia causada por pequeñas descargas entre el conductor y la superficie del aislador, cuando están presentes contaminación y humedad. Este fenómeno se presenta particularmente en aisladores tipo espiga (pin type insulators), en los cuales el conductor se sujeta a

la cabeza del aislador con el cable de amarre alrededor del cuello o surco lateral periférico. Para eliminar dichas descargas, se aplica el esmalte semiconductor en la cabeza del aislador, cubriendo las superficies que van a estar en contacto con el conductor y el cable de amarre, generando así una superficie equipotencial. Igualmente se aplica el esmalte semiconductor en la parte roscada donde se aloja el porta-aislador con rosca de plomo o de teflón.

Al esmalte aplicado en este caso se le llama “esmalte silencioso”, esmalte contra radio-interferencia, o esmalte RF (Radio Freed).

Ver figura 1. “Aislador tipo espiga para baja y media tensión” y figura 2. “Aislador tipo espiga para alta tensión”.

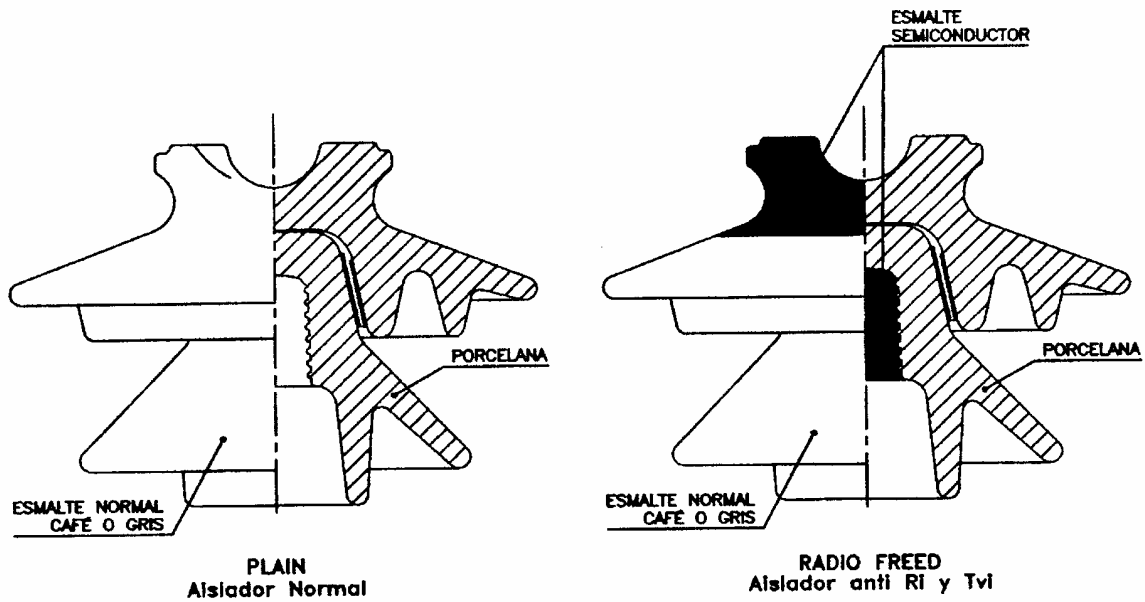
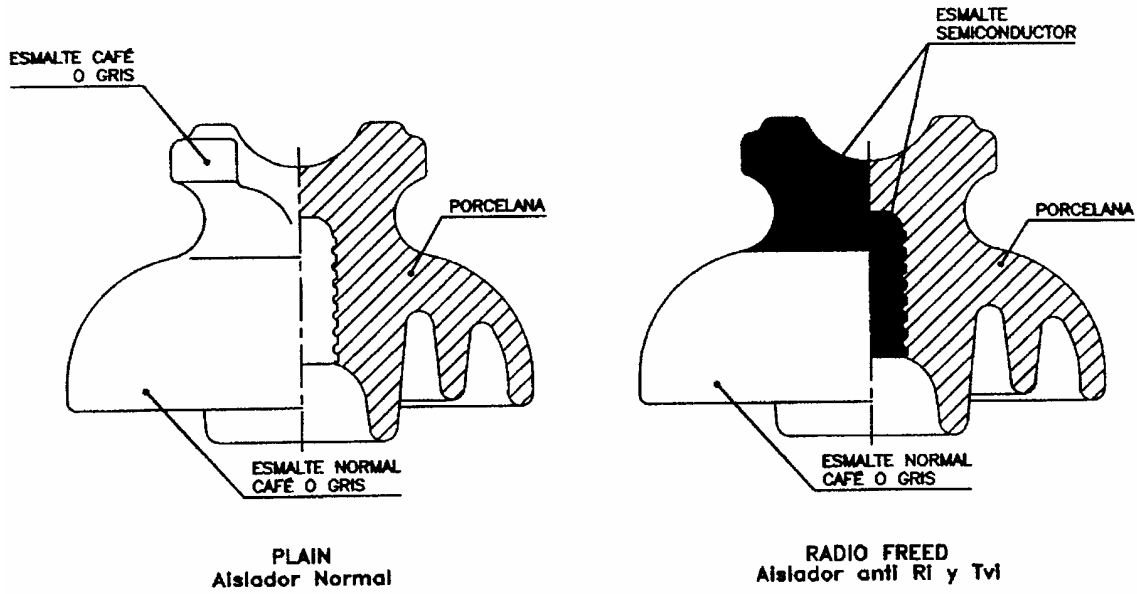


Figura 2: Aislador tipo espiga para alta tensión
ANSI CLASS 56-1 a 56 – 3, según ANSI C29.6

B. Descargas localizadas

Descargas localizadas sobre la superficie del aislador, las cuales pueden conducir a un flameo completo; este particularmente, es uno de los problemas serios en el mantenimiento de líneas aéreas, junto con descargas atmosféricas, como causa de fallas en sistemas de distribución eléctrica. Para evitar tales flameos, se aplica un esmalte semiconductor sobre la superficie total del aislador.

El esmalte en este caso se denomina “esmalte estabilizador de voltaje” o “esmalte de resistencia graduada”, o “esmalte RG (Resistance Graded)”.

1. Composición de los esmaltes semiconductores

Todos los esmaltes que se han fabricado hasta hoy, están basados en adiciones de óxidos metálicos o compuestos conductores, a una base cerámica o a un esmalte base.

La fase conductora está compuesta por óxidos de hierro, titanio, estaño, cromo, etc. y el esmalte base por feldespato, arcilla, caolín, cuarzo, caliza, etc., en diferentes proporciones de acuerdo con las formulaciones de cada fabricante.

Cuando se investigó por primera vez un sistema de esta clase, se encontró que al aumentar la adición de la base conductora al esmalte base, se logra inicialmente muy poca variación en la conductividad; cuando se alcanzan adiciones de óxidos metálicos entre 10% y 15 %, según el sistema que se esté investigando, se llega al punto en que empieza a aumentar la conductividad, seguido de cambios fuertes al seguir adicionando la base conductora. La velocidad de incremento de la conductividad disminuye rápidamente y por fin, se llega a un punto en el cual se puede desarrollar un esmalte adecuado, con características de conductividad estables para un tratamiento térmico definido.

La temperatura de cocción y el tiempo de permanencia a dicha temperatura tienen una gran incidencia en los valores de conductividad y

coeficiente de temperatura de los ensambles semiconductores, debido a la variación en la proporción de las fases cristalinas Espinel-Hematita y al tamaño de los cristales formados.

2. Especificaciones para esmaltes semiconductores

2.1 Especificaciones Cerámicas Generales

2.1.1 Expansión térmica.

Los aisladores con esmalte semiconductor deben tener propiedades mecánicas similares a las de los aisladores que llevan el esmalte cerámico regular. Por lo tanto, la expansión térmica de los esmaltes semiconductores debe controlarse en tal forma que se obtengan valores muy cercanos a los del esmalte regular, es decir, entre 8 y 18 % de la pasta de porcelana. No siempre es fácil de conseguir esto en el caso de los esmaltes semiconductores, dado que los óxidos conductores generalmente tienen expansiones térmicas diferentes a las de los ingredientes usuales de las composiciones cerámicas, por ejemplo, el dióxido de titanio. Es posible sin embargo, obviar esta dificultad con una combinación adecuada de óxidos compensatorios tales como sodio, calcio, magnesio y berilio.

2.1.2 Dureza

Debido a las condiciones a las cuales van a estar sometidos los aisladores de alto voltaje en uso, tales como postes de soporte, postes de enganche para cables de amarre, etc., es necesario que los esmaltes semiconductores tengan dureza y resistencia a la abrasión tan buenas como las de los esmaltes regulares. Dureza 5 en la escala MOHS es el valor esperado en esmaltes normales y semiconductores.

2.1.3 Color

En los últimos años ha sido necesario producir aisladores de colores claros para tener menos contaminación ambiental (impacto visual). Este puede ser un punto difícil en el desarrollo de los esmaltes semiconductores, pues los óxidos agregados a los esmaltes para colorearlos pueden ser fuente de corrosión electrolítica.

Afortunadamente, tanto los esmaltes de óxido de titanio, como los de óxido de antimonio-estaño producen colores grises-azulosos claros, los cuales son populares entre los que se preocupan por el impacto visual.

Los esmaltes basados en los óxidos metálicos de hierro, cromo, etc., tienden a ser chocolates o negros y se acomodan mejor a los tipos de aislador de color café carmelita.

2.2 Especificaciones Eléctricas

2.2.1 Resistividad

La resistividad de superficie de los esmaltes semiconductores está en el rango de 10^5 a 10^{10} ohmios-cm/cm, mientras que el esmalte normal café o gris tiene resistividades de 10^{14} a 10^{16} ohmios-cm/cm.

2.2.2 Coeficiente de temperatura

El coeficiente de temperatura de un esmalte semiconductor es normalmente una función exponencial dada por la expresión:

$$P = kR e^{k/t}$$

En la que:

- R resistencia
- t temperatura absoluta
- k constante para el esmalte

Pero lo anterior no es la forma más práctica para trabajar, por lo cual es más usual definir el coeficiente de temperatura como sigue:

El coeficiente de temperatura es el número de grados centígrados, por encima de la temperatura ambiente, en que se debe subir la temperatura de un esmalte para reducir su resistencia a la mitad de su valor original.

Casi todos los esmaltes semiconductores tienen coeficiente de resistencia con temperatura negativo, esto es, la resistencia disminuye al aumentar la temperatura.

2.2.3 Coeficiente de voltaje

Es una medida de la desviación de la ley de Ohm. La corriente y el voltaje están relacionados por una ecuación de la forma:

$$I = kE^n$$

En la cual:

- I corriente
- E voltaje

La mayoría de los semiconductores no son lineales y los esmaltes semiconductores no son la excepción.

El coeficiente de voltaje es crítico en los esmaltes de resistencia graduada, RG, donde n debe ser menor de 1.5; en los esmaltes contra radio-interferencia, RF, el coeficiente de voltaje no es crítico.

3. Características de Aisladores Tipo Espiga para Alta Tensión con recubrimiento de esmalte semiconductor, Rf (Radio Freed)

3.1 Características Eléctricas

3.1.1 Los valores de tensión de flameo en seco, tensión de flameo en húmedo y tensión de impulso crítico positivo y negativo de aisladores tipo espiga ANSI 56-1 a 56-5, RF, con esmalte semiconductor, son similares a los obtenidos en los aisladores ANSI 56-1 a 56-5, PLAIN, sin recubrimiento de esmalte semiconductor.

3.1.2 Los valores de tensión de perforación en aceite de los aisladores tipo espiga, RF, se incrementan entre 10% y 15% con respecto a los valores obtenidos en los aisladores tipo espiga correspondientes sin recubrimiento de esmalte semiconductor, debido a que se obtiene una mejor distribución del campo eléctrico en los aisladores con la aplicación del esmalte semiconductor.

3.1.3 Los valores de voltajes de radio-interferencia vs. voltaje aplicado presentan una disminución considerable en los aisladores RF comparativamente con los aisladores de tipo espiga normales.

La gráfica No. 1 nos muestra la relación entre el nivel de ruido (voltaje de radio-interferencia) y el voltaje aplicado en la prueba de radio-interferencia efectuada sobre el aislador tipo espiga ANSI 55-5, PLAIN, sin esmalte semiconductor, comparativamente con el aislador ANSI 55-5, RF, con esmalte semiconductor.

La gráfica No. 2 corresponde a la prueba de radio-interferencia efectuada sobre el aislador tipo espiga ANSI 56-3, PLAIN, sin esmalte semiconductor, comparativa - mente con el aislador ANSI 56-3, RF, con esmalte semiconductor. Para un voltaje aplicado de 30 kV, el nivel de ruido o voltaje de radio-interferencia pasa de 3250 a 13 microvoltios con el uso del esmalte RF.

Lo anterior denota la gran efectividad del recubrimiento semiconductor para suprimir las ondas que interfieren las señales de radio y televisión en líneas de alto voltaje.

3.2 Características Mecánicas

Los aisladores con recubrimiento de esmalte semiconductor están fabricados con la porcelana eléctrica convencional y las propiedades físicas del esmalte RF son similares a las del esmalte convencional gris o café, exceptuando las características eléctricas mencionadas antes, por

lo tanto, las características mecánicas son similares a las de los aisladores normales sin RF.

3.3 Características para Intemperie

El brillo, la textura y el acabado del esmalte semiconductor facilitan el autolavado y la limpieza del aislador, evitando la acumulación de polvo y contaminantes que afectarían las características eléctricas del aislador RF.

Los esmaltes semiconductores y los esmaltes tradicionales color gris y café son extremadamente resistentes a la intemperie y a la presencia de ácidos en la atmósfera.

4. Bibliografía

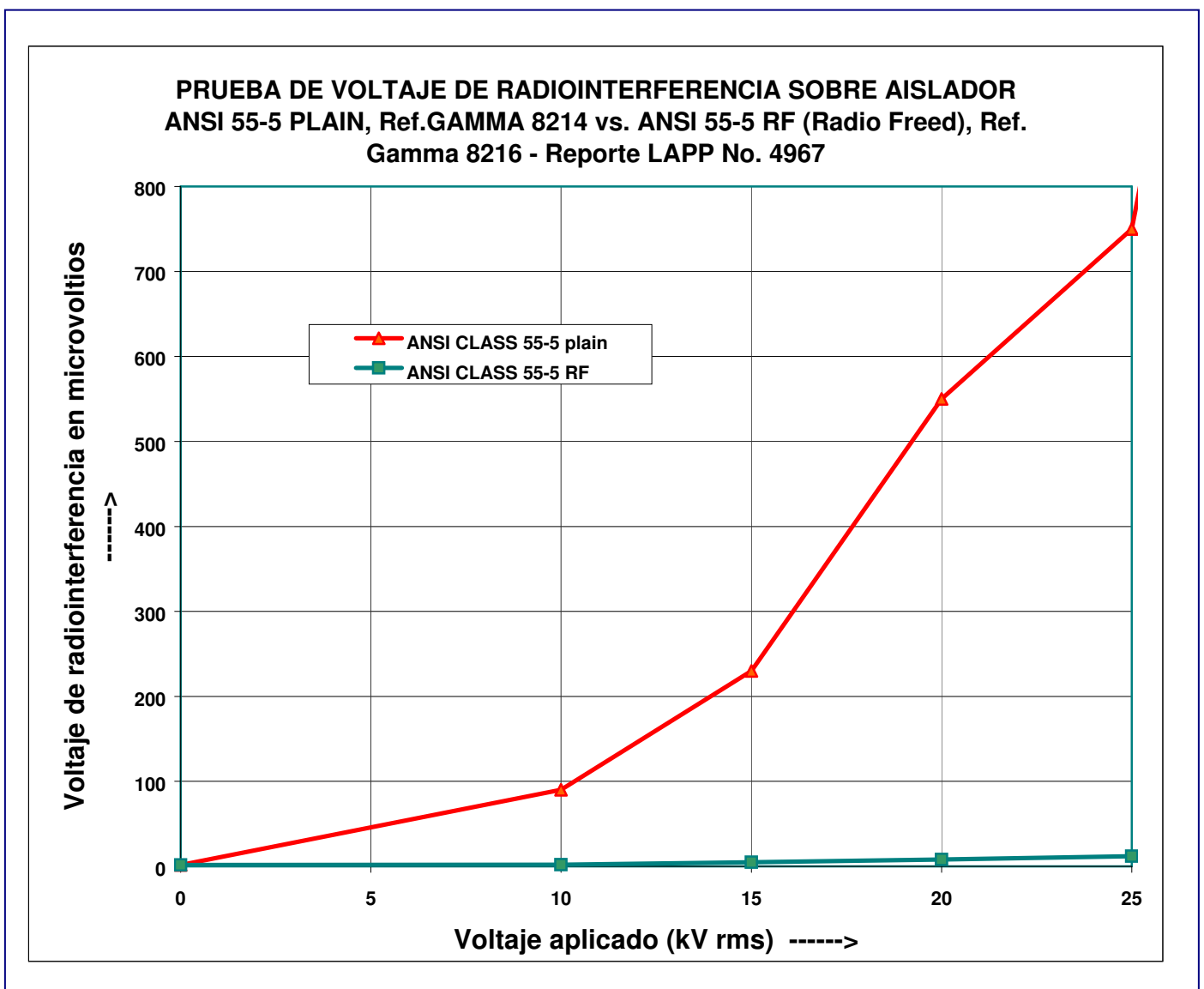
- 1...Powell Donald, semi conducting glazes for high voltage insulators.
2. Russak M. And Mc Laren M. Development of a Semi conducting glaze for high tension porcelain insulator.
3. Cano H. Adolfo León, Esmalte semiconductor GAMMA para aisladores de alto y medio voltaje

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
Atn Ing. Claudia Arango Botero.

Visítenos en nuestra página web:
<http://www.gamma.com.co> o www.corona.com.co

Gráfica No 1: Voltaje aplicado vs. Nivel de ruido ANSI 55-5

| Voltaje aplicado | RIV a 1000 KHz | RIV a 1000 KHz |
|------------------|-----------------------|--------------------|
| | ANSI CLASS 55-5 plain | ANSI CLASS 55-5 RF |
| 0 | 1.5 | 1.5 |
| 10 | 90 | 2 |
| 15 | 230 | 5 |
| 20 | 550 | 8 |
| 25 | 750 | 12 |
| 30 | 1900 | 20 |



Gráfica No. 2: Voltaje aplicado vs. Nivel de ruido ANSI 56-3

| Voltaje aplicado | RIV a 1000 KHz ANSI CLASS 56-3 plain | RIV a 1000 KHz ANSI CLASS 56-3 RF |
|------------------|---|--------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 65 | 2 |
| 15 | 500 | 2 |
| 20 | 1500 | 5 |
| 25 | 1900 | 8 |
| 30 | 3250 | 13 |
| 40 | 6500 | 35 |
| 50 | 8500 | 95 |

