

Diseño del aislamiento bajo contaminación del segundo circuito de interconexión a 500 kv, del sistema central colombiano con la costa atlántica

Ingeniero Jairo León García

Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.

Resumen

Para la selección del número y tipo de aisladores en el sector norte del segundo circuito de interconexión con la costa atlántica, se estableció inicialmente una zonificación por niveles de contaminación con base en los estudios respectivos, realizados para el primer circuito de interconexión a 500kV. Con igual criterio se definió la sectorización según alturas sobre el nivel del mar. Con base en esta información, se definió el aislamiento para cada caso y la configuración de las cadenas correspondientes.

Los estudios y mediciones de campo ejecutados por el Centro de Investigaciones para el Desarrollo Integral, CIDI, de la Universidad Pontificia Bolivariana (1987-1988), sirvieron de base para refinar el diseño obtenido inicialmente, logrando mejoras técnico-económicas muy importantes

Introducción

El segundo circuito de interconexión con la costa atlántica, con una longitud aproximada de 542 Km., une las subestaciones San Carlos en el departamento de Antioquia y Sabanalarga en el departamento del Atlántico. Para efectos del diseño electromecánico se definieron dos macrosectores comprendidos el primero (sector sur), entre la subestación San Carlos y la subestación Cerromatoso (225 Km.) y el segundo (sector norte), entre la subestación Cerromatoso y la subestación Sabanalarga con una longitud de unos 317 km y con presencia de ambiente salino dada su proximidad al océano Atlántico. Subdivisiones al interior de estos sectores se realizaron con base en las diferentes alturas sobre el nivel del mar y las curvas del nivel cerámico a lo largo de la línea.

Para el sector sur, particularmente montañoso, la selección de aislamiento está gobernada por las descargas

atmosféricas, en tanto que para el sector norte (ondulado y plano) la selección deberá tener en cuenta la contaminación salina del sector.

1. Antecedentes

Al iniciarse la fase de diseño del segundo circuito de interconexión con la costa atlántica no se disponía de estudios y mediciones de campo que permitieran revisar los niveles de contaminación adoptados para los estudios relacionados con el primer circuito (1977), los cuales comportaban mucha incertidumbre dado que las muestras tomadas fueron de aisladores rotos (área de la superficie aislante no determinable) y otras fueron tomadas de estructuras de líneas a 13.2kV con alturas máximas a cruceta de 12m y con alto contenido de polvo proveniente de caminos cercanos. Por otra parte, se hicieron mediciones sobre aisladores tipo pin con características muy diferentes a los aisladores tipo suspensión que se utilizarían en el circuito a 500kV.

Lo expuesto anteriormente, daba un carácter de preliminar a los estudios de selección de aislamiento. Estos serían revisados a la luz de los resultados obtenidos por el CIDI, con el fin de obtener un aislamiento más viable desde el punto de vista técnico y económico (1).

Para este estudio preliminar, se adoptaron tres 3 zonas de contaminación en lugar de las cinco 5 definidas para el primer sector, con el fin de reducir el número de herrajes diferentes en las cadenas. Las cadenas de retención se diseñaron con cadenas dobles con aisladores tipo niebla y estándar de 50,000 libras (en lugar de las cadenas cuádruples con aisladores de 36,000 libras en el primer circuito) simplificando así el diseño de las cadenas y reduciendo de paso las cargas sobre las estructuras.

Para las cadenas de suspensión se tomaron aisladores de 25,000 y 36,000Lb (iguales a las del primer circuito), en tanto que para reducir tipos de aisladores y número de repuestos se tomaron cadenas estabilizadores de 25,000lb

en vez de 15,000lb, que fueron utilizadas en el primer circuito. En la tabla No. 4 se presentan resumidos estos datos.

Para estimar el número de aisladores de las cadenas de suspensión se consideraron dos tipos: I y V. Posteriormente se estableció la comparación IVI Vs VVV, optando por utilizar esta última configuración, (y la I fue considerada para cadenas de estabilizadores), por sus ventajas de permitir mejor lavado de los aisladores y de comportamiento de la acción del viento.

2. Estudios Del Esdd Y Nsdd (2) (4)

Se pueden identificar dos etapas para estos estudios: la primera (marzo de 1987), donde se realizaron medidas sobre muestras de aisladores tomados del primer circuito que había sido energizado en 1982 (inicialmente a 230 kV) y que incluían análisis cualitativos y cuantitativos del grado de contaminación, buscando disponer de la primera información básica necesaria para reproducir el fenómeno en laboratorios de alta tensión y realizar las pruebas dieléctricas, con el fin de seleccionar adecuadamente el aislamiento para el segundo circuito y evaluar el existente en el primer circuito.

A partir de diciembre de 1986, se instalaron cadenas piloto con cinco aisladores por cadena (en I) en 22 torres del

primer circuito en el sector Norte (segunda etapa de los estudios). Estas cadenas permanecieron suspendidas en estas torres hasta el mes de marzo de 1988, cuando fueron retiradas y reemplazadas. Las muestras fueron recogidas después de un verano particularmente intenso.

Los parámetros analizados se describen así:

- Equivalente de la densidad de sal (ESDD)
- PH de la solución
- Densidad del depósito no soluble (NSDD)
- Porcentaje (%) soluble e insoluble
- Porcentaje (%) de materia no soluble orgánica e inorgánica

Para cada cadena se analizó cada plato independientemente, la parte inferior y la superior por separado para el ESDD y la mezcla para el NSDD, de acuerdo con la metodología descrita en la referencia (2), donde también se presentan una comparación de los resultados logrados en la primera etapa. Resultados de las mediciones de ESDD.

| Torre No. | ESDD Promedio mg/cm ² | Desviación estándar | NSDD Promedio mg/cm ² | Desviación estándar | Distancia al mar (km) |
|-----------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 457 | 0.0180 | 0.0043 | 0.0310 | 0.0083 | 95 |
| 581 | 0.0240 | 0.0010 | 0.0307 | 0.0040 | 70 |
| 582 | 0.0200 | 0.0032 | 0.0355 | 0.0073 | 70 |
| 707 | 0.0250 | 0.0031 | 0.0443 | 0.0056 | 32 |
| 708 | 0.0220 | 0.0024 | 0.0539 | 0.0074 | 32 |
| 719 | 0.0280 | 0.0034 | 0.0495 | 0.0094 | 30 |
| 752 | 0.0296 | 0.0009 | 0.0711 | 0.0036 | 24 |
| 753 | 0.0276 | 0.0025 | 0.0534 | 0.0090 | 24 |
| 790 | 0.0216 | 0.0022 | 0.0364 | 0.0077 | 21 |
| 841 | 0.0121 | 0.0017 | 0.0265 | 0.0063 | 25 |
| 871 | 0.0122 | 0.0016 | 0.0396 | 0.0121 | 35 |
| 872 | 0.0152 | 0.0035 | 0.0326 | 0.0101 | 35 |
| 910 | 0.0224 | 0.0032 | 0.0429 | 0.0072 | 35 |
| 911 | 0.0242 | 0.0032 | 0.0432 | 0.0083 | 35 |
| 912 | 0.0220 | 0.0027 | 0.0547 | 0.0511 | 35 |
| 940 | 0.0150 | 0.0020 | 0.0569 | 0.0231 | 40 |
| 944 | 0.0104 | 0.0080 | 0.0462 | 0.0271 | 40 |
| 983 | 0.0282 | 0.0038 | 0.0527 | 0.0131 | 41 |
| 999 | 0.0240 | 0.0024 | 0.0595 | 0.0131 | 30 |
| 1022 | 0.0254 | 0.0026 | 0.0527 | 0.0111 | 31 |
| 1045 | 0.0390 | 0.0058 | 0.0638 | 0.0171 | 32 |
| 1068 | 0.0794 | 0.0079 | 0.1622 | 0.0301 | 30 |

TABLA 1.

3. Resultados de las mediciones de esdd

Comparando los resultados de la fase 2 con la 1, se encuentra que estos valores están del mismo orden de magnitud, siendo estos un poco mayores: (2.)

El valor ESDD promedio más alto de las cadenas piloto es de 0.0794 mg/cm² en la torre 1068 y el más bajo es de 0.0104 mg/cm² en la torre 944. En la tabla No. 1 se presentan promedios de ESDD para las 22 cadenas piloto, su desviación estándar y la distancia al mar de las torres. En la figura No. 1: ESDD promedio vs. distancia al mar, se comparan los resultados de las dos fases.

4. Resultados de las mediciones de nsdd

El máximo valor promedio de NSDD se presentó en la torre 1068, cuyo valor es de 0.1622 mg/cm² que dista mucho del promedio de todas las cadenas (0.0519 mg/cm² con una desviación estándar igual a 0.0272) y coincide con el valor promedio máximo del estudio de ESDD. El menor valor promedio, se detectó en la torre 841 con un valor de 0.0265 mg/cm². Ver tabla No. 1. En la figura No. 2 se puede observar una reducción con el valor promedio de NSDD de este estudio, en relación con el obtenido en la fase No. 1 (marzo 1987), aproximadamente de un 53% y que puede originarse en el mayor tiempo de exposición (5 años) en este último caso, lo cual puede llevarnos a concluir que los valores de NSDD son más sensibles al factor tiempo que los correspondientes al estudio de ESDD

(casi constantes). En la figura No. 3, se presenta un mapa con la localización de las torres analizadas (estudio de 1988).

5. Selección Definitiva Del Aislamiento Para El Sector Norte (3)

Con base en los estudios de ESDD se definió la siguiente zonificación por niveles de contaminación: Tabla No. 2. El número de aisladores definitivo se seleccionó con base en parámetros tales como: La tensión nominal del sistema fase-tierra en kV, la tensión de soporte del aislamiento kV / m y el paso del aislador en metros, afectados por una factor de seguridad igual a 1.1 (ver figura No. 4). Se estableció una relación entre las áreas superior e inferior del aislador, para establecer la posible contaminación de la cara inferior para la cual el depósito de sal es más significativo para el diseño, dado que la mayor parte del camino de fuga es a través de esta superficie.

| Zona No. | Abscisa (Km) | Depósito de sal equivalente mg/cm ² |
|----------|-------------------|--|
| 1 | Cerromatoso-292.3 | ≤ - 0.03 |
| 2 | 293.3 – 371.6 | ≤ - 0.07 |
| 3 | 371.6 – 542.9 | ≤ - 0.18 |

TABLA 2.

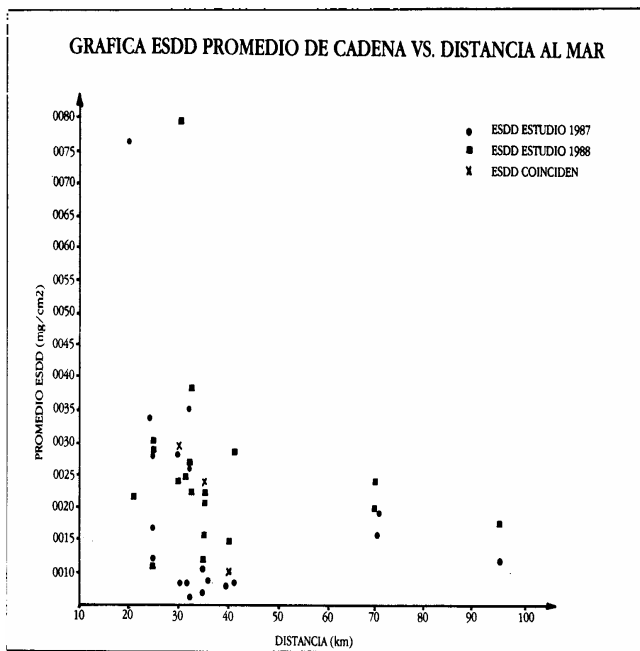


FIGURA 1

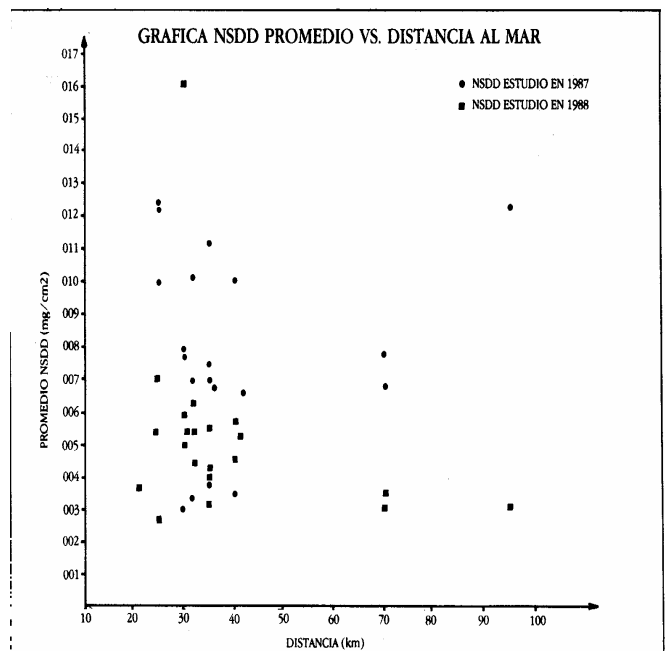
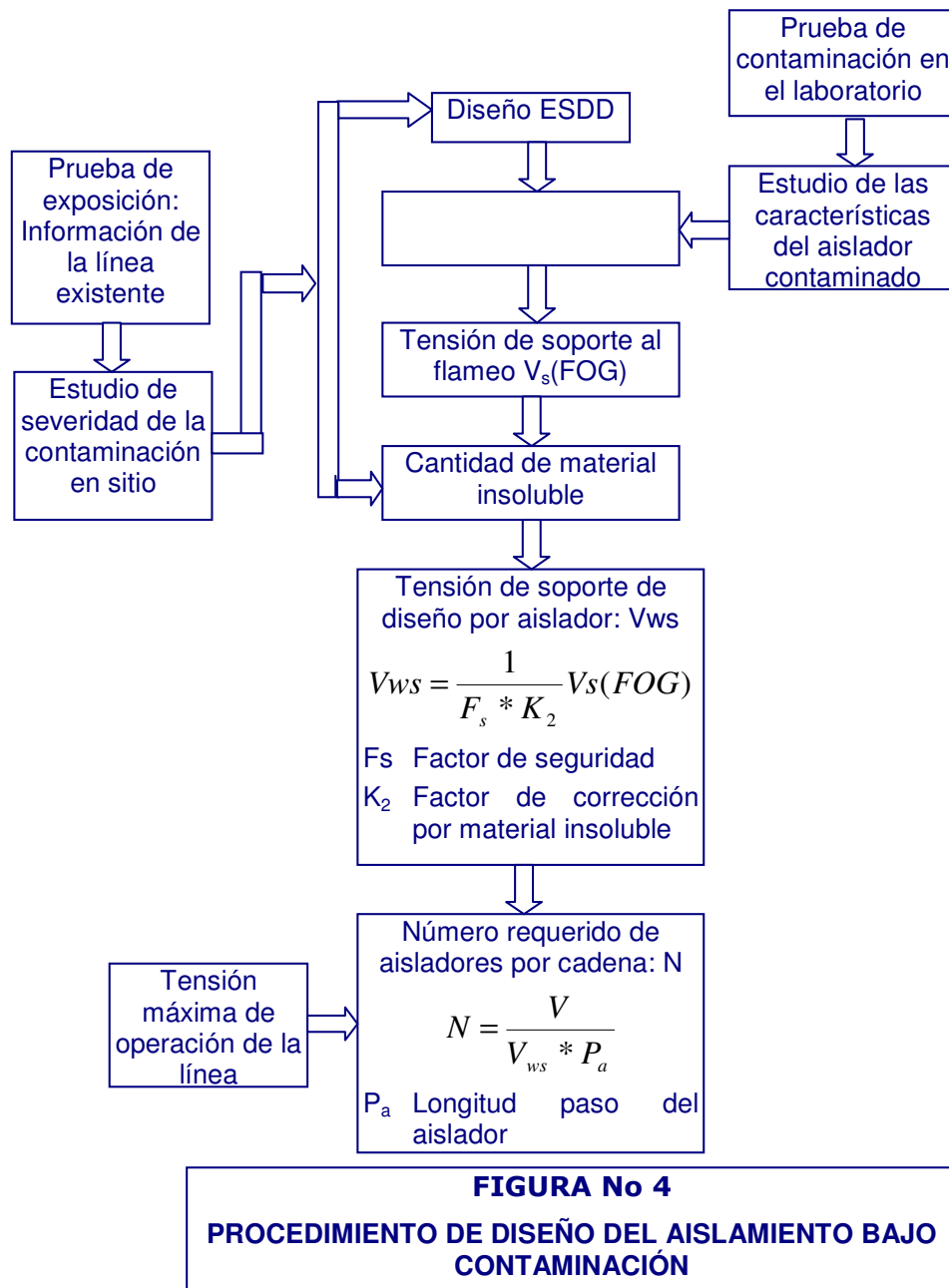


FIGURA 2.



UBICACION DE TORRES
ANALIZADAS EN EL
ESTUDIO DE ESDD Y
NSDD 1988

FIGURA 3. Localización de las torres analizadas.



6. Conclusiones y recomendaciones

1. Profundizar y complementar los actuales estudios con el fin de disponer de información más acorde con la realidad, para futuros diseños y evaluación de los ya realizados. Realizar pruebas dieléctricas en laboratorios de alta tensión para cadenas de aisladores similares a las utilizadas y bajo las condiciones de operación de la línea (contaminación).
2. Se debe dejar la posibilidad de insertar aisladores adicionales tipo niebla en las cadenas del Sector Norte, en caso de que se detecten problemas de flameo.

3. Utilizar cadenas en V dado su mejor comportamiento ante la contaminación que las cadenas en I, equipadas con aisladores tipo niebla de porcelana. El número de aisladores tipo niebla para cada cadena de suspensión en el sector norte es el siguiente:

El número de aisladores de las cadenas de suspensión obtenido en el estudio final (tabla No. 3), es evidentemente menor que el logrado durante el diseño preliminar (tabla No. 4); aún con un alto nivel de incertidumbre en lo que se refiere a la información básica manejada. La economía lograda con un menor tamaño de cadenas y del dimensionamiento de las torres y de una menor diversidad de herrajes, puede ser mejorada si se dispone de información más certera sobre este fenómeno.

Para cadenas de retención se recomiendan 24 aisladores de porcelana para todo el Sector Norte, ya que su comportamiento es superior al presentado (ante la contaminación) por las cadenas en suspensión en V.

Los conductores de fase están dispuestos en haz de cuatro (4) subconductores separados entre sí 457mm

| Zona No. | Nivel de contaminación mg / cm ² | Número de aisladores | |
|----------|---|----------------------|------------|
| | | 25,000 lb. | 36,000 lb. |
| 1 | 0.03 | 24 | 22 |
| 2 | 0.07 | 26 | 24 |
| 3 | 0.18 | 29 | 27 |

TABLA 3. Resultados diseño final.

| Zona No. | Nivel de contaminación mg / cm ² | Abscisa (Km) | No. Aisladores. Cadenas de suspensión | |
|----------|---|----------------|---------------------------------------|-----------|
| | | | 25.000 lb | 36.000 lb |
| 1 | 0.03 | C/toso – 277.1 | 24 | 22 |
| 2 | 0.15 | 277.1 – 406.1 | 28 | 26 |
| 3 | 0.28 | 406.1 – 542.8 | 32 | 30 |

TABLA 4. Resultados diseño preliminar.

Bibliografía

- (1) Diseño electromecánico segundo circuito de la interconexión nacional a 500 kV. Diseño de aislamiento, Junio de 1986. Salgado Meléndez & Asociados, Ingenieros Consultores.
- (2) Estudios ESDD y NSDD realizados en 22 cadenas piloto, ubicadas en la línea a 500 kV. Medellín 1988. Universidad Pontificia Bolivariana.

(3) Diseño aislamiento sector norte, 1988. Salgado Meléndez & Asociados, Ingenieros Consultores.

(4) Pruebas de contaminación en aisladores de línea de transmisión a 500 kV, Propuesta técnica, Oct 1986.

Jairo León García. Ingeniero electricista U.I.S. Bucaramanga 1977. Jefe sección líneas: Interconexión Eléctrica S.A. – ISA -. Director revista ETA, publicación ACIEM nacional 1988.

Publicaciones:

- Criterios básicos para el diseño de líneas de transmisión a alto voltaje. Medellín, marzo de 1983.
- Generalidades sobre el diseño del aislamiento de líneas de transmisión. Bogotá, mayo de 1985. Jornadas de energía, ACIEM.
- Método simplificado de “Los dos puntos” para evaluar el comportamiento de una línea de transmisión ante descargas atmosféricas. Partes I y II. Medellín 1987 (Método EPRI).
- Coordinación de aislamientos para líneas de transmisión. Seminario nacional de sobretensiones y aislamientos, noviembre de 1988, Medellín.

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