

## LAS DESCARGAS PARCIALES EN CABLES DE ENERGIA

### UN LENTO PERO EFECTIVO ENEMIGO INTERNO (Parte I)

**INTRODUCCION:** *Es sabido que la presencia de descargas parciales en cables de media y alta tensión, constituyen el primer indicio de una lenta pero eficaz degradación de su aislación, derivando irremediablemente en una falla.*

Este paulatino proceso de deterioro, llevará meses o años hasta dejar finalmente fuera de servicio a un cable.

Ante una falla o salida de servicio de un alimentador, generalmente aceptamos que podría tratarse de una falla imprevista o espontánea; sin embargo, al existir medios para su determinación temprana, ya no sería correcto considerarla como imprevista, si no mas bien desatendida.

Los lentos procesos de degradación por descargas parciales, se evidencian y colapsan mas allá de los tiempos de expiración de los plazos de garantías de un tendido; sin embargo, las anomalías en la construcción de un cable o de un empalme, por lo general estuvieron presentes desde el momento mismo de su compra, o desde la confección de los mismos; el único detalle, es el de no haber intentado medirlas, detectarlas o controlarlas con la suficiente anticipación.

La evolución en la calidad de los materiales aislantes de empalmes y cables, ha obligado a la consiguiente superación y eficacia de los métodos y procesos destinados a la medición de descargas parciales. En la actualidad, el control de un cable XLPE, requiere algo más que una medición puntual en valor absoluto expresada en pico-coulombs.

Los eventos relacionados con las descargas parciales, se producen en el orden de los nanosegundos, y por lo tanto la nueva generación de instrumentos debe ser capaz de capturar estos eventos, y de poder clasificarlos en función a su origen, forma y frecuencia de repetición.

La norma IEC 60270 que rige los procedimientos, y medios de control de descargas parciales, ha debido corregirse y actualizarse a través de los años para ajustarse a las necesidades y exigencias actuales.



Efectivamente en el año 2000, la revisión de esta norma ha dejado fuera del mercado, a un sin número de instrumentos de control de procesos y ensayos de cables, ubicándose entre ellos, por su especificaciones técnicas, a algunos destinados a la medición de descargas parciales, detalle que no debe pasar inadvertido al momento de seleccionar un equipo para ensayo.



Hoy en día ya no es suficiente detectar y reparar una falla imprevista; los nuevos criterios energéticos exigen disponer de la mayor cantidad de información anticipada sobre las posibles y futuras fallas que puedan afectar a un tendido.

Estimar el grado de confiabilidad de un alimentador, forma parte de la valoración de activos de una empresadistribuidora, posibilitando así, determinar su real rentabilidad proyectada.

Un inspector de una empresa de energía que deba recepcionar una partida de bobinas de cables, debe comprender en profundidad el alcance y la importancia particular de cada ensayo que presencie en un laboratorio de control de calidad.

Las nuevas técnicas para el diagnostico de cables, permiten controlar desde la recepción del mismo, el tipo de falla a futuro que tendrá dicho cable, cuando se constituya como tendido subterráneo, y además, analizar metro a metro el estado de degradación ascendente o estable que sufra con el paso de tiempo.

El siguiente trabajo, forma parte de una serie de informes obtenidos en el terreno, y que ofreceremos como casos testigos de fallas en empalmes de media tensión, los cuales han sido degradados lentamente por el efecto de las descargas parciales.

Luego de estos acontecimientos, y tras sucesivas salidas de servicio de sus alimentadores, esta compañía ha decidido tomar la iniciativa de efectuar un análisis punto a punto de cada uno de los empalmes existentes.

## ANALISIS DE FALLAS EN EMPALMES

### CASO: 1

#### ANTECEDENTES

Compañía: Codelco Chile  
División: Minera El Teniente  
Alimentador de 33 KV  
Denominación: X2  
Destino: S.E. Cordillera a S.E. Esmeralda.  
Datos: Cobre calibre 500 MCM (diámetro 18,7 mm)  
- Trifásico armado – Longitud: 10 Km.  
Fecha de Instalación: Marzo de 1994

#### Empalme Fallado:

Corresponde a un suministro realizado en Diciembre del 2003



#### ANALISIS DE LA MUESTRA:

Como puede observarse, la falla se materializó como una perforación radial en el aislamiento, en el punto central de la unión de compresión.

No se observan indicios de humedad en el interior del empalme.



Analizando la fase fallada, se puede apreciar que el tubo elastomérico de dos colores (negro/rojo), no fue adecuadamente termocontraído, quedando una cavidad de aire en la zona central del empalme.



CAUSA DE LA FALLA:

El campo eléctrico radial máximo en un conductor cilíndrico de radio "r", aislado con radio "R" bajo la pantalla, está dado por:

$$E_{max} = V / (r \ln (R/r))$$

Donde V es la tensión máxima (valor pico) aplicado entre conductor y pantalla,

En este caso se tiene:

V = 28.3 kV, con

r = radio sobre el conector = 14.5 mm aprox.

R = radio bajo la pantalla = 25.0 mm aprox.

$$\rightarrow E_{max} = 3.58 \text{ kV/mm}$$

Dado que el área alrededor del conector de compresión (MT), hasta la pantalla de la unión (Tierra), está sometida a un campo eléctrico radial de alta intensidad > 3.5 kV/mm, en las cavidades de aire se originaron descargas parciales desde el momento mismo de la puesta en servicio.

El servicio durante dos años, con descargas parciales en esta zona, provocaron una degradación ascendente y un envejecimiento prematuro de la aislación, que terminó produciendo la perforación del aislante y la consiguiente falla; estableciendo claramente su causa como: *Defecto de manufactura durante la confección (instalación) del empalme*.

## CONCLUSIONES

Más allá de la errónea confección del empalme, este es un caso real que demuestra el lento pero efectivo proceso de degradación, por aparición de descargas parciales.

Luego de dos años en servicio, y más allá de todo término de garantía, este ejemplo podría ser tomado como una falla común de envejecimiento, sin embargo, el comienzo del proceso de degradación ha partido desde el inicio de la puesta en servicio.



## CASO: 2

### ANTECEDENTES

Compañía: Codelco Chile  
División: Minera El Teniente  
Alimentador de 33 KV  
Denominación: X1  
Destino: S.E. Cordillera a S.E. Teniente Sub 6.  
Datos: Cobre calibre 500 MCM (diámetro 18,7 mm) - Trifásico armado – Longitud: 14 Km  
Fecha de Instalación: 1987

Empalme Fallado: Se trata de un empalme sin tubo elastomérico, con pintura conductora en vez de mastic amarillo en el corte de la semiconductor, y armadura tipo canastillo rígido.

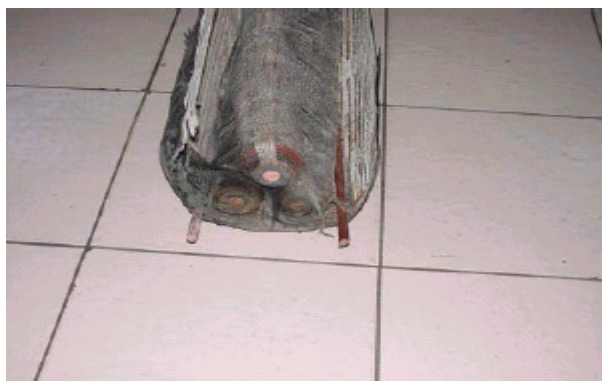


### ANALISIS DE LA MUESTRA

Las observaciones de las fotos, muestran signos de corrosión en la armadura metálica del empalme, indicando el ingreso de humedad al conector de unión. Dado que la mufa se ve correctamente instalada y sellada en su parte externa, lo más probable es que el agua haya ingresado al empalme, deslizándose por debajo de la cubierta externa del conductor.



Al retirar los elementos de ensamble, se puede observar que uno de los conductores de tierra estaba fuera del conector de compresión, lo cual sería indicativo de una compresión deficiente pero que no se puede relacionar con la falla en estudio.





La fase número 3, que se ubicaba espacialmente en la parte inferior del empalme, y por lo tanto con mayor exposición a la acumulación de agua dentro del canastillo de la mufa, es la que posee los mayores signos visuales externos, de haber sufrido descargas.

Al retirar la cinta de pantalla, y limpiar externamente los tubos de la fase 3, estos se observan correctamente termo contraídos.

Al retirar el primer tubo (tubo de dos colores) se encontraron marcas de humedad, e incluso un poco de agua sobre el primer tubo rojo.

Al extraer el tubo rojo externo, se observa por el lado derecho del empalme, una carbonización superficial cuyo origen estaría asociado al proceso de "quemado" de la falla con los instrumentos de detección.

Se observa una perforación en el segundo tubo rojo, a la altura del corte de la semiconductor, que estaría asociado a este mismo proceso.

Al retirar el último tubo rojo, este salió pegado al de control de campo, hallándose el aislamiento original del cable, totalmente quemado por el lado derecho del empalme.

El lado izquierdo de este empalme se encuentra sin signos de falla.



## CAUSA DE FALLA

La causa de falla, sería atribuida al ingreso de humedad por el lado derecho del empalme, y por debajo del tubo de control de campo de la fase marcada como número 3.



Esto originó una pérdida relativa del aislamiento en la "vela" del conductor (distancia longitudinal que se deja con el aislamiento original del cable, y que va desde el corte de la semiconductor hasta el conector de compresión cubierto por mastic amarillo).

Dado que esta zona se encuentra sometida a un campo eléctrico transversal, la presencia de humedad origina corrientes de fugas superficiales por la aislación (vela) del cable, dirigidas desde el conector hacia la semiconductor, y produciendo bandas secas, con un chisporroteo superficial que dan origen al "*tracking*" (carbonización y erosión superficial del aislamiento o vela del conductor).

Este proceso finaliza con la formación paulatina de un "camino de hormiga" conductivo (carbón), en la superficie de la vela aislante, y que termina por unir eléctricamente el conector de compresión (AT), con el corte de la semiconductor (Tierra).

El daño total del aislante, y los daños hacia arriba que se visualizan en los otros tubos, son el resultado del proceso de "quemar la falla" que aumentó la carbonización del aislante y dañó los tubos en mayor medida de lo que se hubiera manifestado por causa de la falla en si misma.



### CONCLUSIONES:

Es correcto aclarar, que el ingreso de humedad no puede ser detectado mediante el ensayo de descargas parciales, pero si cuando sus efectos posteriores comienzan a erosionar la aislación.

El "*tracking*", o sea la carbonización y erosión superficial del aislamiento por efectos de la humedad ante campos eléctricos intensos, es claramente identificable, mucho antes de que se produzca la ruptura del aislamiento.

Un ensayo preventivo de descargas parciales, efectuado en término sobre el tendido, hubiera anticipado la existencia de una degradación ascendente, permitiendo su reemplazo en una parada programada de mantenimiento.

Un inspector de una empresa de energía que deba recepcionar una partida de bobinas de cables, o su instalación, debe comprender en profundidad el alcance y la importancia particular de cada ensayo que presencie en un laboratorio de control de calidad de conductores.

Las nuevas técnicas para el diagnostico de cables, permiten controlar desde la recepción del mismo, el tipo de falla a futuro que tendrá dicho cable, cuando se constituya como tendido subterráneo, y además analizar metro a metro el estado de degradación ascendente o estable que sufra con el paso de tiempo.

