



## **Experiencias en el Proceso de la Mejoría de Desempeño de la LT 66 kV PAR-QUI-CAU**

**Luis Antonio Sosa Almirón**

**Administración Nacional de Electricidad - ANDE**

**Paraguay**

### **RESUMEN**

El trabajo tiene como objetivo presentar las experiencias obtenidas en el proceso de mejoría de desempeño de la LT 66 kV PAR-QUI-CAU.

La LT 66 kV PAR-QUI-CAU arranca desde la SE-PAR(Subestación Paraguari), esta es una línea con característica radial de 75 km de longitud, que alimenta a: la SE-QUI(Subestación Quiindy), en derivación y la SE-CAU(Subestación Caapucú) en el extremo de la misma, que son subestaciones de 66/23 kV, con capacidad de transformación instalada de 10 MVA respectivamente. En su mayor parte, la LT atraviesa una región extensa de campo abierto con elevado índice cerámico.

En vista que la LT poseía un elevado índice de desconexión, se requirió realizar evaluaciones con el objetivo de lograr una disminución del número de eventos, debido a inclemencia del tiempo y así obtener una mejoría en el desempeño.

Los trabajos de evaluación e implantación de posibles soluciones, abarcaron un periodo de 3 años(2003-2005), contemplando aspectos tales como: sistemas de puesta a tierra, y soportabilidad de las cadenas de aisladores. En ese contexto se realizaron mediciones y mejoras del sistema de puesta a tierra, verificaciones del estado de contrapesos utilizados en las mejoras y en el año 2005 la implantación de una política de sustitución de aisladores para esta línea, que fue ejecutada en su mayor parte con la técnica de línea viva.

Desde el año 2005 hasta la fecha, transcurrieron más de 2,5 años y se pudo notar una considerable reducción de la tasa de falla de la LT en tiempo adverso, a causas atribuibles a descargas atmosféricas.

### **PALABRAS CLAVES**

Desempeño de LT's-Descargas Atmosféricas-Sistemas de Puesta a Tierra-Corrosión-Cambio de Aisladores-Vandalismo-zonas críticas

## 1. INTRODUCCION

El desempeño de una LT puede ser medido por la frecuencia de ocurrencia de las interrupciones en el suministro de energía eléctrica [1].

Los estudios definen un índice numérico de desconexiones de una línea por una unidad de longitud, normalmente considerada de 100 km.

El proyecto de una línea de transmisión bajo el punto de vista de descargas atmosféricas, contempla la determinación de los siguientes elementos: espaciamentos eléctricos, cantidad de aisladores, ángulo de blindaje y sistemas de puesta de tierra de las estructuras. Estos elementos son ajustados de modo a que puedan tenerse una tasa de desconexiones preestablecidas en los criterios de proyecto[2].

En la medida que el nivel de tensión de la línea se eleva, las solicitaciones atmosféricas tienen menor relevancia. La tendencia es la disminución de la tasa de desconexiones debido al aumento del nivel de aislación como puede ser observado en la Tabla 1 [2].

**TABLA I: Desempeño de Líneas de Trasmisión**

Tensión Nominal del Sistema (kV)	Nº de desconexiones (/100 km/año)
42	21,9
88	11,9
132	5,0
275	1,9
400	0,6

En estudios de desempeño de LT's se verifican que la mayor parte de las desconexiones están asociados a tramos críticos ( en lo que se refiere a elevados valores de resistividad del suelo y altos índices cerámicos)[1]. Este aspecto motivó el abordaje llevado a cabo en el inicio de los trabajos en el año 2003 relativos a la LT 66 kV PAR-QUI-CAU. La misma poseía un elevado número de desconexiones. En el año 2002 se tuvieron 28 desconexiones /100 km/año.

En la metodología implantada a partir del 2003, se consideran los diversos factores que puedan influir en el desempeño de una LT y se realizan priorizaciones en las zonas escogidas, sustituyendo al tradicional abordaje de mejoramientos del SPAT a lo largo de todo el tramo de la LT en donde se tengan valores elevados de resistencia de pie de torre.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LA LT 66 kV PAR-QUI-CAU

### 2.1 Ubicación en el SIN.

Se encuentra enmarcada dentro del SIN en el Sistema Metropolitano, específicamente en el Departamento de Paraguari.

La LT arranca en la SE-PAR , alimentando a la SE-QUI y a la SE-CAU en el extremo de la misma.

## 2.2 Algunas características de la LT

- Tensión de operación : 66 kV
- Longitud : 75 km
- Conductor : ACAR 281,4 MCM EC-H 19
- Cabo de Guardia : Acero Galvanizado - 3/8"
- Tipo de estructuras : Metálica octogonal con longitud de 18 m
- Número de Aisladores por cadena de suspensión : 5 unidades
- BIL de la Cadena de suspensión : 350 kV
- Tipo de Crucetas: metálicas

## 2.3 Características ambientales del entorno de la LT

En la mayor parte de su extensión de 75 km, la LT atraviesa zonas despobladas, generalmente campos propios para la ganadería.

La región que abarca la LT posee nivel cerámico de 65.

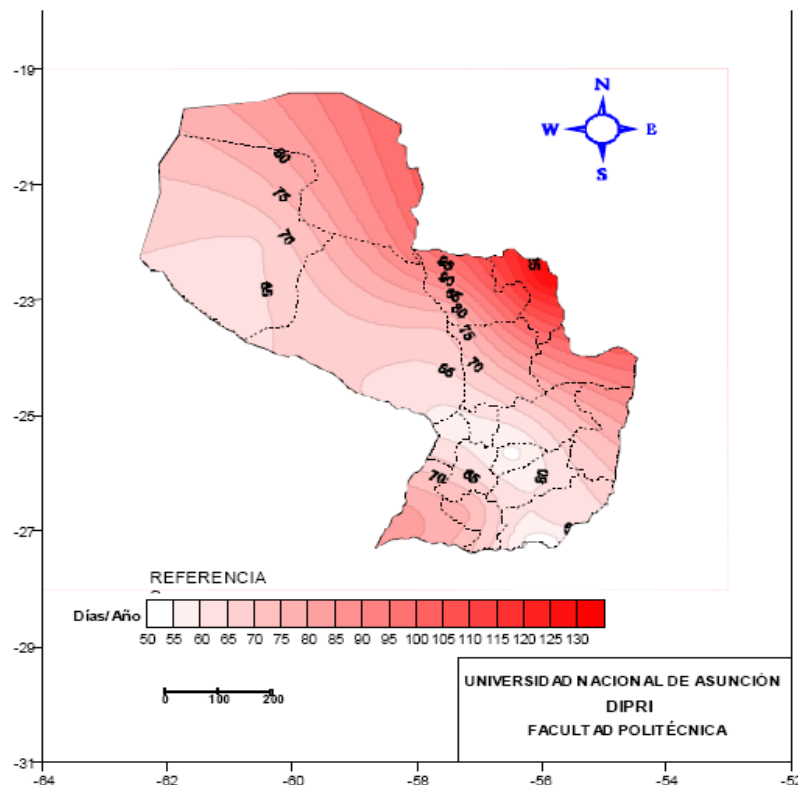


Figura 1: Niveles Isocerámicos

## 2.4. Densidad de Rayos

La densidad de rayos es la cantidad de rayos que caen en una determinada región durante un periodo estipulado.

Un índice muy utilizado es el DR, esto es, Densidad de rayo por  $\text{km}^2$  durante un año. El índice es dado por la siguiente fórmula:

$$\text{DR} = 0,0024 * \text{IC}^{1,63} \quad (1) \quad [3]$$

IC=índice cerámico

$$\text{DR} = 2,2$$

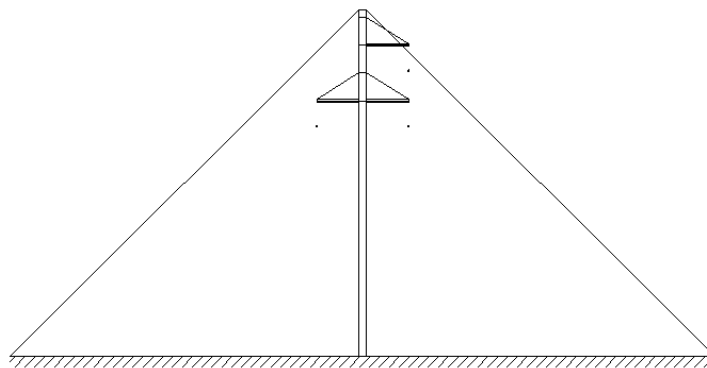
### 3. METODOLOGIA

En vista del elevado número de desconexiones de la LT, a partir del año 2003, realizamos levantamientos y evaluaciones de factores que pudieran incidir en el actual desempeño.

De entre ellos se realizaron:

- Evaluación del histórico de mediciones del SPAT
- Levantamiento de zonas con mayor incidencia de cambios de aisladores
- Mediciones del SPAT
- Verificación de estado de contrapesos instalados hasta el 2003
- Verificación de zonas críticas levantadas
- Aspecto del Blindaje de la LT
- Mejoramientos de SPAT en determinadas Torres
- Cambio de Aisladores en zonas identificadas como susceptibles a acciones de Vandalismo, utilizando aisladores poliméricos y de Porcelana.

#### 3.1 Aspectos de Blindaje de la LT

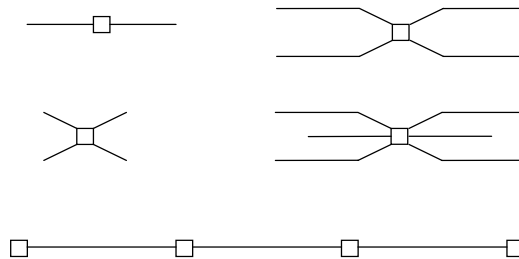


**Figura 2: Silueta de Estructura de Suspensión de la LT**

Dicha configuración satisface los requerimientos de un pararrayos Franklin formado por el cabo de guardia con un ángulo de protección de  $45^\circ$  [3].

### 3.2 Mejoramiento del SPAT

La LT posee instalados contrapesos con configuraciones que obedecen a los siguientes Esquemas:



**Figura 3: Configuraciones de contrapesos utilizadas en la LT**

En determinadas columnas también se colocaron jabalinas en los extremos de los contrapesos y se realizaron modificación del suelo propio del lugar.

Se instalaron contrapesos en 43 columnas, algunas de las cuales ya poseían antes del año 2003, año que es la referencia del presente trabajo.

Las demás columnas mejoradas hasta el año 2005, ya fueron seleccionadas considerando aquellas zonas con mayores indicios de posibilidad de descarga.

### 3.3 Cambios de Aisladores

En el año 2005 se realizaron cambios de aisladores con la técnica de Líneas Vivas, en zonas identificadas como sujetas a acciones de vandalismo. De estas zonas fueron afectadas 11 columnas y en otra 12 columnas.

En las estructuras de esas dos zonas se instalaron aisladores del tipo polimérico en las fases inferiores y aisladores de porcelana en la fase superior, sustituyendo los aisladores de vidrio que existiesen en las fases, ya que estos son los mas afectados por acciones de vandalismo conforme mencionado en [4].

También se realizaron cambios puntuales en otras zonas, en la medida en que fueron detectados este tipo de incidencias.

### 3.4 Estado de Contrapesos instalados antes del 2003

Los materiales utilizados como contrapesos son: conductores de cobre y retazos de conductores de aluminios en desuso.

Se verificaron contrapesos de los tipos de materiales mencionados en zonas con diferentes tipos de suelos para evaluar el grado de corrosión de los mismos, debidos principalmente a actividad electroquímica.

Los contrapesos de conductor de aluminio presentaron señales evidentes de corrosión en suelos arcillosos, normalmente mas agresivos que suelos de arena o arena arcillosa [5].

Este aspecto también es mencionado en [6] y que la utilización del aluminio debe ser hecha después de un estudio criterioso de suelo

#### 4. INDICE DE DESCONEXIONES DE LA LT

Más abajo se presentan los índices de desconexiones en el periodo comprendido entre los años de 2001 a 2007 considerando eventos atribuibles a descargas atmosféricas, durante tiempo adverso.

Los índices fueron obtenidos a partir de la Base de Datos de Eventos del Departamento de Estudios Energéticos (DOP/EN).

##### 4.1 Periodo 2001-2002

**TABLA II - Indices de Desconexiones 2001-2002**

Año	Nº de desconexiones (/100 km/año)
2001	10,7
2002	28

##### 4.2 Periodo 2003-2007

**TABLA III - Indices de Desconexiones 2003-2007**

Año	Nº de desconexiones (/100 km/año)
2003	5,3
2004	6,7
2005	1,3
2006	0
2007	0

En el presente año hasta el mes de octubre se ha tenido un solo evento atribuible a descargas atmosféricas.

Es posible notar en la Tabla III una significativa disminución en el índice de desconexiones ya desde el 2003 con relación a años anteriores de la Tabla II. En el 2003 se ejecutaron inicialmente la instalaciones de contrapesos en las zonas críticas identificadas en las evaluaciones de los registros levantados.

A partir del año 2005 en que se realizaron los cambios de aisladores en las dos zonas identificadas como sujetas a acciones de vandalismo y se continuaron con la ejecución de las ampliaciones del SPAT, la reducción del número de desconexiones es drástica.

#### 5. FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE TORMENTAS ELECTRICAS

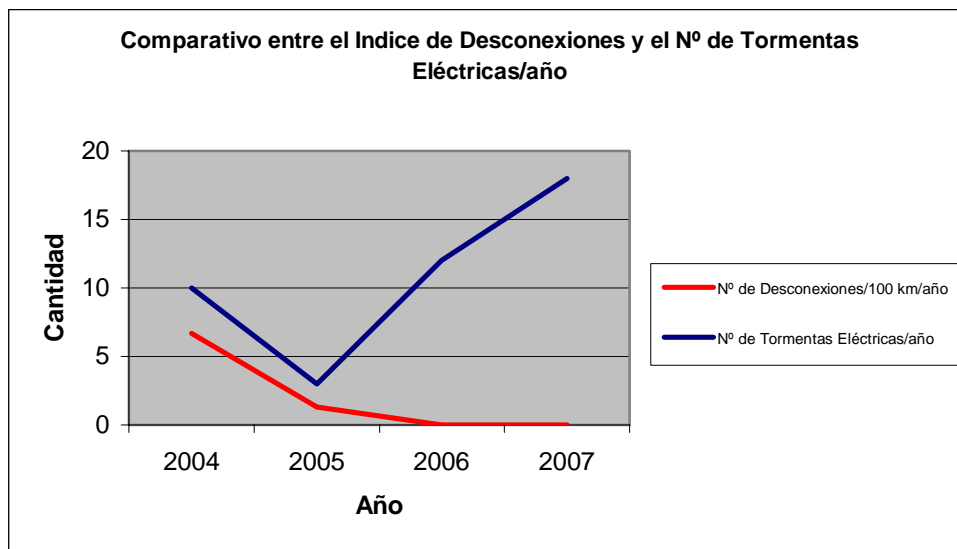
A continuación se presentan los números de ocurrencias de tormentas eléctricas obtenidos de la DINAC y que fueron registradas en la estaciones meteorológicas de la ciudad de Paraguari y Quiindy.

### 5.1 Periodo 2004-2007

**TABLA IV: Número de ocurrencias de Tormentas Eléctricas 2004-2007**

Año	Nº de Tormentas Eléctricas / año
2004	10
2005	3
2006	12
2007	18

### 6. COMPARATIVO DEL Nº DE DESCONEXIONES Y EL Nº DE TORMENTAS ELÉCTRICAS / AÑO



**Figura 4: Comparativo del Nº de desconexiones y el Nº de Tormentas Eléctricas/año**

Como es posible notar, a un aumento de ocurrencia de tormentas eléctricas, corresponde una disminución del índice de desconexión de la LT.

### 7. CONCLUSIONES

El desempeño de LT's ante descargas atmosféricas es dependiente de los diferentes aspectos que tienen relación con su soportabilidad dieléctrica.

Evaluar estos diferentes aspectos adecuadamente, pueden contribuir a la optimización de los procesos encarados para la mejoría del desempeño de las LT's, teniendo en cuenta la minimización de costos y la maximización de resultados obtenidos.

La utilización de los diferentes materiales debe ser evaluada convenientemente a fin de maximizar los beneficios que se puedan tener con la aplicación de los mismos. Tal es el caso de la utilización de aluminio en tramos con suelos poco agresivos, de manera tal que la vida útil de este tipo de material sea compatible con la vida útil de la LT.



En vista de los resultados obtenidos con esta modalidad de abordaje implantada, trabajos similares se han iniciado en otras LT's del SIN.

Como siempre, un plan de inspecciones de línea ajustado y posteriores intervenciones de rutina, acompañados de las medidas particulares estudiadas, contribuyen en la optimización de la mejoría de desempeño de una línea de transmisión.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Amilton Soares Junior, Silverio Visacro Filho, et al – “Investigação de Configurações Otimizadas para o Aterramento das Torres do Sistema de Transmissão da CEMIG para a Melhoria de Desempenho frente a Descargas Atmosféricas” – XIV SNPTE – Año 1997 - Páginas 1 y 6.
- [2] Ari D'ajuz, et al – “Transitorios Elétricos e Coordenação de Isolamento-Aplicação de Sistemas de Potencia de Alta Tensão – FURNAS – Centrais Elétricas S.A. – Año 1987 – Páginas: 245 y 246.
- [3] Geraldo Kindermann – “Descargas Atmosféricas” – Segunda Edição – Editores. ZAGRA LUZZATO – Año 1997 – Páginas 21,42,61,102.
- [4] Rubens D. Fuchs – “Transmissão de Energia Elétrica – Linhas Aéreas” – Segunda Edição – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. – Año 1979 – Página 26.
- [5] Favio Casas Ospina – “Tierras – Soporte de la Seguridad Eléctrica” – Segunda Edición – Editor: Seguridad Eléctrica Ltda. – Año 2003 – Página 70.
- [6] José Mauricio da Silva Junior, et al – “Viabilidade do uso do Alumínio como Contrapeso para o aterramento de Linhas de Transmissão” – VI ERLAC – Junio de 1995 – Páginas 1 y 6.