



## TEÓRICO-EXPERIMENTALES

# APORTES DE LA INVESTIGACIÓN ESTUDIANTIL EN LA CREACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE UNA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Carmen Luisa Vásquez

María Carolina Blanco

Agosto del 2001

### RESUMEN

El presente trabajo muestra la importancia del desarrollo de proyectos estudiantiles para el fortalecimiento de líneas de investigación. Se realizan estudios específicos en el área de Coordinación de Aislamiento en redes de distribución de energía eléctrica, que persiguen, como objetivo fundamental, el diseño y evaluación de las técnicas empleadas para la protección de las redes aéreas de distribución contra las sobretensiones originadas por las descargas atmosféricas, siendo la primera región en estudio la ciudad de Barquisimeto. El apoyo estudiantil ha consistido en la ejecución de las tareas siguientes: Determinación del número de interrupciones del servicio eléctrico por concepto de descargas atmosféricas, Evaluación del sistema de puesta a tierra utilizado en las redes y Diseño de sistemas automatizados para pruebas de alta tensión de impulso tipo rayo en el laboratorio de Alta Tensión UNEXPO-ULA. En estos trabajos han participado estudiantes de pregrado de las principales escuelas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la región: Universidad Experimental Politécnica (UNEXPO), Universidad de los Andes (ULA) y Universidad Fermín del Toro (UFT); que han contado con el asesoramiento del personal técnico de la empresa de servicio eléctrico local, bajo las figuras de pasantías, trabajos de grado o ayudantías de investigación. Se demuestra que dicha experiencia ha servido para aumentar el grado de conocimientos y mejorar las condiciones del servicio eléctrico.

**PALABRAS CLAVES:** índice de interrupciones, descargas atmosféricas, sistema de puesta a tierra.

## SUMMARY

*The present work shows the importance of the development of student projects for the invigoration of research lines. They are carried out specific studies in the area of Insulation Coordination in electric power distribution nets that pursue as fundamental objective the design and evaluation techniques employees' for the air distribution nets protection against the surges originated by the atmospheric discharges, being the city of Barquisimeto the first region in study. The student support has consisted on the execution of the following tasks: Determination of the electric service interruptions number for concept of atmospheric discharges. Earth system evaluation used in the nets and Design of automated high tension systems lighting impulse tests in the High Voltage UNEXPO-ULA laboratory. In these works students of pregrado of the main schools of Electric and Electronic Engineering of the region have participated: Polytechnic Experimental University (UNEXPO), Andes University (ULA) and University Fermín del Toro (UFT); and they have had the advice of the local electric company technical personnel service, under the figures of internships, degree works or investigation. It is demonstrated that this experience has increase the degree of knowledge and to improve the conditions of the electric service.*

**KEY WORDS:** *interruption index, atmospheric discharges, earthing systems.*

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Barquisimeto, capital del estado Lara, se encuentra ubicada en el noroeste de Venezuela; se caracteriza por ser una importante zona industrial con agroindustrias de café, azúcar, sisal, productos de cuero, textiles, metalmecánico y otras.

Como es lógico, las interrupciones del servicio eléctrico motivan la paralización de los sistemas de producción; lo que trae por consecuencia que se originen pérdidas económicas por los conceptos de: productos sin elaborar, pago de salarios a trabajadores interruptos, incremento en los tiempos de producción posterior a la falla, etc.

Desde el año 1995, expertos de la UNEXPO y de la C.A. Energía Eléctrica de Barquisimeto (ENELBAR), analizan alternativas de solución que permitan la disminución de las interrupciones y sus consecuencias en el sector productivo, residencial y comercial.

En la actualidad, se ha demostrado que una de las principales causas de la afectación del suministro de energía eléctrica es el fenómeno de las descargas atmosféricas,

más conocidas como rayos. Estas descargas inducen sobretensiones en las redes que pueden ocasionar fallas en el aislamiento.

En el artículo se muestran los trabajos desarrollados, en esta temática, donde se destaca los resultados más relevantes obtenidos.

## DESARROLLO

"Incidencia de las descargas atmosféricas en los circuitos de 4 y 24 kV de la ciudad de Barquisimeto" (1), (2), tiene como objetivo principal determinar el índice de falla por descargas atmosféricas de las redes de distribución de energía eléctrica de la ciudad de Barquisimeto. Se aplica un método Heurístico para el cálculo, haciendo coincidir la ocurrencia de las interrupciones del servicio con los datos climatológicos de la zona, obtenidos en la estación meteorológica "Teniente Vicente Landaeta Gil", para el período entre 1994 y 1998.

Se determina que el 11.5 % de las fallas totales, registradas por la compañía, fueron consecuencia de las sobretensiones inducidas por las descargas atmosféricas, siendo este valor significativo; ya que además de ocasionar el aumento de los costos de operación del sistema, inducen sobretensiones que causan el envejecimiento prematuro del aislamiento de los equipos, lo que aumenta los costos y su frecuencia de reposición.

Con base en lo anterior y en virtud de que la disminución del índice de fallas en circuitos de distribución por esta causa, conlleva al diseño de adecuados sistemas de puesta a tierra y el uso de descargadores de sobretensiones en las redes, se decidió iniciar un estudio para la evaluación del sistema de puesta a tierra utilizado por la compañía, en las redes de distribución.

El sistema utilizado por ENELBAR en sus circuitos de distribución consiste en una barra de puesta a tierra cada 300 m, siendo el valor de la resistencia de conexión a tierra dependiente de esta configuración y de los valores de resistividad del suelo.

En tal sentido se realizó el trabajo titulado: "Diseño y confección de un mapa de resistividad del suelo para la ciudad de Barquisimeto" (3). Este trabajo muestra como resultado fundamental, la ejecución de un mapa de resistividad de los suelos que permite realizar un nuevo diseño del sistema de puesta a tierra, en donde el caso lo amerite, con base en los datos de los diferentes tipos de suelos presentes en la región.

Entre los suelos que mayormente, caracterizan la ciudad se encuentran las arcillas inorgánicas de media y baja plasticidad. Teniendo en consideración los tipos de suelos se ubicaron puntos de medición en lugares accesibles, realizándose un total de 40 mediciones con el equipo de medición Vibroground 263. Los resultados fueron interpretados por el método de Takahashi-Kawase (4), adoptándose en general un modelo de terreno estratificado de dos capas.

Los resultados obtenidos mostraron que existen tres regiones perfectamente definidas para la primera capa por los intervalos de resistividad del suelo siguientes: 0-50, 50-150 y 150-300  $\Omega$  m; y que la profundidad varía entre 0.5 y 5 m.

Conjuntamente con el trabajo anterior, se desarrolló la "Metodología para la evaluación de la resistencia de tierra de los circuitos de distribución de energía eléctrica de la ciudad de Barquisimeto (Caso Circuito Palenque)" (5). Los resultados obtenidos son función de los valores de tierra calculados utilizando la resistividad del suelo y la configuración de los electrodos. Se utiliza como referencia el valor límite de resistencia a tierra de 25  $\Omega$ , según lo establecido en la norma venezolana (6). Esta metodología se utiliza para la evaluación del circuito Palenque, seleccionado por presentar el mayor número de fallas por descargas atmosféricas, en la ciudad, el mismo tiene una longitud total de 54 km, de los cuales el 66 % presenta un valor de resistencia a tierra superior al valor recomendado.

El siguiente trabajo "Metodología para la evaluación del sistema de puesta a tierra de una subestación de distribución de energía eléctrica y sus circuitos asociados (caso subestación Carabali)" (7). Tiene como objetivo principal verificar la influencia de los valores de resistencia a tierra de una subestación y sus circuitos asociados ante la ocurrencia de las sobretensiones inducidas por las descargas atmosféricas, para cumplir este propósito se seleccionó la subestación Carabali y los circuitos Papelón y Radio Cristal, caracterizados todos por sus altos índices de fallas por descargas atmosféricas. Para la medición de la resistencia a tierra de la subestación se utilizó el método de Mínimas Corrientes recomendado por la norma IEC 80-1993, obteniéndose un valor de 0.7  $\Omega$ .

En los circuitos se realizaron mediciones en la bancada de los transformadores y otros puntos; los valores máximos obtenidos fueron 5 y 80  $\Omega$ . Dichos valores se deben a que en los puntos de las bancadas de transformadores la empresa utiliza 3 electrodos y en el resto solo 1. Demostrándose que el punto débil del sistema, ante sobretensiones externas, está dado por la configuración de 1 electrodo, ya que los valores de resistencia a tierra en la subestación y puntos de bancadas de transformadores, se encuentran dentro de los límites recomendados.

Sobre esta misma temática se encuentran en desarrollo los siguientes trabajos: "Determinación del máximo potencial con

respecto a tierra (GPR) de un circuito de distribución de energía eléctrica", el cual tiene como objetivo la determinación de las elevaciones de potencial máximos que aparecen en las redes de distribución de energía eléctrica al circular corrientes de fallas.

"Sistema de automatización y control para pruebas de aislamiento de alta tensión tipo impulso atmosférico", su finalidad es lograr la interfase entre el sistema de adquisición de datos y la fuente de ensayos, para la obtención del Critical Flashover Overvoltage (CFO) de los aisladores.

Por último, el trabajo "Diseño y Confección de un sistema de conteo y adquisición de descargas atmosféricas para la ciudad de Barquisimeto", permitirá calcular con precisión la densidad de descargas a tierra para esta ciudad, y utilizar este resultado como base para mejorar la Coordinación del Aislamiento de las redes eléctricas en la empresa ENELBAR.

## CONCLUSIONES

Se demuestra que el desarrollo de proyectos estudiantiles representa una herramienta útil para el fortalecimiento de líneas de investigación en el área de la Ingeniería Eléctrica y además, contribuye a la solución de los problemas del sector eléctrico en la región.

Los trabajos de investigación estudiantiles realizados han permitido aumentar el nivel de conocimiento de los estudiantes; así como su vinculación con los problemas prácticos relativos a la operación de las redes eléctricas: fallas en el aislamiento externo, medición de resistencia a tierra, mapas de resistividad de suelos y cálculos de máximos potenciales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Vasquez Carmen; Blanco, María Evaluación del Aislamiento Eléctrico Externo de un Sistema de Distribución de Energía Eléctrica (Caso C.A. Energía Eléctrica de Barquisimeto). Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica. UNEXPO. Octubre de 1997.
- (2) Rodríguez Moisés. Incidencia de las Descargas Atmosféricas en los circuitos de 4 y 24 kV de la ciudad de Barquisimeto. Entrenamiento Industrial II. UNEXPO. Octubre 1998.
- (3) Cordero Lisette. Guede Angélica. Confección de un mapa de resistividad del suelo para la ciudad de Barquisimeto. Entrenamiento Industrial. Universidad "Fermín Toro". Febrero 1999.
- (4) Alfonso Carlos. Determinación de la Resistividad del suelo mediante el Método de Takahashi-Kawase. Trabajo de Ascenso a la Categoría de Profesor Asociado. UNEXPO. 1997.
- (5) Cordero Lisette. Metodología para la Evaluación del Sistema de Puesta a Tierra de un Circuito de Distribución de Energía Eléctrica (Caso Circuito Palenque). Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad "Fermín Toro". Agosto 1999.

(6) COVENIN 734. Código Nacional de Seguridad en Instalaciones y Suministros de Energía Eléctrica y de Comunicaciones. 1976.

(7) Guede Angélica; Metodología para la evaluación del Sistema de Puesta a tierra de una Subestación de Distribución de Energía Eléctrica y sus circuitos asociados (Caso Subestación Carabali). Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad "Fermín Toro". Diciembre 1999.

(8) Filardi Maribel; Determinación del Máximo Potencial con Respecto a Tierra (GPR) de un circuito de distribución de energía eléctrica. Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad de Los Andes. En proceso.

(9) Fernández Roger; Sistema de automatización y control para pruebas de aislamiento de alta tensión tipo impulso atmosférico. Trabajo de Ayudantía de Investigación. UNEXPO. En proceso.

(10) Pineda Altuve Adriana; Diseño y Confección de un sistema de conteo y adquisición de descargas atmosféricas para la ciudad de Barquisimeto. Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad "Fermín Toro". En proceso.

## Autores

Ing. Carmen Vasquez. Natural de El Pao, Venezuela. Egresó de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre" en el año de 1995 con el título de Ingeniero Electricista. En 1998, obtuvo el título de Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica en la UNEXPO Vicerrectorado Barquisimeto. Actualmente, se encuentra finalizando estudios de Doctorado en el Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" de La Habana, Cuba. Desde 1995 se desempeña como docente en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UNEXPO Vicerrectorado Barquisimeto, donde también realiza trabajos de investigación en el área de Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico.

Ing. María Carolina Blanco. Natural de Caracas, Venezuela. Egresó del Instituto Universitario Politécnico de Barquisimeto (actual UNEXPO) en el año de 1984 con el título de Ingeniero Electricista. En 1996, obtuvo el título de Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica en la UNEXPO Vicerrectorado Barquisimeto. Posee el Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, obtenido en el Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" de La Habana, Cuba, en el año 2001. Desde 1992 se desempeña como docente en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UNEXPO, donde también realiza trabajos de investigación en el área de Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico.

MSc. Ing. Carmen Luisa Vásquez

Cvasquez@unexpo.edu.ve

MSc. Ing. María Carolina Blanco

Cblanco@unexpo.edu.ve

Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre"

Vicerrectorado Barquisimeto, Departamento de

Ingeniería Eléctrica Av. Corpahuaico con Av. La Salle. Parque Tecnológico.

Teléfono/Fax: 051-416982, Barquisimeto, Venezuela