



## **Características de las fallas en alimentadores de 13,8 kV del sistema soterrado de La Habana**

### ***Characteristic of 13,8 kV feeders faults of the Havana underground system***

Boris Alba - Valle

José Ángel Martínez - Barbado

Recibido: Octubre del 2010

Aprobado: Noviembre del 2010

#### **Resumen / Abstract**

El sistema soterrado de La Habana enfrenta problemas de continuas fallas en sus alimentadores de 13,8 kV. En este trabajo se determinan las características de estas averías, en el período comprendido entre los años 2007 y 2009, y se proponen algunas medidas objetivas con el fin de contribuir a su disminución. La investigación se basó fundamentalmente en el estudio de la base de datos de los alimentadores de 13,8 kV proporcionada por el departamento técnico de la Unidad Empresarial Básica (UEB) Soterrada y en el uso de herramientas estadísticas digitales. Como resultado se pudo constatar que las fallas son más frecuentes en los alimentadores de la subestación de Tallapiedra producto de la humedad en cables y empalmes con aislamiento de PILC (papel impregnado en aceite y con cubierta de plomo), dispuestos por tierra muerta. Finalmente, las medidas propuestas tuvieron un impacto positivo en la disminución de estas fallas, en un período inferior a un año.

**Palabras clave:** cantidad de fallas, herramientas estadísticas digitales, alimentadores de 13,8 kV, medidas objetivas.

The Havana underground system has problems of continuous faults in their 13,8 kV feeders. In this article the characteristics of these mishaps in the period of 2007 to 2009 are determined and purpose some objective measurements with the end of contributing to their decrease. The investigation was fundamentally based on the study of the 13,8 kV feeders database proportioned by the technical department of the Underground Basic Managerial Unit (UEB) and the use of digital statistical tools. As a result, it was verified that the faults occur with more frequency in the Tallapiedra substation feeders, due to the humidity in cables and connections with PILC isolation (impregnated in oil and lead covered paper), prepared for undergrounding directly in the earth. Finally, the proposed measures had a positive impact in the decrease of these faults, in a period less than to a year.

**Key words:** faults quantity, digital statistical tools, 13,8 kV feeders, objective measures.

#### **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de su historia el sistema soterrado cubano ha estado sometido a numerosos problemas eléctricos debido al estado de envejecimiento de sus alimentadores, así como por la baja capacidad de instalación que tenía al principio [1], lo que fue progresivamente mejorando gracias a la oportuna intervención de nuevas inversiones respaldadas con un adecuado estudio electroenergético.

No obstante, actualmente existen problemas de fallas continuas en los alimentadores de 13,8 kV [2] que son corregidas sobre la marcha, sin hacer un análisis científico profundo que permita identificar y caracterizar las principales causas que las provocan [3-9], para tomar medidas preventivas que disminuyan su efecto [10]. Esto trae como consecuencia un gasto promedio anual, en cables y empalmes solamente, de 284 000 USD (dólares americanos) por concepto de reparaciones, además de un gran descontento en los consumidores y la sociedad.

Se pretende proporcionar claridad y contribuir con los departamentos de Información y Desarrollo (I+D) y Técnico de la Unidad Básica Empresarial Soterrada (UEB Soterrada), en la identificación, caracterización y cuantificación de las causas que pueden estar provocando continuas fallas en el servicio de dichos alimentadores, así como, proponer medidas objetivas que permitan disminuir las mismas [10].

Para la realización del trabajo se contó con una base de datos [11] que abarca desde el 2007 hasta el 2009 y cuatro fallas del 2006 que fueron reparadas en el 2007, lo que representa un total de 700 fallas. Para verificar la efectividad de las medidas propuestas se compararon datos de estos tres años hasta el mes de junio con los valores del 2010.

En la estructura de la base de datos se tienen en cuenta algunos indicadores como: causa de la falla, disposición del alimentador, componente averiado, tipo de aislamiento afectado, subestación a la que pertenece el cable, entre otros. De todos los existentes se toman, para el análisis, sólo los mencionados anteriormente por ser los más significativos. Ellos serán analizados de forma separada y combinados para obtener la mayor información posible sobre las características de las fallas.

Entre los métodos empleados se encuentran: la inspección visual de los gráficos de barras realizados en Excell y el estadístico de Pareto donde se muestran los principales factores que provocan el fenómeno de la falla (en porcentaje) que en este caso es realizado en el software Statgraphics. Estas dos herramientas virtuales utilizadas (Excell y Statgraphics) son programas reconocidos a nivel internacional y ampliamente difundidos en las universidades cubanas.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS FALLAS

Un análisis previo de la base de datos mostró que en el año 2007 alguno de los indicadores seleccionados no se encontraban correctamente declarados. Este problema no apareció en los años posteriores. No obstante, los totales sobre los que se basa el análisis realizado varían, teniendo en cuenta este problema, de indicador a indicador.

Con el objetivo de tener una visión general que diera indicio de los posibles factores que estuvieran afectando estos alimentadores se decidió analizar los indicadores seleccionados por separado y de forma gráfica, para luego profundizar en los aspectos con mayores problemas partiendo de un análisis de Pareto.

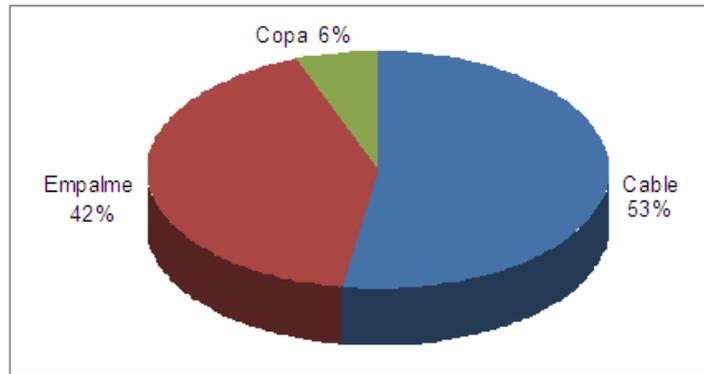
### Indicador causa de fallas



Gráfico 1 Indicador *causa de fallas* en por ciento.

Al analizar el gráfico 1 se observa que las tres causas de fallas que se presentan con mayor frecuencia son: la humedad, el aislamiento defectuoso y el daño mecánico. En este caso, los porcentajes se refieren a un total de 452 fallas.

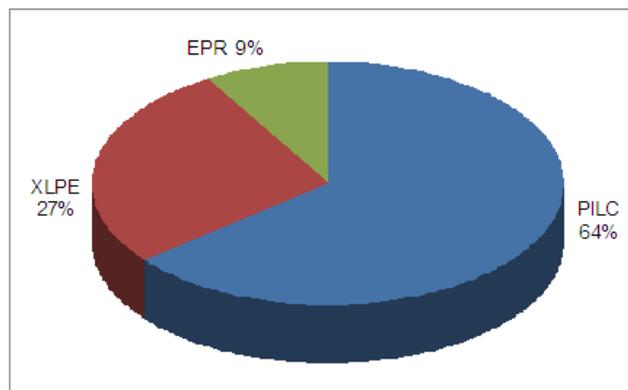
### Indicador componentes afectados



**Gráfico 2** Indicador *componentes afectados* en por ciento.

En el gráfico 2 se aprecia que los dos componentes más afectados son: el cable y el empalme. Este por ciento se basa en una muestra de 479 fallas.

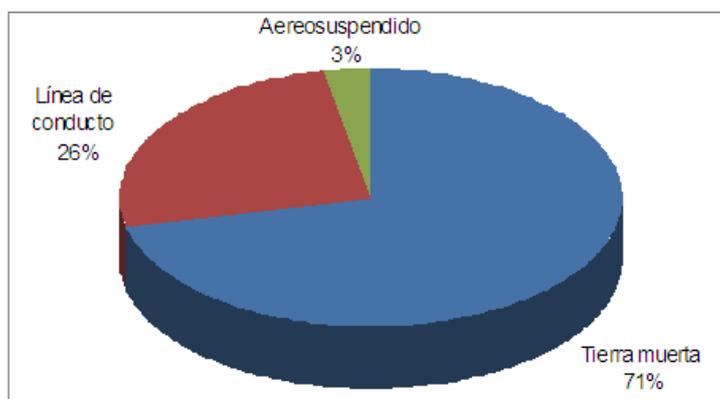
### Indicador tipo de aislamiento



**Gráfico 3** Indicador *tipo de aislamiento* en por ciento.

El gráfico 3 muestra como los alimentadores con aislamiento de PILC son los que fallan con mayor frecuencia seguida del XLPE (polietileno reticulado) y el EPR (goma de etileno propileno), de aislamiento seco partiendo de un total de 287 fallas.

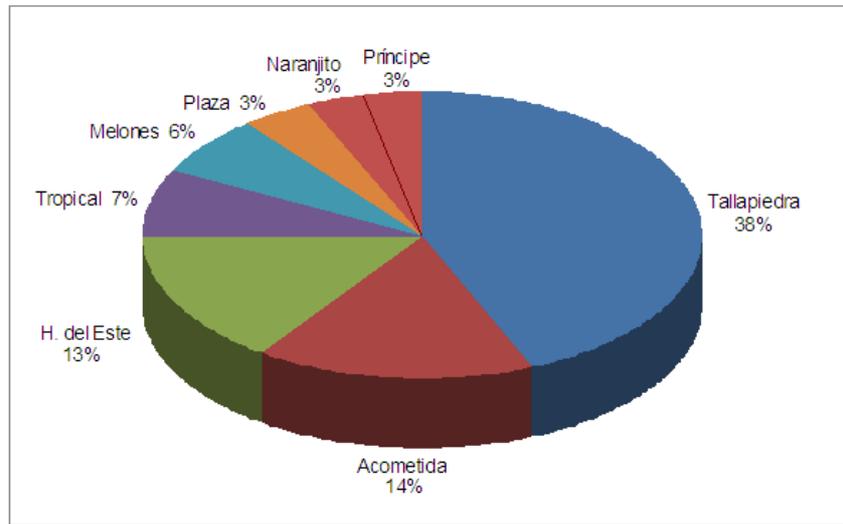
### Indicador disposición de los alimentadores



**Gráfico 4** Indicador *disposición de los alimentadores* en por ciento.

Analizando el gráfico 4 se puede observar que la mayor cantidad de las fallas ocurren en tierra muerta, seguido de los ocurridos en línea de conductos. En este caso al desechar los aspectos desconocidos los porcentajes se refieren a un total de 672 fallas.

**Indicador subestación**

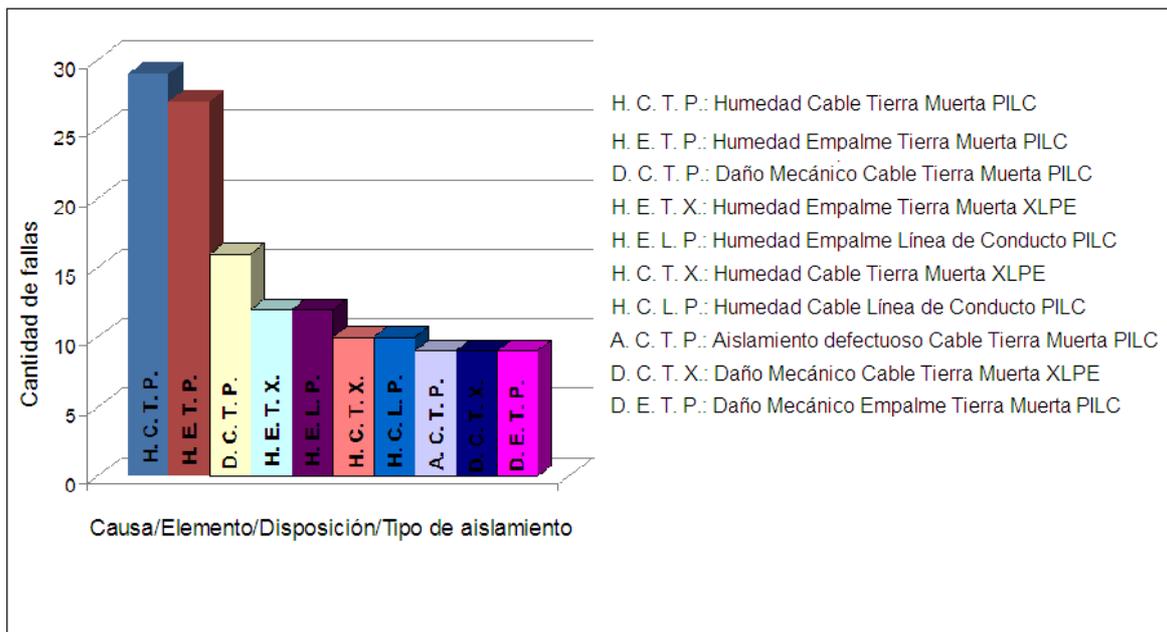


**Gráfico 5 Indicador subestación en por ciento.**

Las subestaciones con mayor cantidad de averías en sus alimentadores son las de Tallapiedra y La Habana del Este, como se muestra en el gráfico 5, aunque también se observa una cantidad de fallas importantes ocurridas en las acometidas. En este caso sí se toman el total de fallas en el período, o sea 700.

A continuación se profundiza en el análisis de las fallas de forma gráfica, relacionando los indicadores seleccionados de forma tal que puedan brindar una mayor información.

**Relación entre causas de fallas, componente afectado, disposición de los alimentadores y tipo de aislamiento**



**Gráfico 6 Relación entre causas de fallas, componente afectado, disposición de los alimentadores y tipo de aislamiento.**

En el gráfico 6 se observa que las fallas producto de la humedad en los cables y empalmes con aislamiento de PILC dispuestos por tierra muerta son las que ocurren con mayor frecuencia.

## PRINCIPALES PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Luego de observarse las características generales de las afectaciones ocurridas en los alimentadores de 13,8 kV, a partir del análisis gráfico de los diferentes indicadores de la base de datos, se pueden identificar una serie de problemas como son:

- Información incompleta en la base de datos en el año 2007.
- Averías en alimentadores de la subestación de Tallapiedra, La Habana del Este y acometidas principalmente.
- Fallas en:
  - Cables y empalmes de PILC producto de la humedad en tierra muerta.
  - Empalmes de XLPE producto de la humedad en tierra muerta.
  - Cables de PILC por daño mecánico en tierra muerta.

Un análisis desarrollado posteriormente en el colectivo de la UEB arrojó problemas que pueden influir en la falla de alimentadores y que corroboran de cierta forma los resultados obtenidos como son:

- Ausencia de la *prueba de humedad* en la elaboración de los empalmes en alimentadores con aislamiento de PILC.
- Inexistencia y no idoneidad del sellaje en los terminales de alimentadores con aislamiento seco (XLPE y EPR) quedando vulnerable a la entrada de humedad.
- Deficiente elaboración de los empalmes.
- Años de servicio de los alimentadores con aislamiento de PILC.
- Tiempo de trabajo de los alimentadores de la subestación Tallapiedra.

## PROPUESTA Y VERIFICACIÓN DE MEDIDAS

### Propuesta de medidas

Con el objetivo de contribuir en la toma de decisiones para disminuir las fallas en los alimentadores de 13,8 kV del sistema soterrado se proponen las siguientes medidas:

- Garantizar el correcto llenado de la base de datos de fallas en alimentadores de media tensión.
- Capacitar a los empalmadores para la realización de la *prueba de humedad* en alimentadores con aislamiento de PILC.
- Proveer a las brigadas de los recursos necesarios para la realización de la *prueba de humedad* en los alimentadores de PILC.
- Garantizar un correcto sellaje de los terminales de cables secos (XLPE y EPR).
- Recalificar a todos los operarios para evitar las fallas en empalmes por mala confección de estos.
- Realizar las nuevas instalaciones, dentro de lo posible con cables de EPR.
- Cambio gradual de instalaciones viejas con alto índice de fallas por otras nuevas con aislamiento de EPR.

### Efectividad de las medidas tomadas

Con el objetivo de verificar la efectividad de las medidas propuestas e implementadas en la UEB soterrada, para la disminución de las fallas en alimentadores de media tensión se decidió tomar datos en el transcurso del año 2010, para saber como se estaba comportando con respecto a los años anteriormente analizados.

En las tablas (1, 2, 3, 4) se puede observar como la cantidad de fallas ocurridas en los primeros seis meses del año 2010 han disminuido con respecto a otros períodos citados, y como las principales fuentes de fallas, para las cuales se dispusieron las medidas, también bajaron su frecuencia de ocurrencia en este período de tiempo.

Tabla 1 Cantidad de fallas en los primeros seis meses de los años 2007, 2008, 2009 y 2010.

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Fallas</b>	114	132	121	111

Tabla 2 Cantidad de fallas por humedad en los primeros seis meses de los años 2007, 2008, 2009 y 2010

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Fallas por humedad</b>	56	79	65	52

Tabla 3 Cantidad de fallas por empalmes en los primeros seis meses de los años 2007, 2008, 2009 y 2010

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Fallas por empalmes</b>	41	53	48	40

Tabla 4 Cantidad de fallas en cables y empalmes con aislamiento de PILC en los primeros seis meses de los años 2007, 2008, 2009 y 2010

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Fallas PILC</b>	32	51	49	24

Este análisis aunque no es absoluto, por su corto período de muestreo, revela una disposición de estos indicadores a ir cediendo en cuanto a la frecuencia con que se presentan, lo que da una idea objetiva de la efectividad de las medidas tomadas.

## CONCLUSIONES

Con este trabajo se identificó que la causa que más está afectando a los alimentadores de 13,8 kV del sistema soterrado de La Habana es la humedad en los cables y empalmes con aislamiento de PILC por tierra muerta, presentes en los alimentadores de la subestación de Tallapiedra. Se formularon medidas que contribuyeron a la disminución, en menos de un año, de la cantidad de fallas ocurridas y por tanto el importe por concepto de reparaciones en la UEB Soterrada.

## REFERENCIAS

- [1] ALTSHULER, J. Y. G., MIGUEL. *Una luz que llegó para quedarse y comienzos del alumbrado eléctrico y su introducción en Cuba*. Científico-Técnica, ed. Ciudad de La Habana: , 1997. p 395 p. ISBN ISBN: 959-05-0149-4.
- [2] TORREZ RUÍZ, L. *Operaciones: Logros y Deficiencias del año 2009*. Informe inédito. UEB Soterrada, Informe Técnico Departamento de Operación.
- [3] AIEE. *Principios generales sobre los cuales están basados los límites de temperatura en la clasificación de maquinaria eléctrica y aparatos*. No.1. 8va ed. Ciudad de La Habana: Revolucionaria, 1947.
- [4] COSTA VIRGILI, F. *Informe inédito. Compañía Cubana de Electricidad, 1958. Informe Técnico Departamento de Operación*.
- [5] BARNES, C. C. *Power cables their design and installation*. Editado A. London: Chapman and Hall, 1966. p 396.
- [6] SMIRNOV, L. *Instalador de cables*. Moscú: MIR, 1969. p 480, ISBN : 621-315-004.
- [7] WEEDY, B. M. *Líneas de Transmisión Subterráneas*. 1a ed. México: Ed. Musa ed. 1983. p 365 p. ISBN ISBN: 968-18-1662-5.
- [8] TORRES PIÑEIRO, C. *Empalmes en cables de potencia soterrados de media tensión*". Informe inédito. UEB Soterrada. 2002
- [9] WONG GALÁN, V. *Análisis de fallos repetitivos en cables con aislamiento: papel impregnado en aceite (PILC), XLPE y EPR*". Informe inédito. UEB Soterrada, . Informe técnico Departamento de Investigación y Desarrollo (I+D). 2010
- [10] ALBA VALLE, B. Identificación de las principales causas de fallas en los alimentadores de 13,8 kV del sistema soterrado de La Habana. En: *Memorias del XVII Forum de Ciencia y Técnica de la Empresa Eléctrica de La Habana*,. 15 de julio de 2010.
- [11] TORREZ RUÍZ, Lázaro. *Fallos en cables primarios* [disquette]. La Habana: Miriam Plana, publicación: enero de 2002, revisión: julio de 2010, [consulta: diciembre de 2010].

## AUTORES

### Boris Alba Valle

Ingeniero Electricista, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Cujae, La Habana, Cuba.

e- mail: [borisav@electrica.cujae.edu.cu](mailto:borisav@electrica.cujae.edu.cu)

### José Ángel Martínez Barbado

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas e Investigador Agregado, Facultad Eléctrica, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Cujae, La Habana, Cuba.

e- mail: [jamb@electrica.cujae.edu.cu](mailto:jamb@electrica.cujae.edu.cu)