



# Desempeño de Líneas de Distribución

Edison Soto

Universidad Industrial de Santander  
(UIS)

4/12/2018

OP: Desempeño de  
Eléctricos de Potencia



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA  
SEDE MEDELLÍN

# Contenido

1. Introducción
2. Estimación del Desempeño de Líneas de Distribución.
3. Software especializado.
4. Mejoramiento del Desempeño de Líneas de Distribución.

# Introducción

Los rayos son una de las principales causas de fallas de las líneas de distribución.

Cerca del 70% de las fallas en los sistemas de distribución se deben a rayos (Estudio Keraunos – CREG 2014)

Rayos: (Impactos Directos o Indirectos)

– Fallas entre Fase-Fase y Fase – Tierra

- Interrupciones Temporales
- Interrupciones Permanentes

Las fallas impactan de manera importante los indicadores de calidad del servicio:

SAIDI

SAIFI

# 1. Introducción

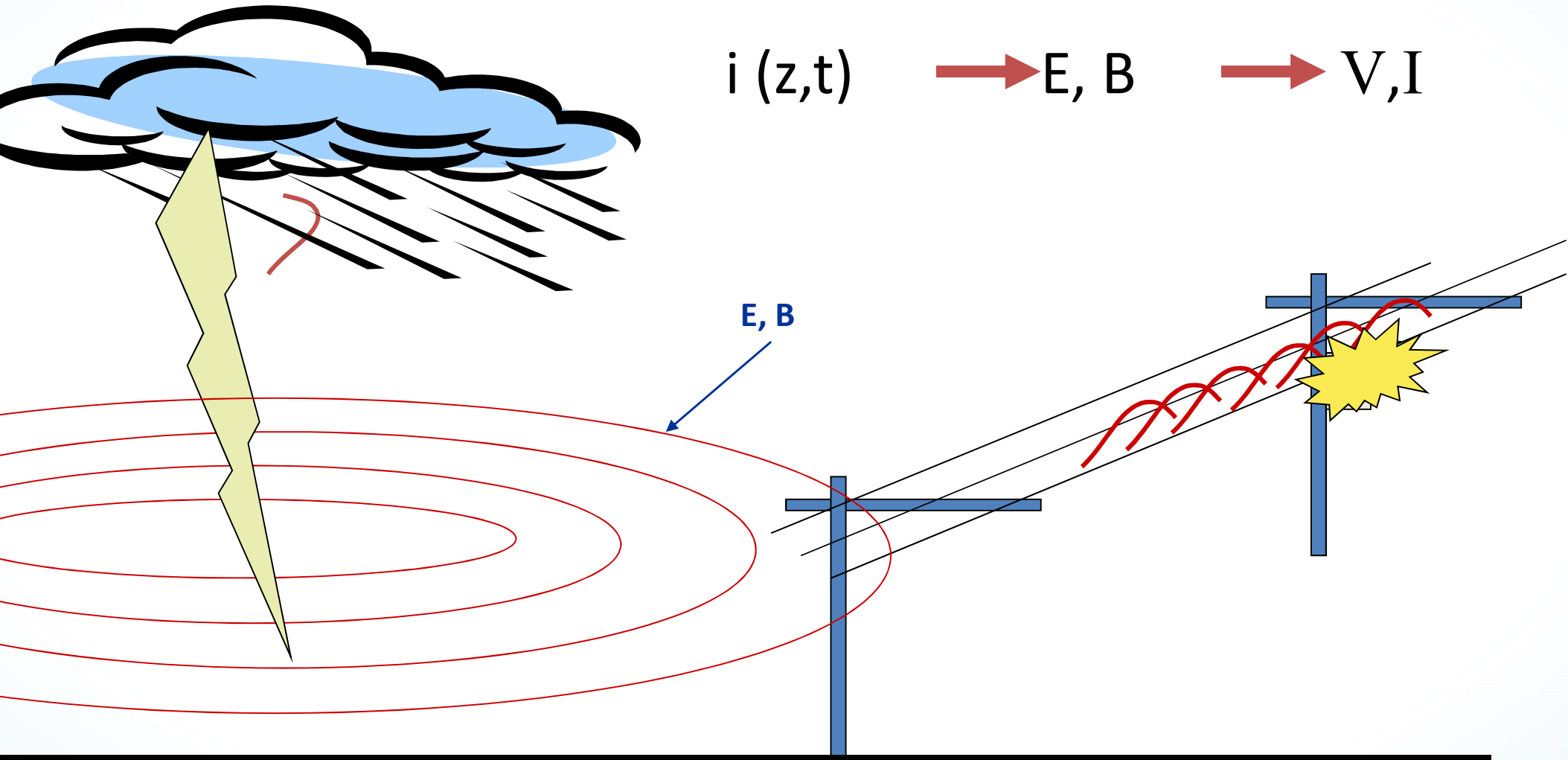
## Impactos Directos



## Impactos Indirectos



# Actos Indirectos



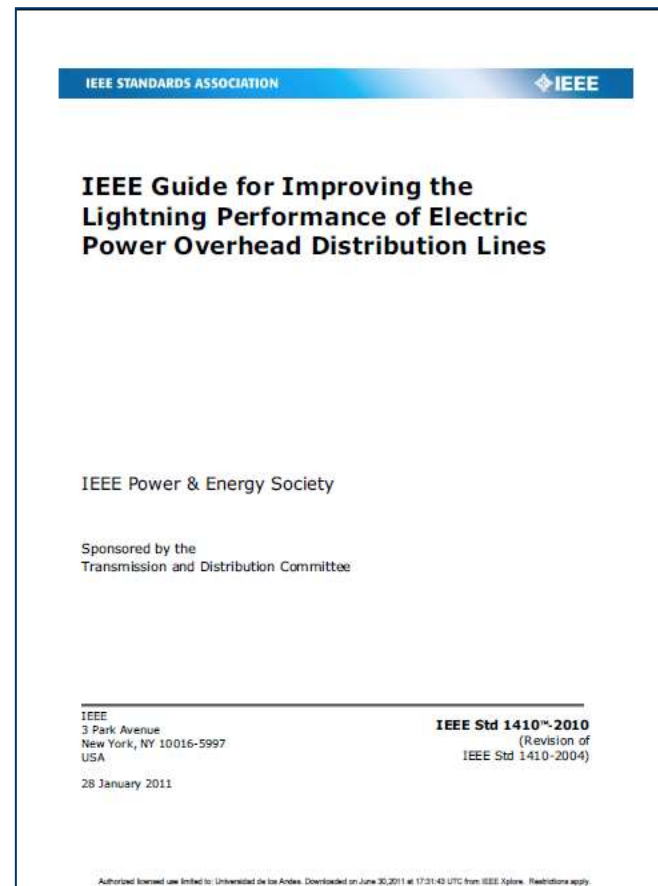


## 2. Estimación del desempeño de Líneas de Distribución

## 2. Estimación del desempeño de líneas de distribución

### REFERENCIAS NORMATIVAS

- **IEEE 1410.** Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines. 2010





# Estimación del desempeño de líneas de distribución

## IEEE 1410 de 2004.

Utiliza una fórmula simplificada (Rusck) para calcular las tensiones inducidas por rayos.

Se asume que la línea es recta y se encuentra sobre un terreno de resistividad cero.

No considera equipos conectados a la red (Transformadores, DPS, entre otros)

## IEEE 1410 de 2010.

- Usa un software especializado para el cálculo de tensiones inducidas.
- Se incluye la resistividad del terreno, líneas ramificadas y elementos conectados a la línea.



# Estimación del desempeño de líneas de distribución

## Metodología

1. Determinar los impactos directos en la línea.
2. Calcular apantallamiento por objetos cercanos.
3. Determinar la tasa de fallas por impactos directos e indirectos.
4. Determinar el N° de fallas totales.

# Estimación del desempeño de líneas de distribución

## Impactos Directos

Los impactos directos tienen gran incidencia en la confiabilidad de la línea:

- Cuando los postes son muy altos con respecto a los objetos cercanos
- Terrenos aislados

$$N = DRT \left( \frac{28 \cdot h^{0.6} + B}{10} \right) \text{ [Rayos/100km/año]}$$

DRT: Densidad de Rayos a Tierra (rayos/km<sup>2</sup>-año)

h: Altura de la Línea (m)

B: Ancho de la estructura (m)

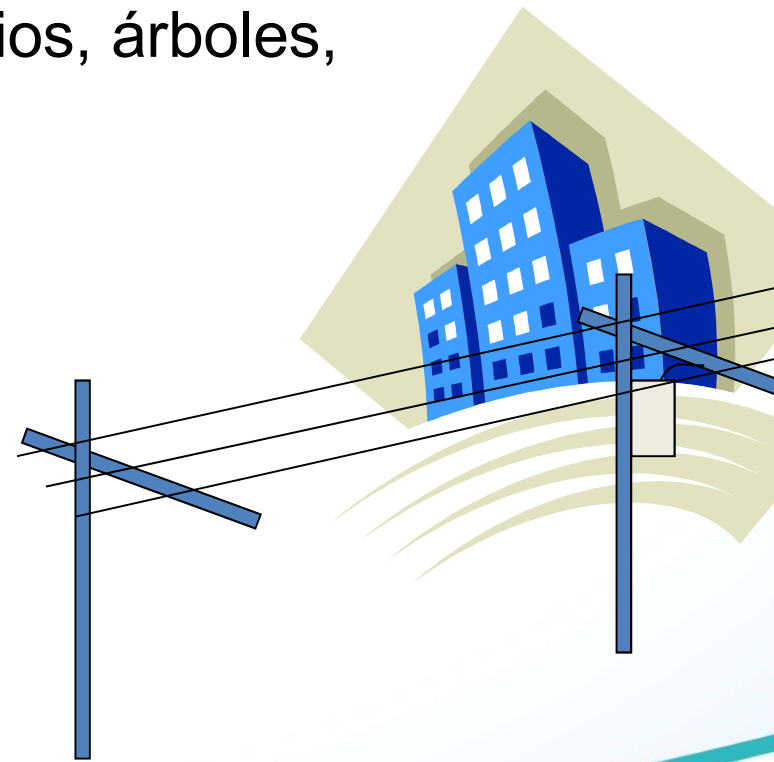
N: Número de Impactos a la línea

# Estimación del desempeño de líneas de distribución

## Impactos Directos

El número de Impactos en la línea se reduce dependiendo del pantallamiento natural que éste presente. (edificios, árboles, torres cercanas, etc)

$$N_s = N(1 - S_f)$$



# Estimación del desempeño de líneas de distribución

## Impactos Directos

A menos que la línea de distribución esté protegida por cables de guarda o descargadores”, **más del 99%** de todos los impactos directos causarán flameo en la línea sin importar su nivel de aislamiento, espacio entre conductores o puesta a tierra” (IEEE 1410-2010)

Tasa de fallas por Flameo Inverso (BFR). (Software Flash 2.0 IEEE)

# Estimación del desempeño de líneas de distribución

Yaluk-ATP

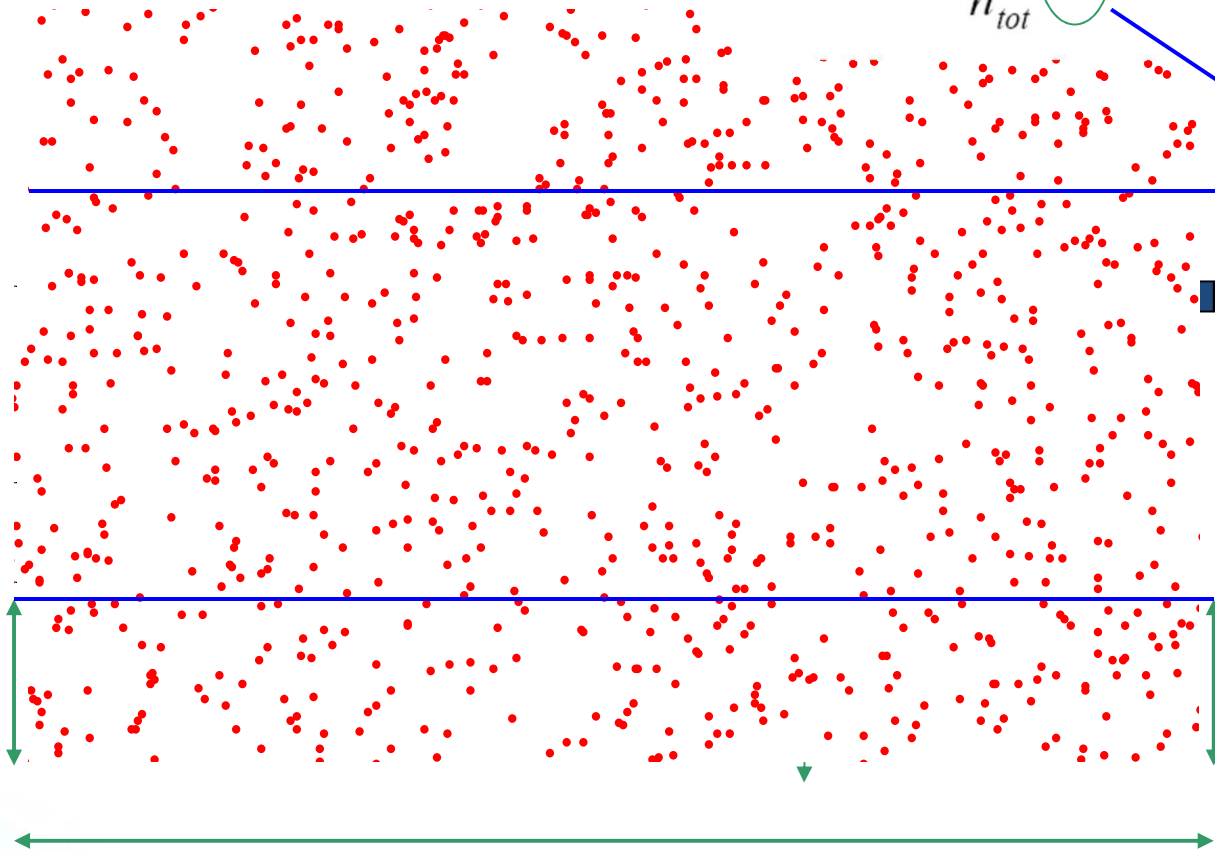
Tasa de fallas de la línea

$$F_p = 200 \frac{n}{n_{tot}} N_g y_{max}$$

Número de sobretensiones mayores a  $1.5 \cdot CFO$ .

$$F_p = \frac{n}{n_{tot}} A \cdot N_g$$

Alternativamente



Densidad de rayos a tierra

Tiempo de frente  $t_f$

Corriente Pico:  $I_p$

Distancia desde la línea:  $y$

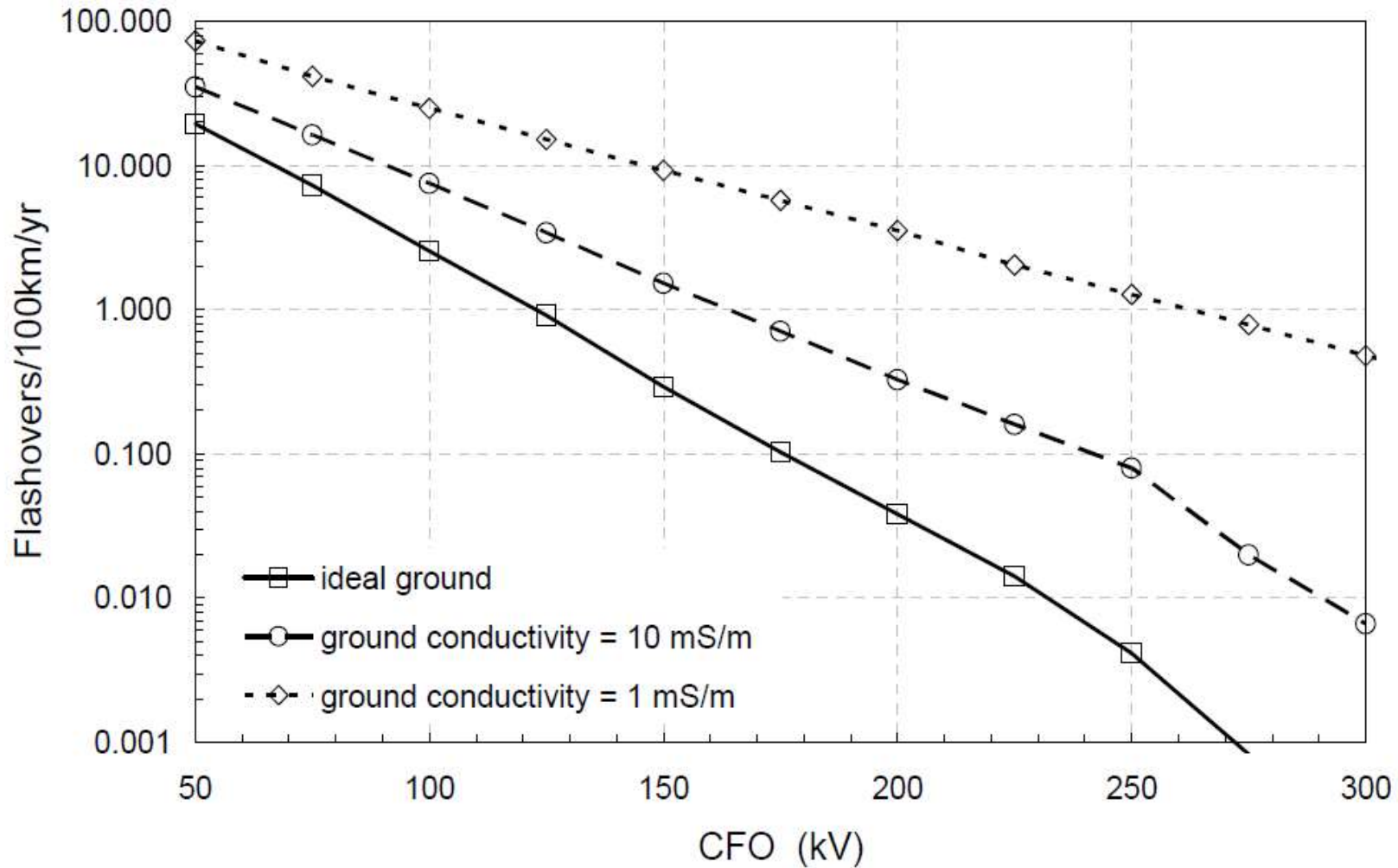
$y_{min}$

$y_{max}$

100 km

# Estimación del desempeño de líneas de distribución

## Tasa de fallas por impactos indirectos



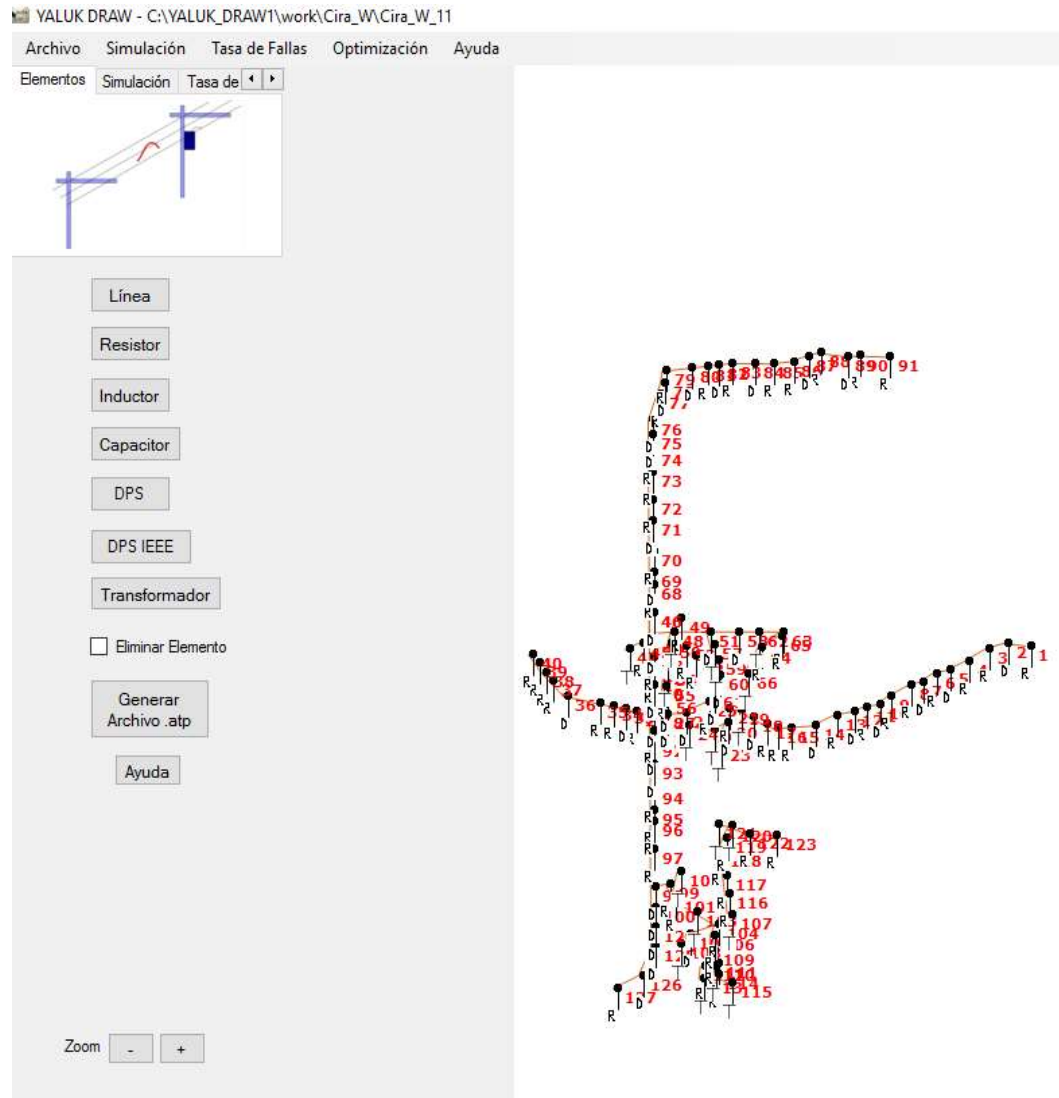
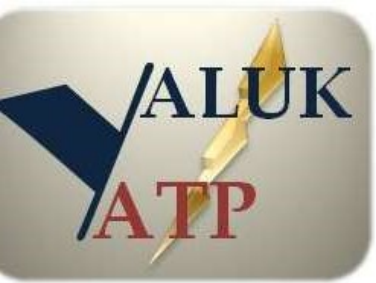


### 3. Software especializado.



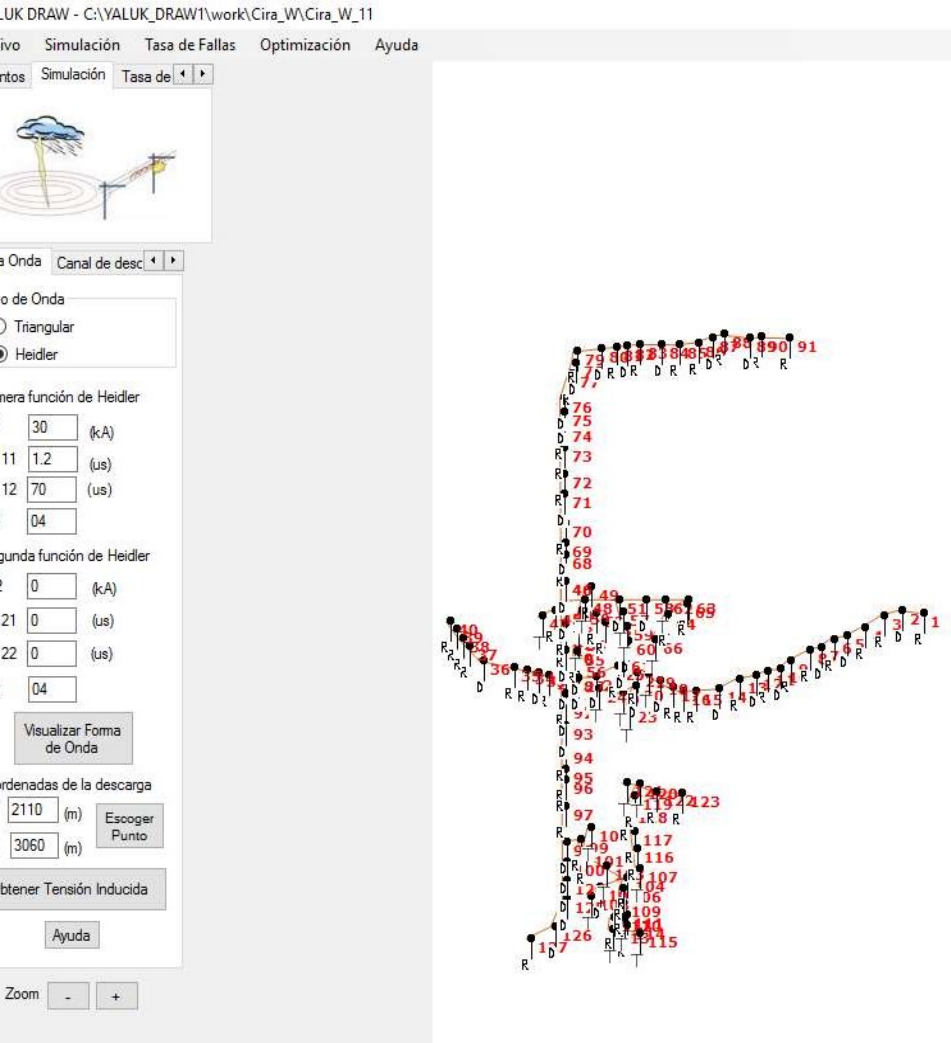
# Software especializado

## Aluk Draw v1.5

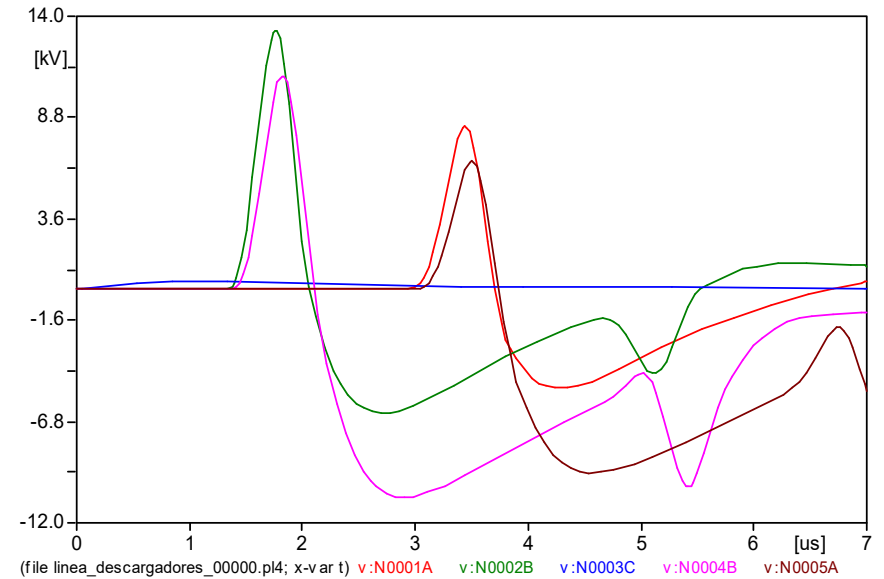


Módulo  
Elementos

# Software especializado



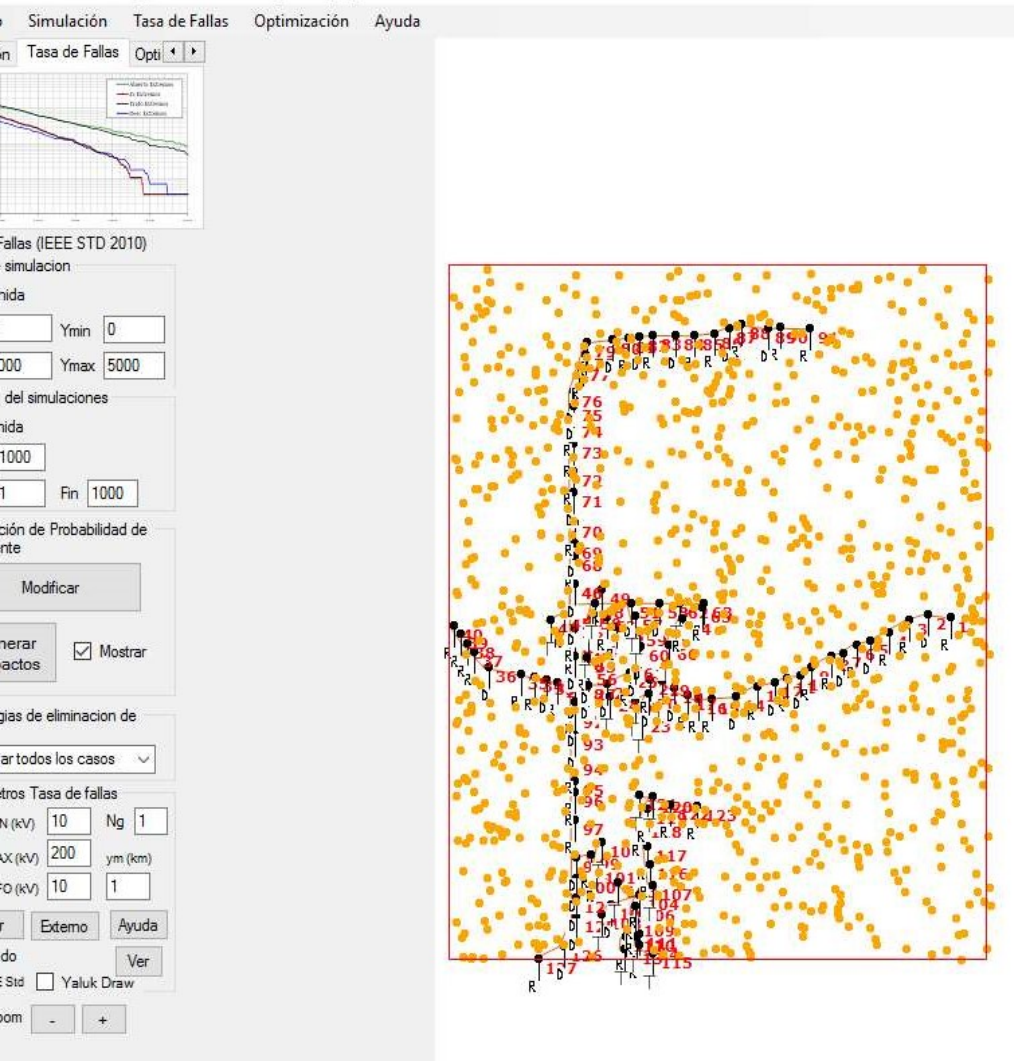
## Yaluk Draw v1.5



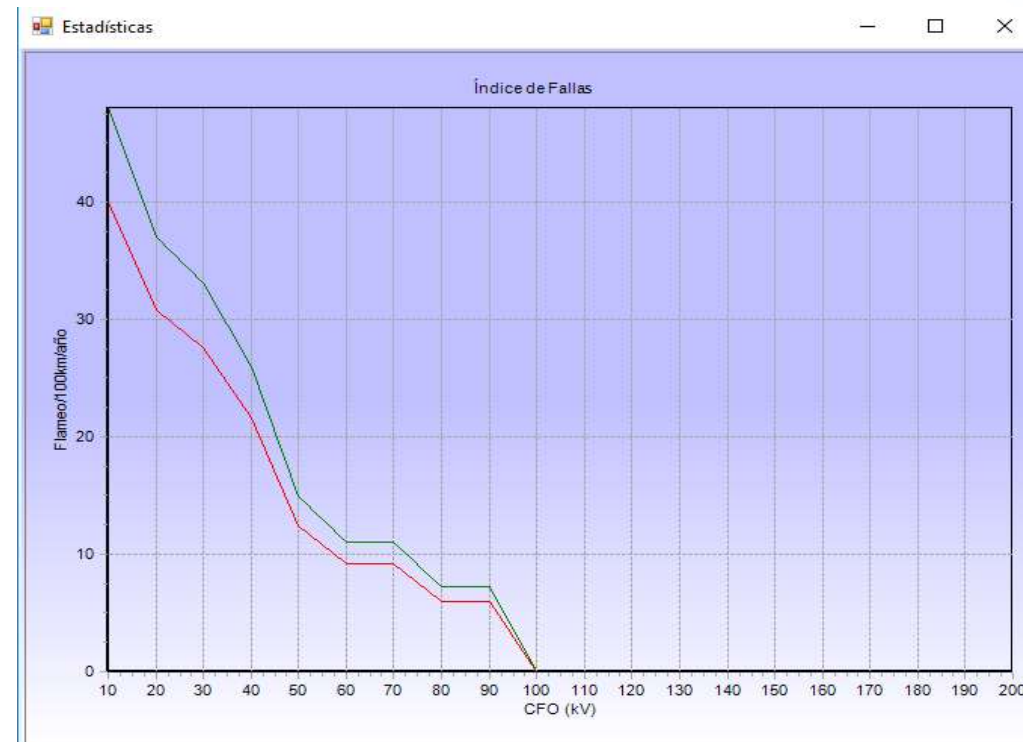
## Módulo Simulación

# Software especializado

K DRAW - C:\YALUK\_DRAW1\work\Cira\_W\Cira\_W\_11



## Yaluk Draw v1.5

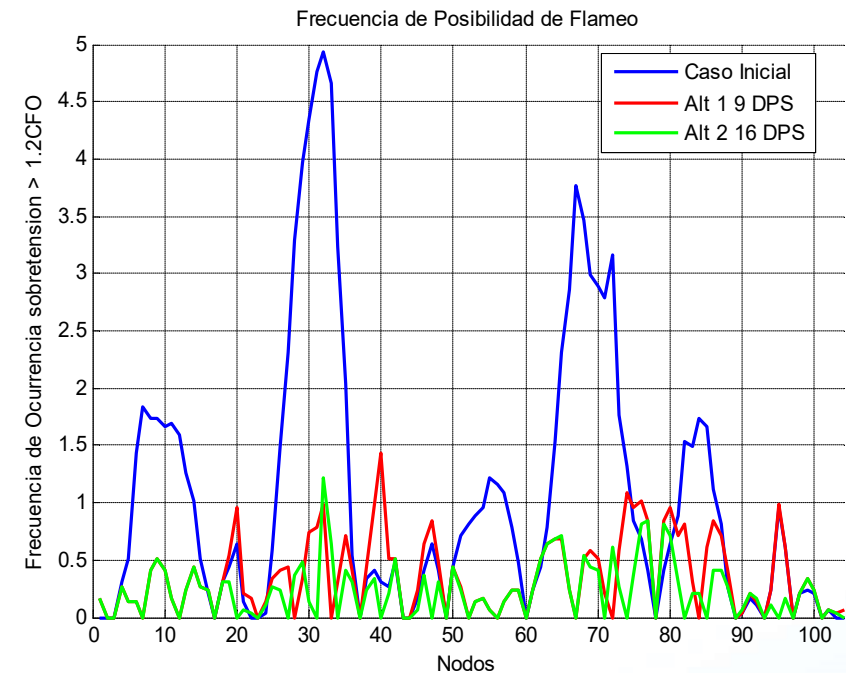
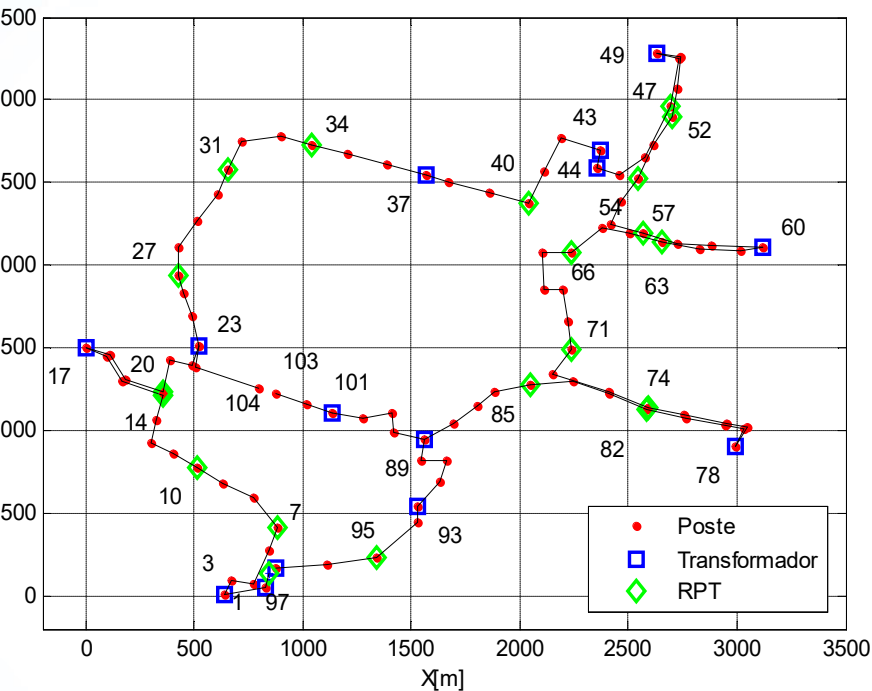


## Módulo Tasa de Fallas

# Software especializado

## Yaluk Draw v1.5

Ha sido utilizado en diferentes estudios de consultoría para empresas distribuidoras y petroleras.





## 4. Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución.

# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

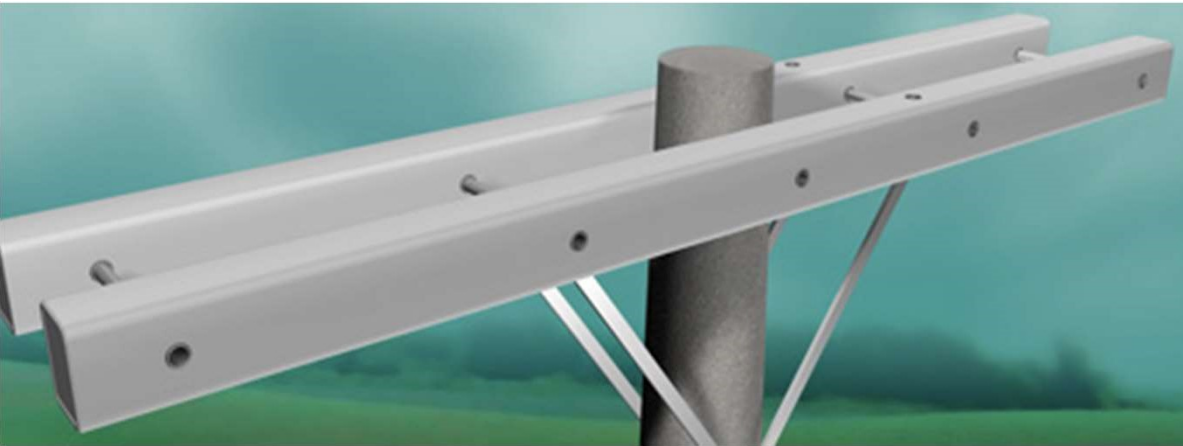
## Estrategias

- Aumento del Aislamiento
- Uso de Cables de Guarda
- Disminución de la Puesta a Tierra
- Uso de Descargadores de Sobretensión

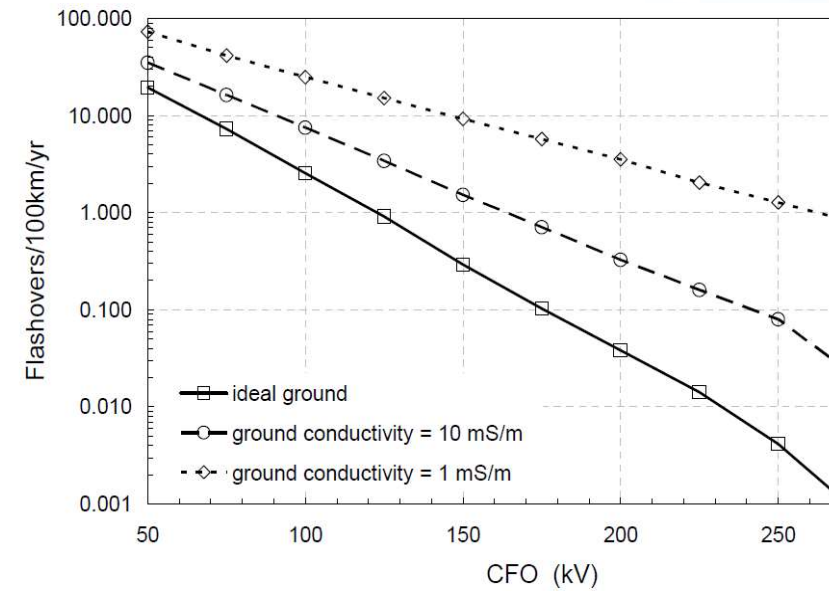


# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

## Aumento del Aislamiento



<http://msbsrl.com/category/productos/crucetas/>





# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

## Aumento del Aislamiento

$$CFO_T = CFO_{INS} + CFO_{SEC} + CFO_{THIRD}$$

- Para el caso de un aislador tipo pin cerámico:

Descripción	CFO sec (kV/m)
Poste de Madera	235
Cruceta de Madera	250
Poste de fibra de vidrio	400
Cruceta de fibra de vidrio	250

# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

## Uso de Cables de Guarda

Este tipo de Protección se usa para mitigar las tensiones inducidas.

En términos generales el cable de guarda **NO es SUFICIENTE** para prevenir fallas por impactos directos.

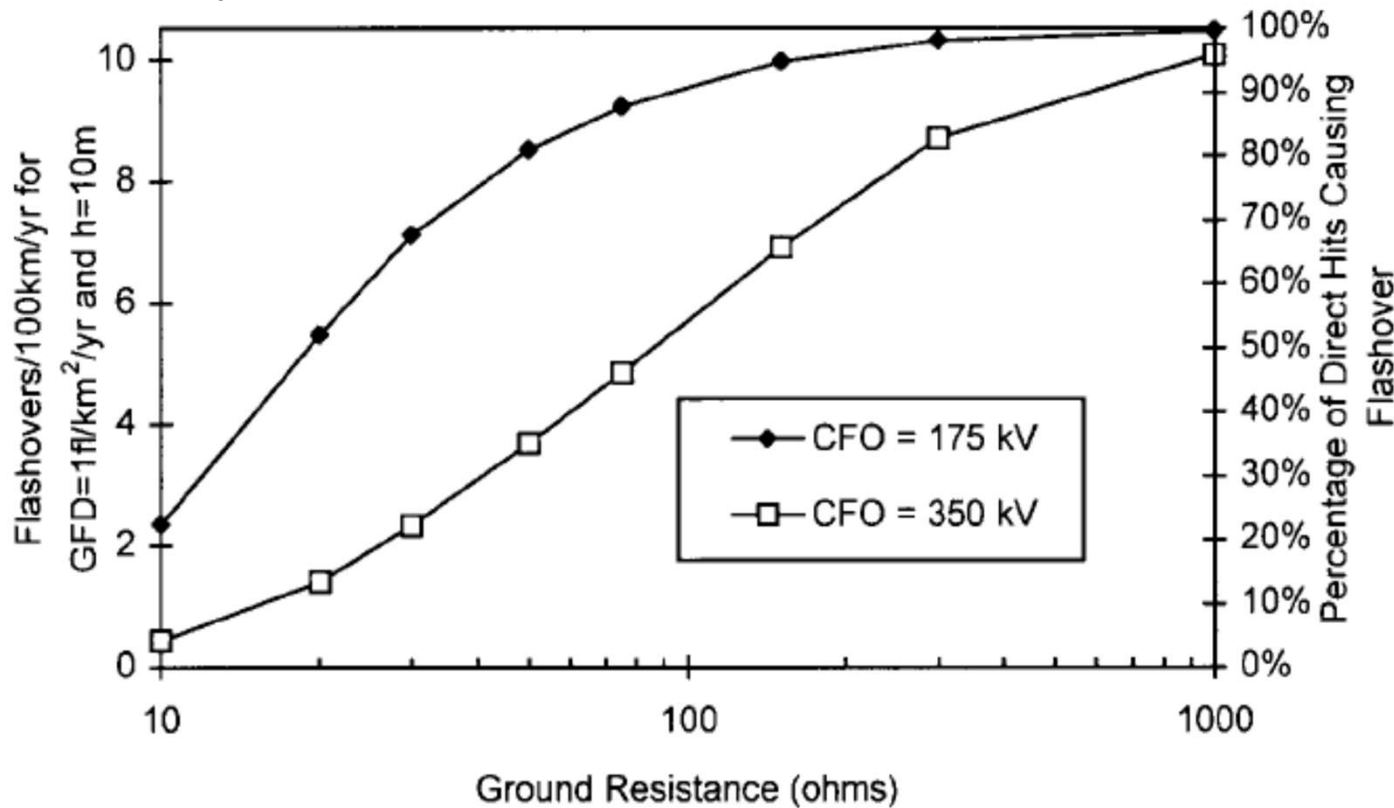
Su eficiencia depende de cada cuanto se ponga a tierra el conductor y el aislamiento CFO de los demás conductores.

El mejor resultado se consigue ubicando DPS cada 200 m.

# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

## Mejora de la resistencia de puesta a tierra

### Impactos Directos



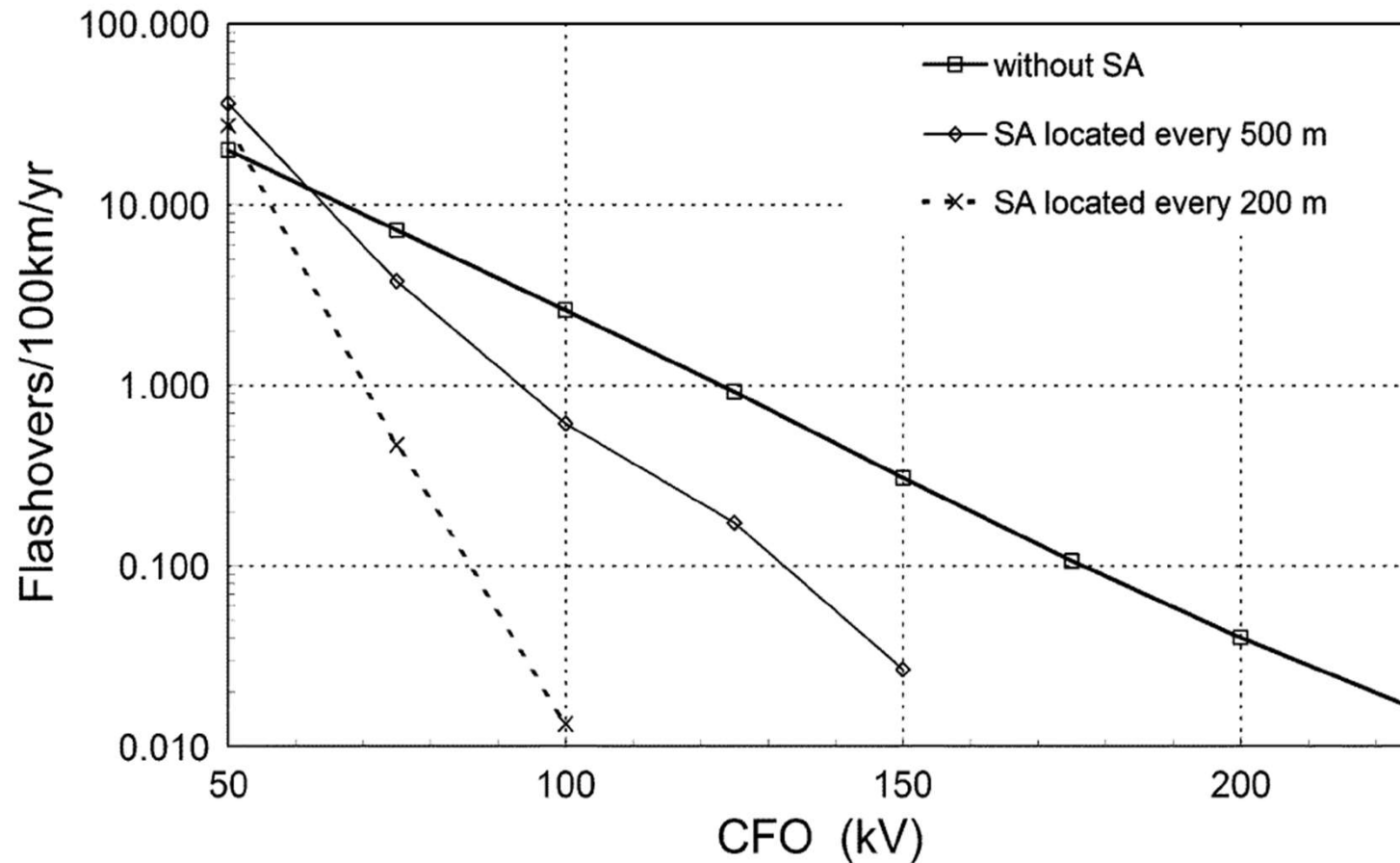
### Impactos Indirectos

El valor de la resistencia de puesta a tierra no es tan importante para la reducción del número de flameos.

La separación entre puestas a tierra sí es determinante.

# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

## Uso de descargadores de sobretensión



# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

## Uso de Descargadores de Sobretensión

Para impactos directos, tiene eficiencia si se coloca un descargador en cada poste.

Principalmente son usados para disminuir fallas por Tensiones Inducidas por Rayo.

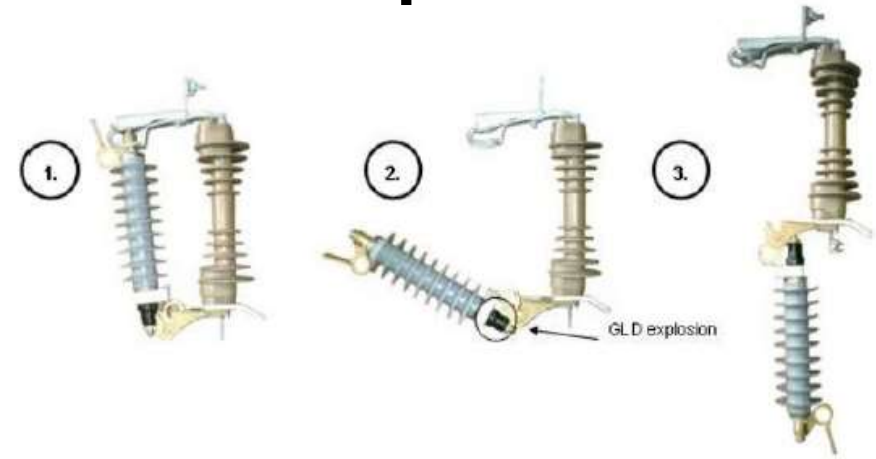
Su ubicación se determina con base la simulación de la red de acuerdo a la metodología presentada.

# Mejoramiento del desempeño de líneas de distribución

## Uso de Descargadores de Sobretensión – Impactos indirectos

Descargadores de operación automática:

- Detección visual
- Fácil reemplazo
- Operación sin cortes de servicio
- Fácil seguimiento
- Alto impacto en mejora de confiabilidad



## Conclusiones

- La IEEE 1410 propone una metodología para calcular el desempeño y estrategias para reducir el índice de fallas de líneas aéreas.
- Es recomendable utilizar programas de cálculo sofisticados que permitan tener en cuenta los elementos conectados en las líneas, múltiples conductores, ramificaciones, DST, entre otros.
- Se debe tener en cuenta que ningún método es seguro si no se cumple con una buena práctica en las instalaciones.
- Se deben realizar trabajos relacionados con la inclusión de relieve y de los parámetros del rayo en Colombia en el cálculo del desempeño de líneas de distribución.



Universi  
Industrial  
Santan

www.uis.edu.co



Gracias  
por su  
atención