

Localización de faltas en sistemas subterráneos: “DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA”

Ponente: Ignacio Hortal Robles (Megger)



cigre

For power system expertise

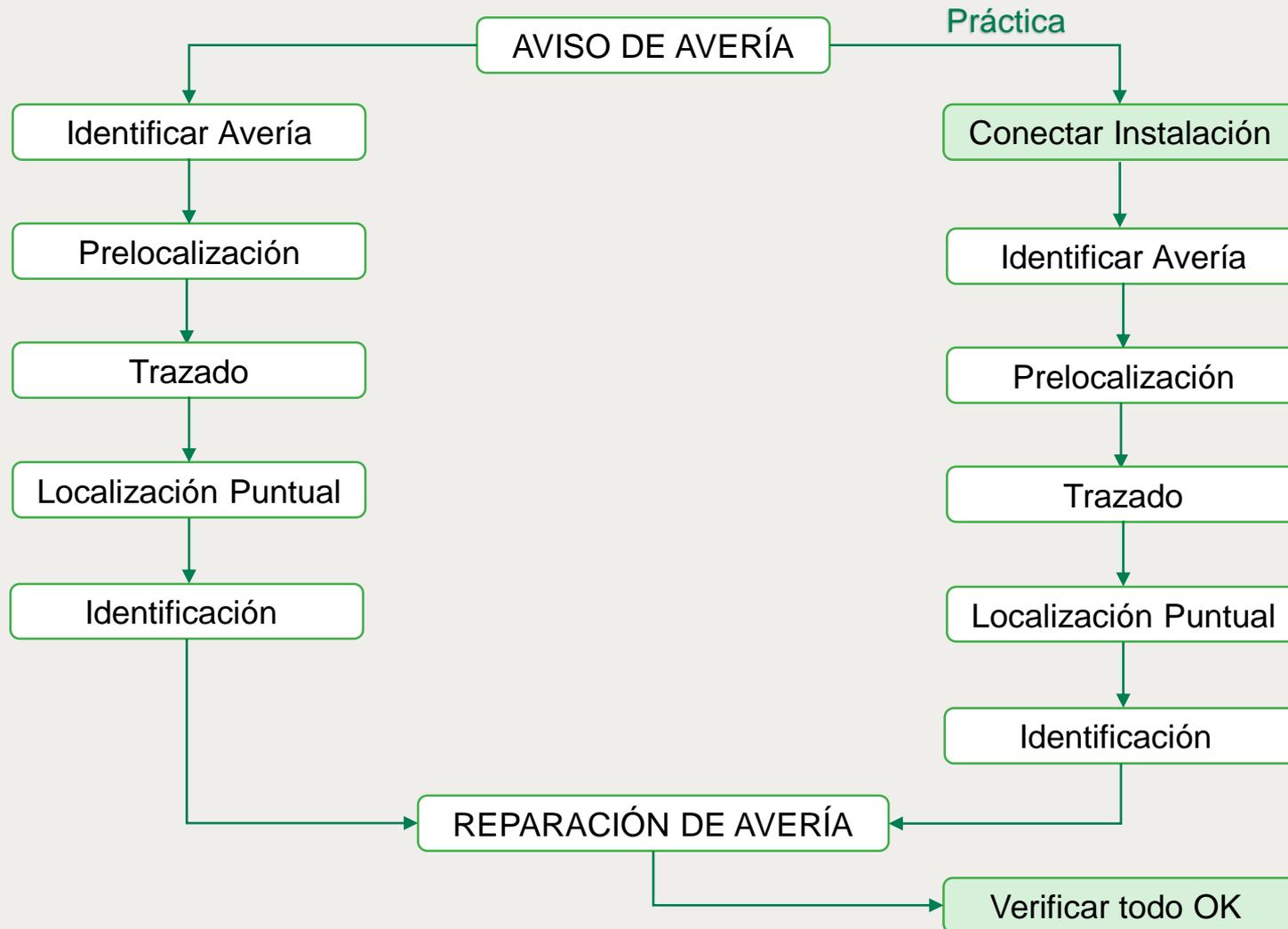
Bilbao, 25 de septiembre de 2019

Agenda

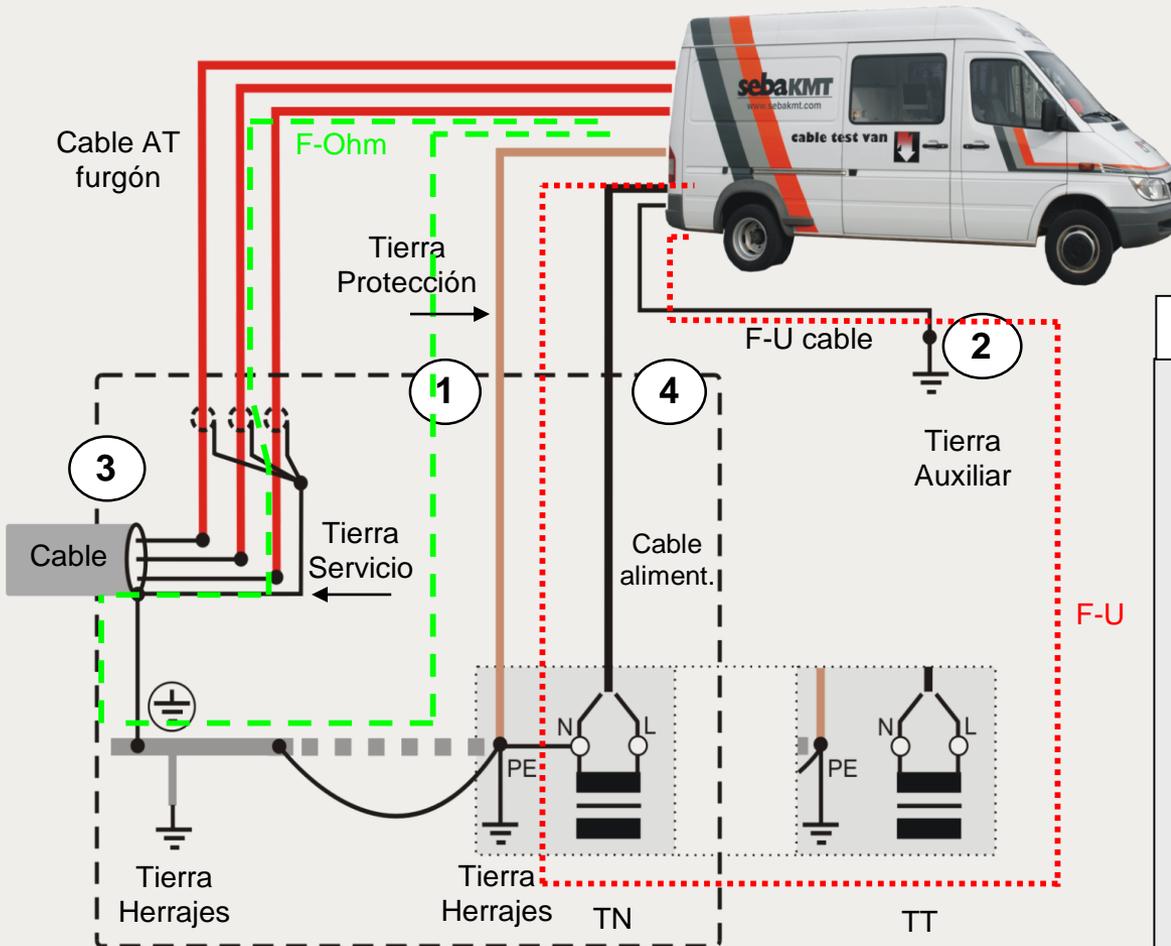
1. Fases de la localización de averías
2. Conectarse a la instalación
3. Identificar tipo de avería
4. Prelocalización
5. Localización puntual
6. Identificación
7. Conclusiones



Fases de la Localización de averías



Conectarse a la instalación - Seguridad



Circuitos de seguridad

F-Ohm

- max. 6 Ohms



F-U

- max. 35 V



Transformador de separación

Interruptores puertas traseras

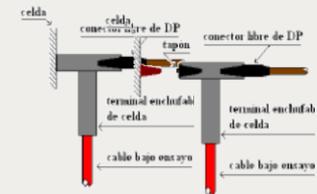
Seta de emergencia

Seta de emergencia ext.(opcional)

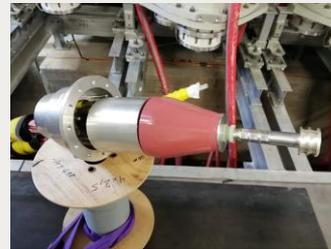
Llave de seguridad

Conectar a la instalación – Al cable

Conectores especiales para *terminaciones acodadas*

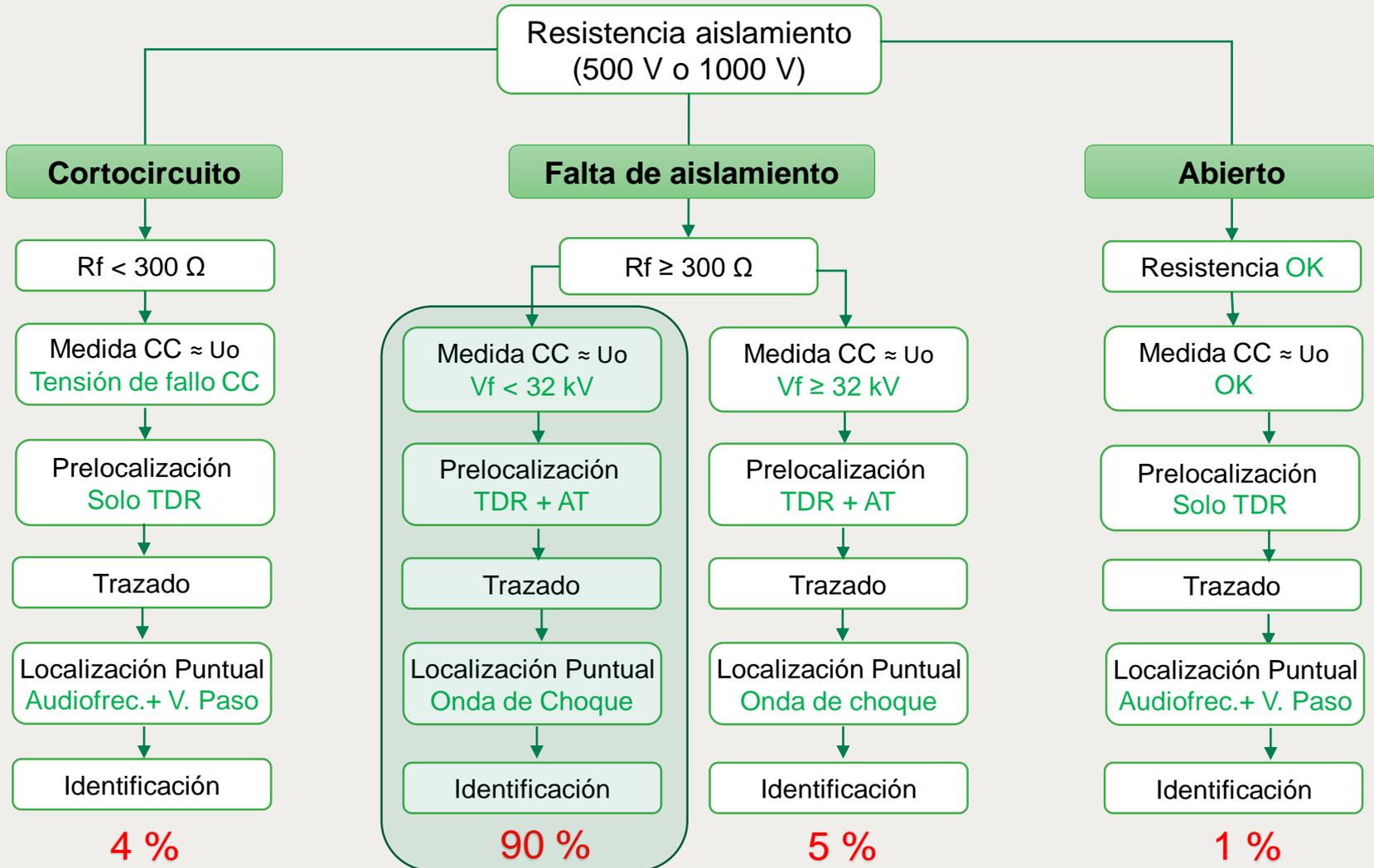


Especiales problemas para conectar en *terminaciones rectas GIS*



Quitar elementos que interfieren en la localización : Autoválvulas , transformadores de tensión, puestas a tierra, etc...

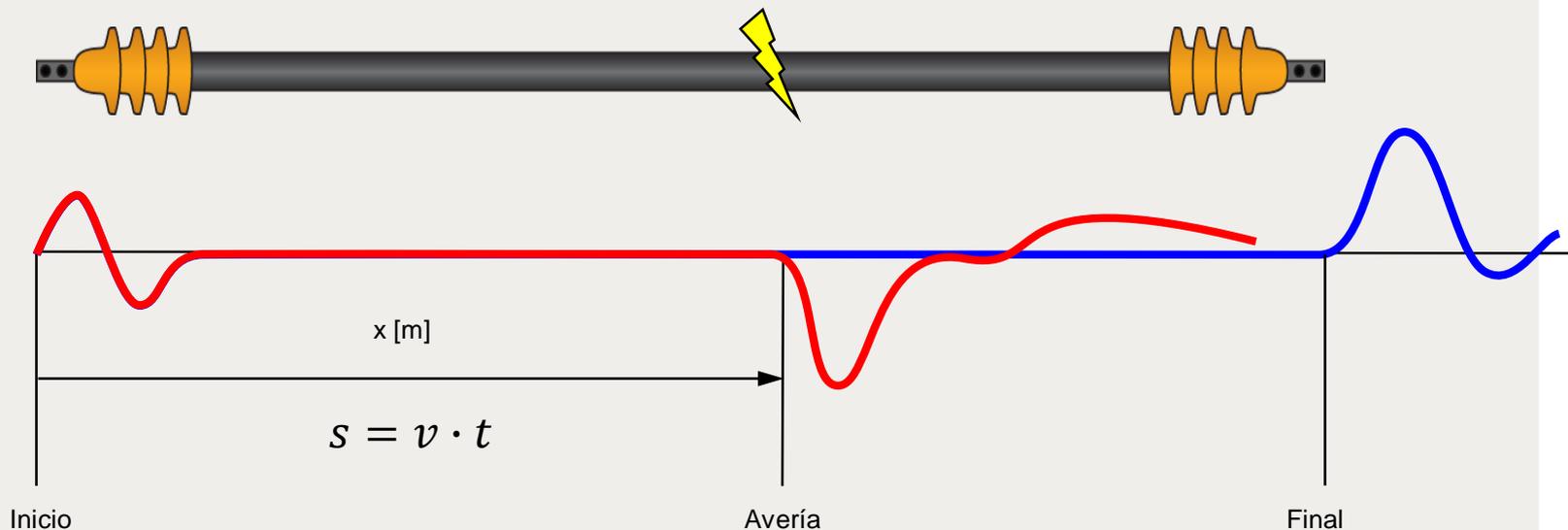
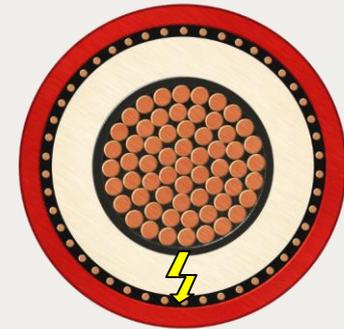
Identificar tipo de avería



Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
2. Visualizarlo
3. Medir la distancia de su origen



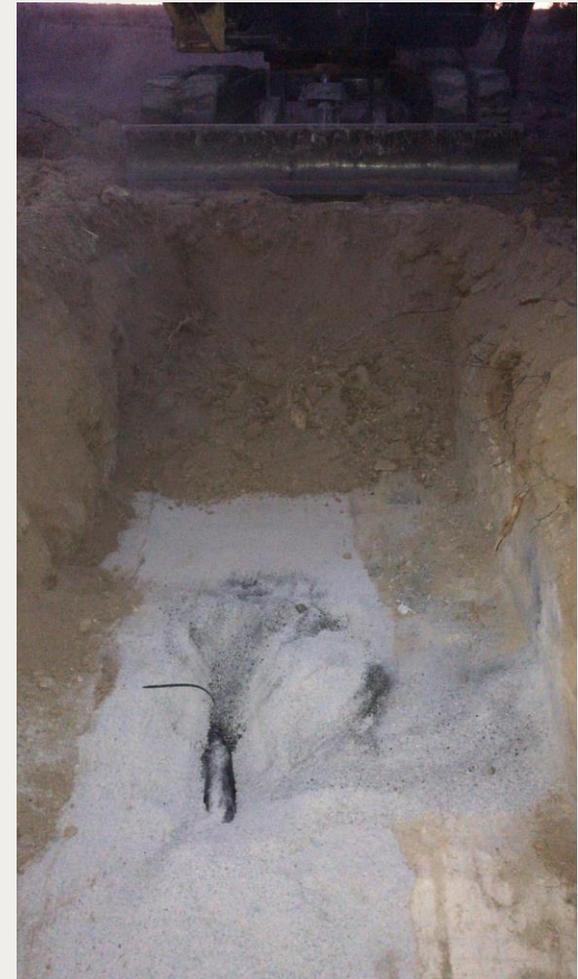
Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. **Crearlo**
2. Visualizarlo
3. Medir la distancia de su origen

Dificultades ::

- Alta resistencia ($V_{fallo} > 32 \text{ kV}$)
- Cables Largos
 - Energía
 - Capacidad
- Cables de aceite



Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. **Crearlo**
2. Visualizarlo
3. Medir la distancia de su origen



Dificultades ::

- **Alta resistencia ($V_{fallo} > 32 \text{ kV}$)**
- Cables Largos
 - Energía
 - Capacidad
- Cables de aceite

Usar **Métodos TDR + AT** $> 32 \text{ kV}$

Utilizar **Quemador** para reducir $V_{fallo} < 32 \text{ kV}$

Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. **Crearlo**
2. Visualizarlo
3. Medir la distancia de su origen



Arco de cable en agua

Dificultades ::

- Alta resistencia ($V_{fallo} > 32 \text{ kV}$)
- **Cables Largos**
 - **Energía**
 - **Capacidad**
- Cables de aceite

Generador de AT debe tener la suficientemente energía como para mantener el arco (**ionización**) en el medio existente (aire, aceite, agua,...) entre el conductor y la malla.

Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo

2. Visualizarlo

3. Medir la distancia de su origen



Dificultades ::

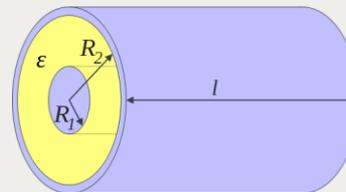
- Alta resistencia ($V_{fallo} > 32 \text{ kV}$)

- Cables Largos

- Energía

- Capacidad

- Cables de aceite



$$C \sim \varepsilon, l, \frac{1}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

La capacidad de sobretensión del generador de ondas de sobretensión **debe ser aproximadamente 5 ... 10 veces mayor** que la capacidad total del cable

Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. **Crearlo**
2. Visualizarlo
3. Medir la distancia de su origen

Dificultades ::

- Alta resistencia ($V_{fallo} > 32 \text{ kV}$)
- Cables Largos
 - Energía
 - Capacidad
- **Cables de papel-aceite**



Cable **seco** la rigidez de ruptura en el defecto es aprox. de **1 kV/mm (AIRE)**

Cable **papel-aceite** la rigidez dieléctrica en el defecto es aprox. de **10 kV/mm (Aceite)**

XLPE V_{fallo} típicamente 6-12 kV

PILC V_{fallo} típicamente 15-30 kV

Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
- 2. Visualizarlo**
3. Medir la distancia de su origen

Dificultades ::

- Alta resistencia
- Cables Largos
 - Atenuación, Dispersión
- Mallas en mal estado
- Cables de aceite



Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

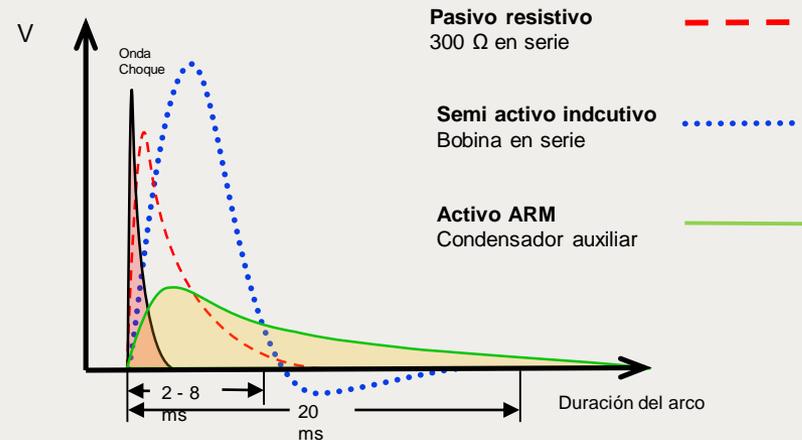
¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
- 2. Visualizarlo**
3. Medir la distancia de su origen



Dificultades ::

- **Alta resistencia**
- Cables Largos
 - Atenuación, Dispersión
- Mallas en mal estado
- Cables de aceite



Estabilización del arco según filtro AT

Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

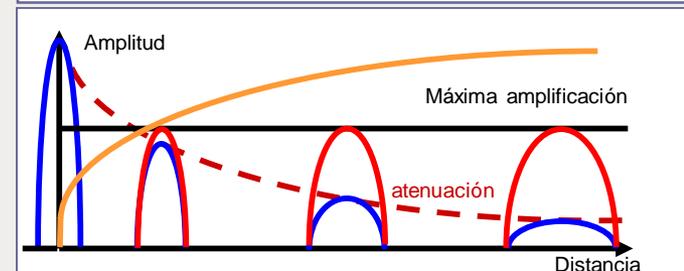
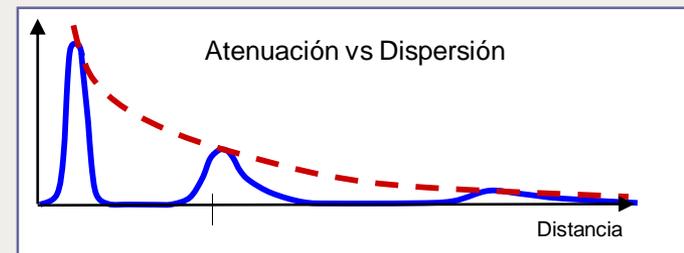
¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
2. **Visualizarlo**
3. Medir la distancia de su origen



Dificultades ::

- Alta resistencia
- **Cables Largos**
 - **Atenuación, Dispersión**
- Mallas en mal estado
- Cables de aceite



$$\text{Atenuación: } \alpha [\text{ca.}] = \frac{R}{2Z} + \frac{GZ}{2} \text{ Np/km}$$

$$\text{Dispersión: } \alpha [\text{ca.}] = \sqrt{\frac{R\omega C}{2}} \text{ Np/km}$$

$$\omega L \geq R$$

Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

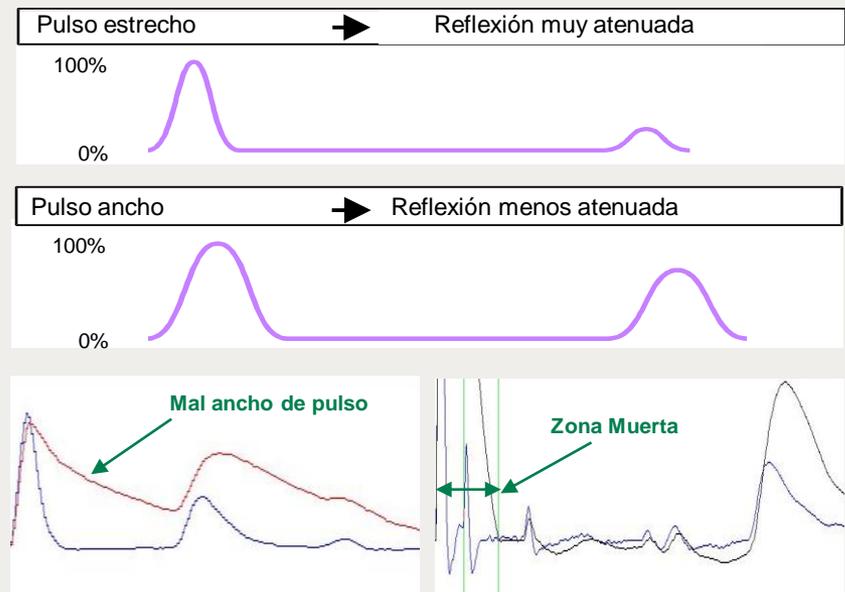
¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
- 2. Visualizarlo**
3. Medir la distancia de su origen



Dificultades ::

- Alta resistencia
- **Cables Largos**
 - **Atenuación, Dispersión**
- Mallas en mal estado
- Cables de aceite



Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
- 2. Visualizarlo**
3. Medir la distancia de su origen

Dificultades ::

- Alta resistencia
- Cables Largos
 - Atenuación, Dispersión
- **Mallas en mal estado**
- Cables de aceite



Mayor **pérdida de la energía** del pulso TDR

Podría indicar un **final de cable no real** y no deja ver el arco más allá de él.

Prelocalización – TDR (falta de aislamiento)

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
- 2. Visualizarlo**
3. Medir la distancia de su origen

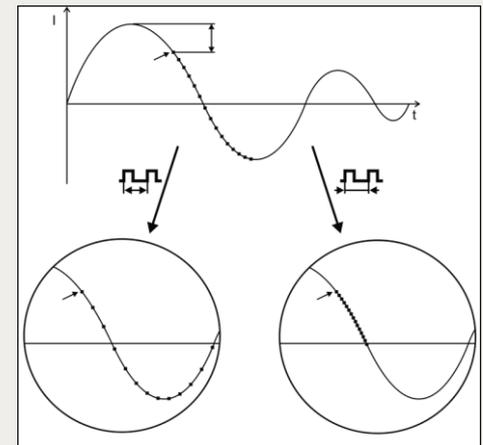


Dificultades ::

- Alta resistencia
- Cables Largos
 - Atenuación, Dispersión
- Mallas en mal estado
- **Cables de aceite**

La energía para sostener el arco depende del **generador** de Ondas de choque
[J] = [Ws] = [VAs]

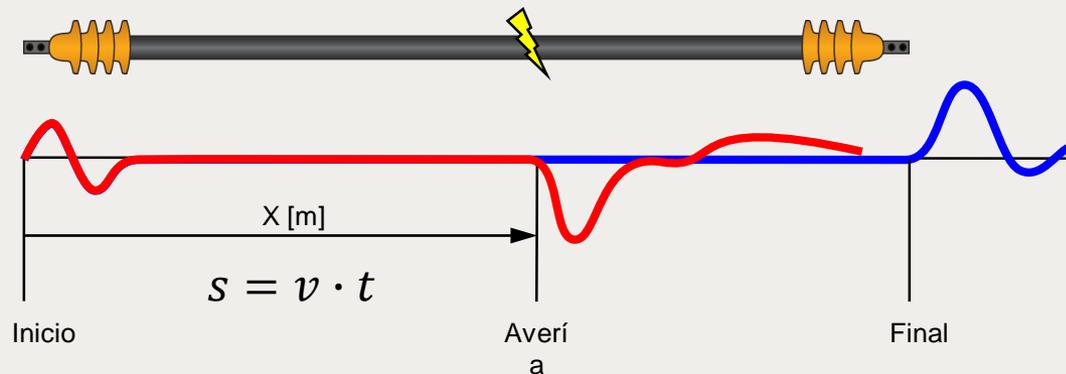
Modificar el tiempo del Trigger TDR para alcanzar el punto de máxima corriente, trigger automático o utilizar **tecnologías Multishot** (15 mediciones de un cadena de pulso)



Prelocalización – TDR

¡ Nuestro objetivo es el **ARCO** !

1. Crearlo
2. Visualizarlo
3. **Medir la distancia de su origen**



Solo hay que conocer la velocidad de propagación (V_p) del pulso TDR. La V_p **depende** principalmente de la **permitividad relativa** del aislamiento

$$v \sim \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}$$

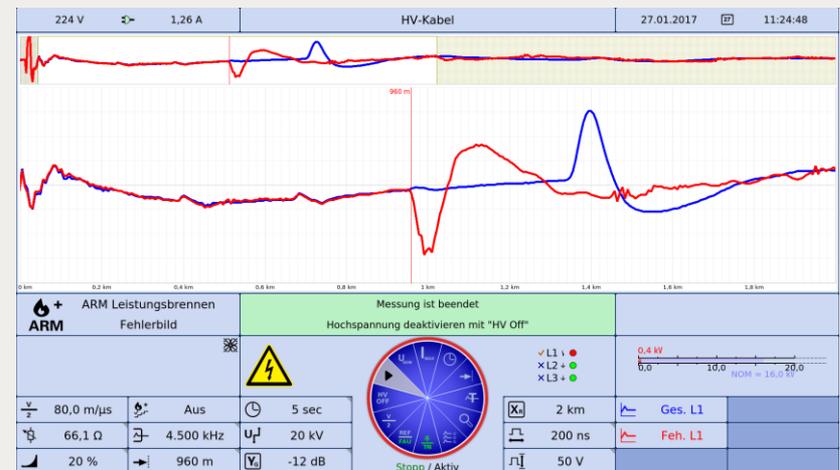
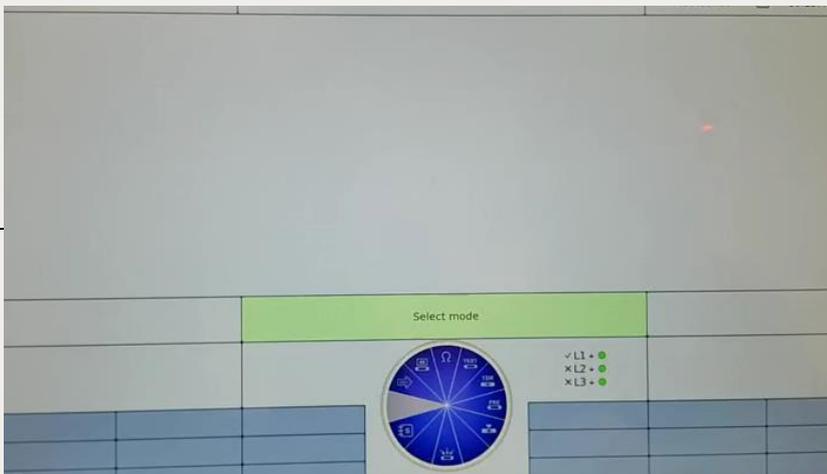
XLPE: 80 m/ μ s ; (76-83 m/ μ s)
HEPR: Menor que XLPE pero parecidos
ACEITE: Menor que XLPE y HEPR

Prelocalización – Quemado

Para una mejor prelocalización en averías de alta resistencia se **recomienda** disponer de un quemador.

¡ **Cuidado!** Un uso excesivo en cables secos podría causar una avería de baja resistencia. Complicaría mucho la prelocalización puntual del defecto.

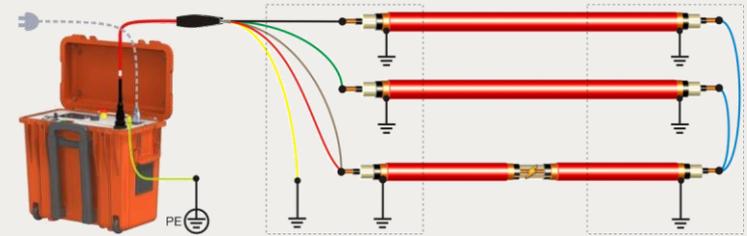
La combinación de TDR + Quemador (**ARM Burning**) muestra el momento de cuando la resistencia en el defecto es lo suficientemente baja para su prelocalización y muestra su distancia.



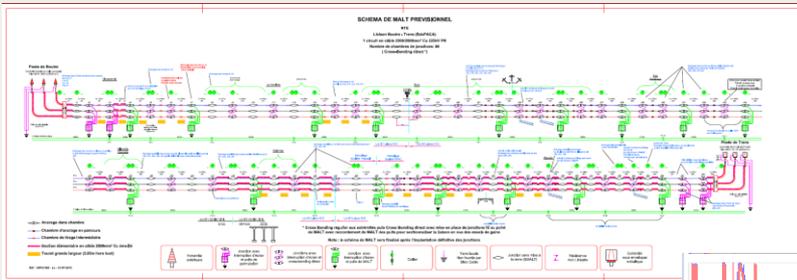
Prelocalización – Puentes de AT

La prelocalización mediante puentes de AT es una **buen alternativa** para cuando los métodos TDR no nos lo permite o se complica la ecometría

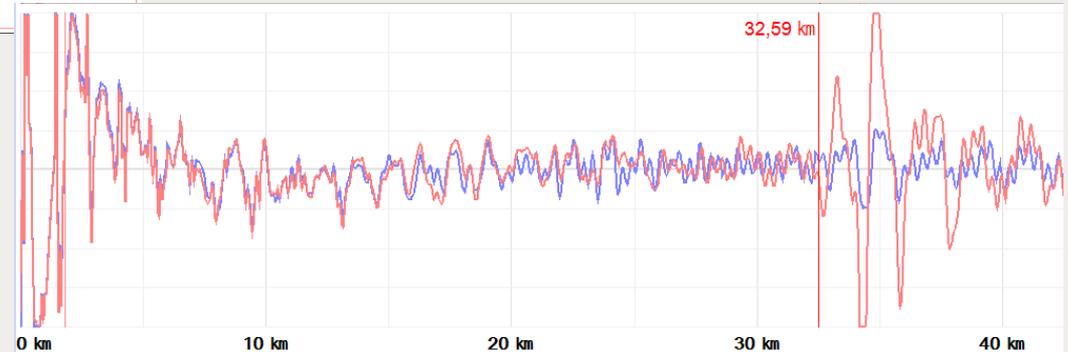
- Cables largos
- Crossbonding
- Mallas en mal estado



Puente de AT por caída de tensión



Líneas con **numerosos crossbonding** producen multitud de cambios de impedancia en el TDR

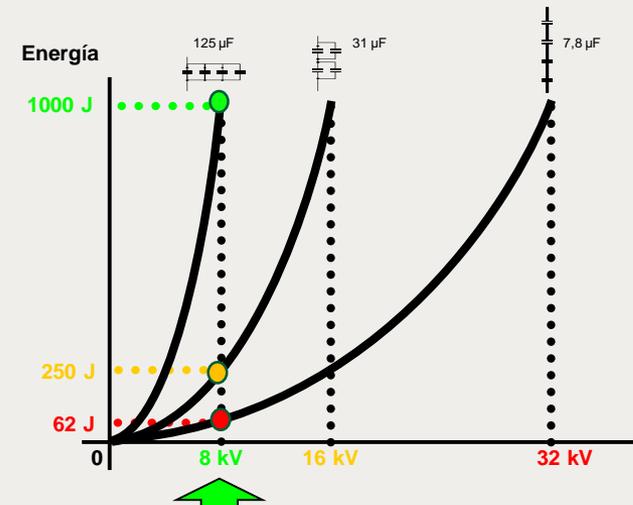
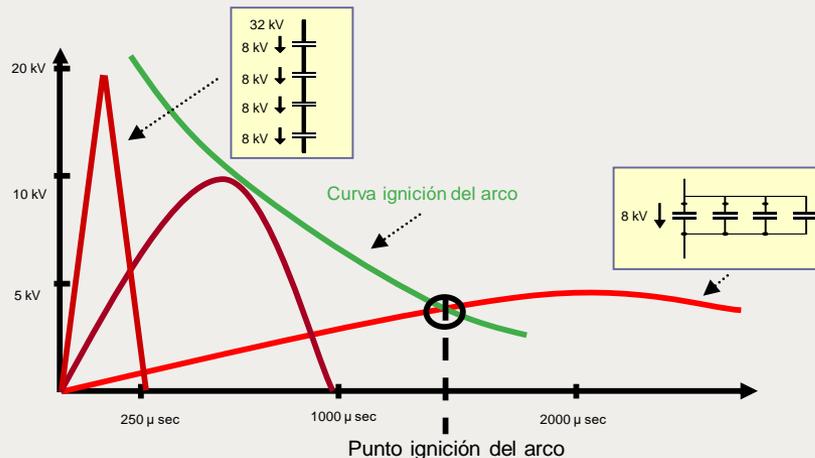


Localización puntual – Onda de Choque

¡ Sin una **localización puntual correcta** todo lo anterior **no** ha valido para nada !

Las claves del éxito son :

- V onda de choque $>$ V fallo
- La **energía** de la Onda de choque debe ser la **máxima posible** dentro del **menor rango de tensión** posible
- El **tiempo de cadencia** debe ser mayor que el de carga del condensador
- El receptor debe configurarse con los **filtros** correspondientes
- La **experiencia** es bienvenida.....



Localización puntual – Onda de Choque

¡ Cuidado su integridad puede estar en riesgo !

Si un cable de gran longitud, alta capacidad y alta tensión es sometido a una **sobretensión con CC** (por ejemplo; onda de choque) y esta **no es descargado** por un arco eléctrico en el defecto, el cable se quedará cargado con una tensión y **energía capacitiva extremadamente alta**.

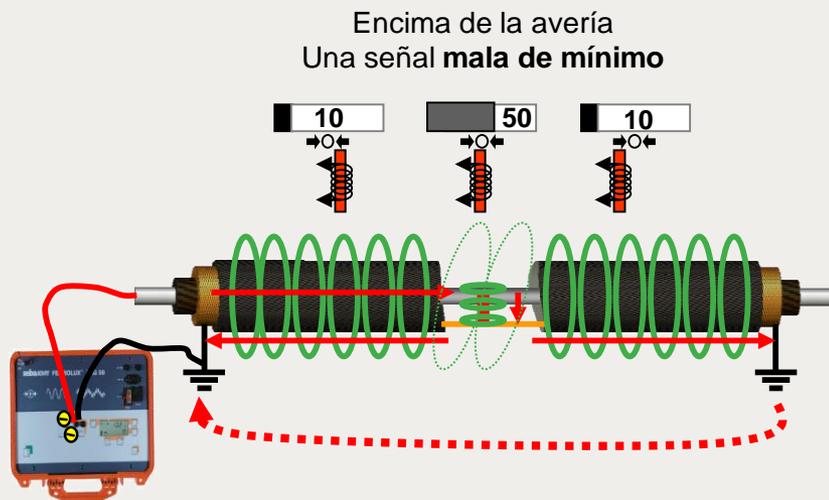
Un cable de $49 \mu\text{F}$ podría **almacenar** un tensión residual ante una Onda de choque de 80 kV (3200J) de hasta 2,5 veces y una **energía de 60,5 kJ**.



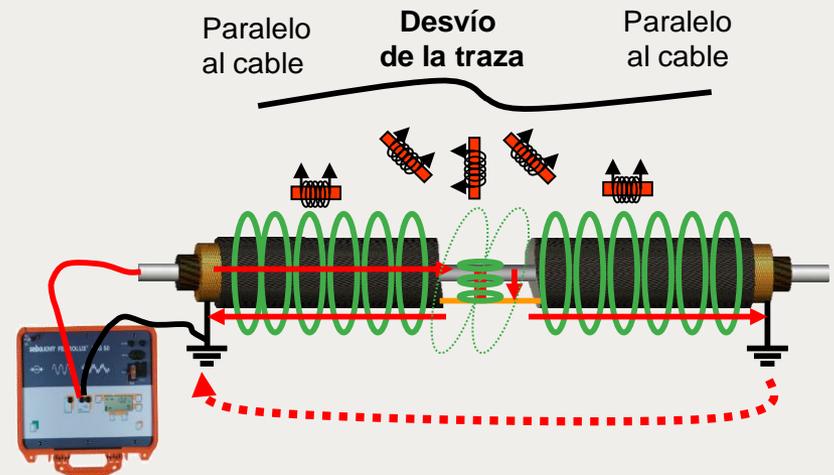
Localización puntual – Audiofrecuencia

Un método útil para la localización puntual de “Cortocircuitos” ($< 10\Omega$)

- Método Mínimo

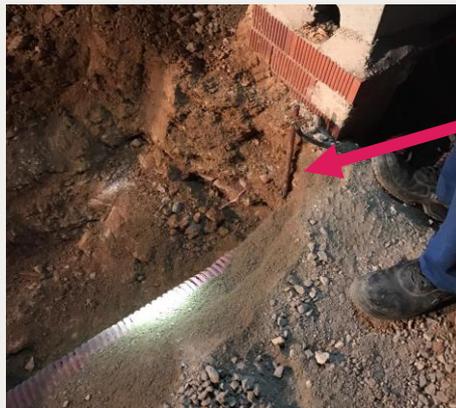


- Método Máximo



Localización puntual – Tensión de paso

En la práctica es más efectivo para los “**Cortocircuitos**” por ser generalmente causados por terceros (cables “**unipolares**”)



Pica



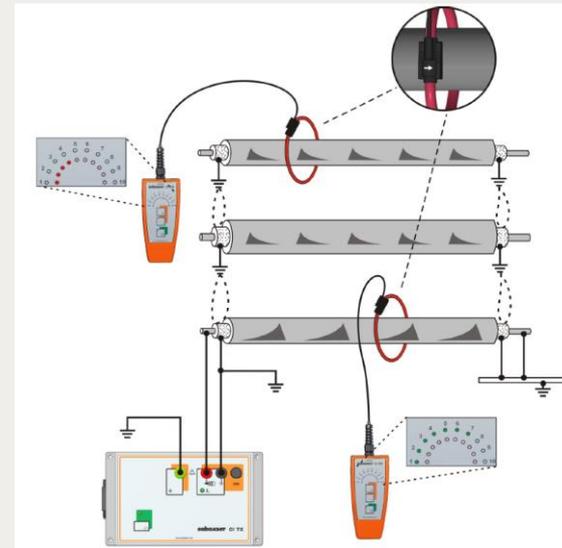
Localización puntual – Tensión de paso

En la práctica puede ser un herramienta útil para averías **difíciles de escuchar**



Identificación

¡ Escucharla **no** garantiza verla !



Conclusiones

- La localización de averías consta de **numerosas técnicas** de medida.
- Es necesario poseer **numerosos instrumentos** de medida.
- Un buen **conocimiento** de las diferentes redes eléctricas existentes es un factor importante.
- La **formación** sobre localización de averías es **vital** para alcanzar un rendimiento óptimo.

¡ GRACIAS POR SU ATENCIÓN !