

An aerial photograph of a white wind turbine in a lush green field. The turbine's three blades are visible, extending from a central hub. The background shows a vast expanse of green grass under a clear sky. A dark grey rectangular box is overlaid on the top left of the image, containing white text. A red triangular graphic element is positioned on the right side of the image, pointing towards the turbine.

Localización de Falla en Cable de Media Tensión en un Parque Eólico

Megger[®]

**CASO DE
ESTUDIO**

Localización de Falla en Cable de Media Tensión en un Parque Eólico

Introducción:

- Las plantas de generación de energía renovable tales como parques eólicos y/o fotovoltaicos se encuentran generalmente instalados en lugares de difícil acceso y lejanos de los puntos de conexión a la red, lo que resulta en instalaciones de cables de extensa longitud.
- Existen casos registrados donde se han empleado mano de obra de menor calidad, procedimientos erróneos e incumplimientos de especificaciones técnicas que han provocado la presencia de problemas prematuros con afectación en la condición del aislamiento de los cables subterráneos de media tensión impidiendo su operación.

1. Fallas en Cables de Media Tensión:

Los cables de media tensión típicamente utilizados en parques de energía renovable presentan aislamientos poliméricos tales como XLPE (Polietileno Reticulado) o EPR (Etileno, Propileno, Caucho). Dichos cables presentan apantallamiento metálico de cobre y cubiertas de polietileno de diferentes densidades.

Cuando en el proceso de instalación se han generado defectos en la cubierta del cable, el ingreso de humedad en presencia del campo eléctrico generado por su corriente y en combinación con alta temperatura de operación, inicia un proceso físico-químico de crecimiento de árboles de agua en el aislamiento plástico, degradando su rigidez dieléctrica y provocando rupturas.

A su vez, defectos en la instalación de empalmes y terminales o superación del radio de curvatura inician una actividad de descargas parciales en el interior del aislamiento con un crecimiento relativamente rápido. Estos efectos pueden apreciarse en las imágenes de la figura 1.

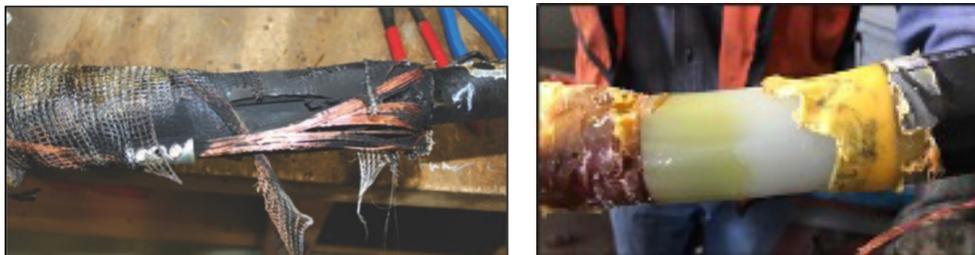


Figura 1. Empalmes con Descargas Parciales. Fuente ENRO

Una vez ocurrida una falla, típicamente se genera una perforación del aislamiento que puede soportar voltajes entre 4 y 12 kV para cables de tensión nominal de hasta 35 kV. A este tipo de fallas se les conoce como de Alta Resistencia (Ver Figura 2).



Figura 2. Perforación provocada por falla en cable XLPE 35 kV

2. Procedimiento Óptimo de Localización de Fallas en Cables de Media Tensión:

La localización óptima de fallas en cables basados en la recomendación IEEE 1234-2019 "Guide for Fault-Locating Techniques on Shielded Power Cable Systems" implica los siguientes pasos:

- **Identificación de la Falla:** Su objetivo es determinar la fase fallada del circuito y el voltaje de "ruptura" o voltaje de falla. Existen ocasiones donde la alta corriente de fuga en presencia de humedad no permite que el cable sea cargable.
- **Pre-localización:** El objetivo es determinar la distancia aproximada a la falla. Para tal fin, un Reflectómetro en el dominio del tiempo (TDR) permite obtener la distancia al final del cable a través de pulsos de baja tensión, así como registrar los cambios de impedancia en el trayecto de la señal en el cable, identificando el caso de un cortocircuito como una reflexión negativa a la distancia de falla.

En el caso de fallas de alta resistencia típicas en redes de media tensión, para poder identificar el lugar del daño, en el método más comúnmente empleado se emite adicionalmente un pulso de alta tensión que inicia un arco eléctrico sobre la perforación del aislamiento y el reflectómetro identifica este lugar a través de la medida de reflexión negativa. Este método se denomina ARM y se ilustra un ejemplo en la figura 3.

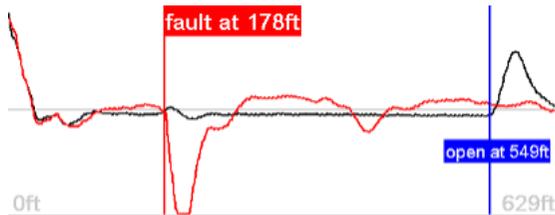


Figura 3: Reflectometría ARM con marcación de fin de cable y distancia de falla

Existen métodos alternativos en caso de cables de gran longitud o voltajes de ruptura elevados tales como el ICE y Decay, utilizados típicamente en caso de no lograr la medición con el método anterior.

- **Trazado de la ruta del cable:** El objetivo de este paso es determinar el recorrido del cable y su profundidad a través de la Audiofrecuencia. Sobre este recorrido se mide la distancia obtenida en el paso anterior.
- **Localización Puntual de la falla:** Se inicia con la emisión de pulsos de alta energía de un equipo localizador de fallas que generan un estallido en la perforación del cable y puede ser ubicado a través de su señal acústica- magnética.
- **Identificación del cable fallado:** Para mayor seguridad, la utilización de un equipo identificador de cables es recomendado una vez realizada la excavación o directamente en cajas de registro en el caso estar instalado en ductos.

3. Experiencia en la Localización de Falla del Parque Eólico:

- **Circuito evaluado:** Cable 35 kV, 500 mm² XLPE de 2,25 km aprox. directamente enterrado, desde la Subestación al aerogenerador WTG. Equipo de Localización de Fallas disponible: Megger STX-40 kV (Figura 4).



Figura 4. Inicio del Circuito Subestación Principal

- **Reflectometría diferencial:** Se inició realizando una medición de reflectometría de baja tensión comparativa entre fases y para identificar el final del cable, encontrándose un aumento de impedancia importante característico de fin de cable o conductor abierto en una longitud inferior al total del circuito en la fase 1. La Figura 5 muestra la comparativa entre la fase 1 (Traza en rojo del cable con falla) y fase 2 (Traza en azul del cable sano), donde se puede medir el final del cable a 2,25 km y un circuito abierto en 1 km en la fase fallada.

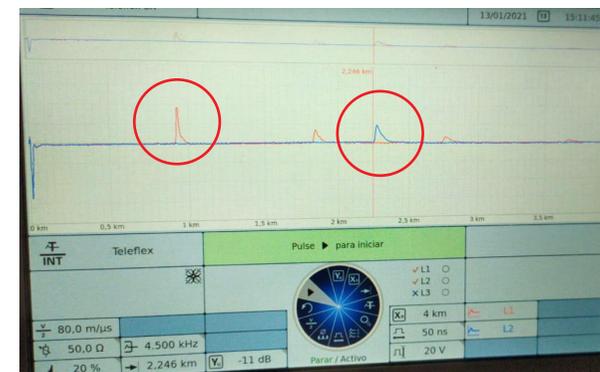


Figura 5. Reflectometría diferencial

Localización de Falla en Cable de Media Tensión en un Parque Eólico

- Se procedió a determinar el voltaje de ruptura aplicando tensión DC y esta alcanzó 9.3 kV (Ver figura 6).

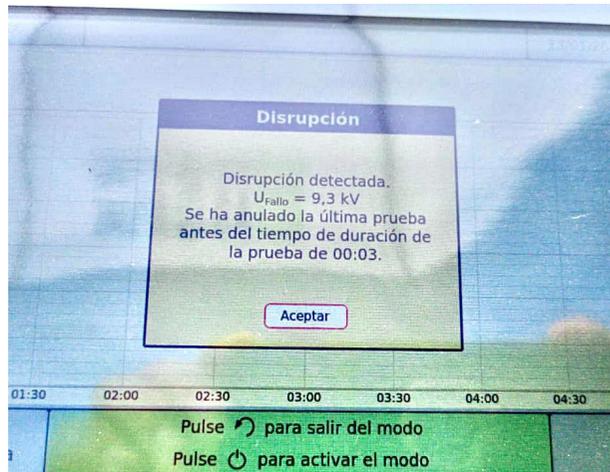


Figura 6. Voltaje de Ruptura

- Se procedió a realizar la pre-localización de la falla en la fase 2 a través del método ARM.

Debido al tipo de falla en conductor abierto, la medición ARM no se obtuvo completamente clara que permitiera confirmar la distancia de falla (Ver la Figura 7).

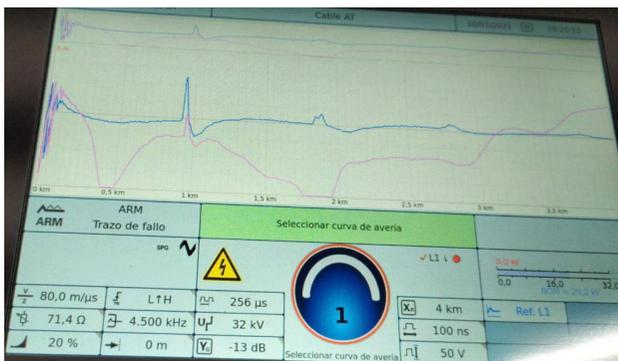


Figura 7. Reflectometría ARM

En vista de este resultado, se intentó localizar la falla utilizando como método alternativo de alta tensión el de Corriente de Impulso (ICE), en el cual se registra el transitorio de la corriente del arco eléctrico en la falla producido por un pulso de alta tensión y energía.

La figura 8 muestra la medición del método ICE confirmando la distancia de falla a 1 km, medida como la longitud de un periodo de la onda periódica resultante:

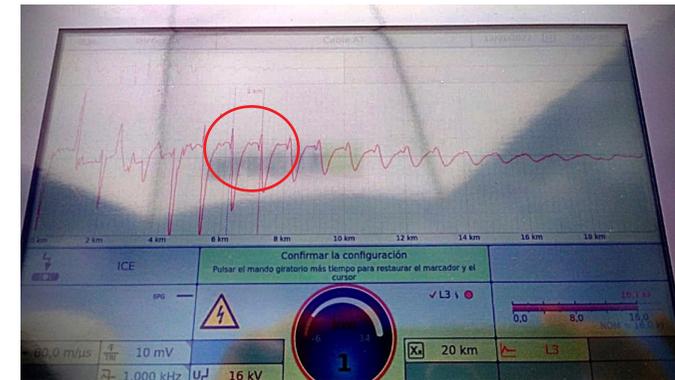


Figura 8. Método ICE

Se procedió a marcar la ruta del cable bajo prueba y medir la distancia través de un odómetro.

Desde allí, se inició el modo impulsador del equipo STX 40 kV con la emisión de pulsos de 16 kV y el uso del receptor acústico magnético digiPhone+2 alrededor de la zona de pre-localización.

La figura 9 muestra una fotografía de la recepción del estallido con el equipo y la ubicación exacta del lugar de la falla.



Figura 9. Localización Puntual Método acústico-magnético

Una vez localizado el lugar exacto de la falla, se procedió a realizar la excavación para descubrir los cables presentes y realizar la respectiva identificación en sitio del cable fallado (ver fotografías en la Figura 10).



Figura 10. Localización Puntual. Empalme abierto

Localización de Falla en Cable de Media Tensión en un Parque Eólico

4. Conclusiones:

- Se evidencia que la red de cables subterráneos de media tensión es neurálgica en Sistemas de Energías Renovables.
- Los diferentes métodos de localización de falla nos amplían el abanico de opciones de éxito en las tareas de mantenimiento correctivo.
- Contar con equipos de Localización de Fallas acorde a las longitudes máximas del Sistema, minimiza el tiempo fuera de servicio y las consecuentes pérdidas importantes por salidas del sistema de generación.

5. Soluciones:

STX40

El STX40 es el sistema portátil de localización de fallas más potente y moderno del mercado. Es ideal para realizar pruebas, análisis, prelocalizar e identificar fallas en cables extruidos de tensión baja y tensión media aislados con XLPE y EPR. Con su fuente de CC de 40 kV y un potente quemador de alta frecuencia, también posee gran capacidad y eficacia para cables PILC.

El STX40 está totalmente automatizado con interruptores de alta tensión motorizados, controlados por la perilla giratoria o la pantalla táctil en color de nivel industrial.

- Una verdadera unidad portátil lista para exteriores con grado de protección IP 43
- Interfaz de "girar y hacer clic" con perilla giratoria muy fácil de utilizar
- Energía de sobretensión/impulsador de 2000 julios
- Pruebas de CC de hasta 40 kV, sobretensión/impulsador de hasta 32 kV, quemado de hasta 40 kV
- Métodos de prelocalización: ARM inductivo con Multishot, ICE y Decay (Decaimiento de Tensión)
- Circuitos de seguridad incorporados para monitoreo de conexiones a tierra (F-Ohm) y monitoreo de potencial Potencial de Paso (FU)
- Control total de TDR de todas las funciones alta tensión



DigiPHONE+2

El nuevo digiPHONE+2, gracias a su combinación de diferentes métodos de reducción eficiente de ruido, ofrece una acústica perfecta que permite escuchar solo el ruido de la falla.

- Localización acústico-magnética de fallas de cable
- Mayor inmunidad acústica al ruido
- Filtración automática de señales de interferencia
- Ajuste automático de todos los parámetros
- Opcional: Audífonos Bluetooth®
- Opcional: localización de la tensión de paso (conjunto NT)
- Opcional: trazado de cables (conjunto NTRX)



6. Glosario de Términos:

A: Amperios, Unidad de Corriente Eléctrica.

ARM: Medida de Reflexión en Arco Eléctrico

Decay: Método de Decaimiento de Tensión.

ICE: Método Corriente de Impulso

kV: Kilovoltio, Unidad de Voltaje en miles

Ω : Ohmios, Unidad de Resistencia Eléctrica

Uo: Voltaje Nominal del Cable fase neutro

XLPE: Aislamiento de Polietileno Reticulado

WTG: Aerogenerador (“Wind Tower Generator”)

EPR: Aislamiento de Etileno Propileno Caucho



**Para obtener información adicional,
comuníquese con:**

- **Ricardo Puig**
Ingeniero de Aplicaciones LATAM
ricardo.puig@megger.com

- **Galo Teran**
Gerente de Ventas LATAM
galo.teran@megger.com

Megger
4545 West Davis St.
Dallas TX, 75211
EE.UU.

csa.megger.com

Localización de Falla en Cable de Media Tensión en un Parque Eólico_ESLA_V1

"Megger" es una marca comercial registrada. Copyright © 2023

