



INTERRUPTORES – Dual Ground (DCM)

Raidel Coa

Ingeniero de Aplicaciones – Megger

República Dominicana, 13-15 de Agosto de 2019

Megger[®]
Power on

Coordinadora

■ Karen Becerril

Especialista de marketing para Latinoamérica
Karen.Becerril@megger.com



Moderador



■ Ariel Toribio

Gerente Regional para Latinoamérica
csasales@megger.com



■ Raidel Coa

Venezolano, Ingeniero electricista, posee estudios de cuarto nivel “Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica”. Tiene 17 años de experiencia en pruebas eléctricas a equipos de alta tensión (11,4 a 800 kV). Fue miembro del comité de estudio A3 de CIGRE “High Voltage Equipment” durante los periodos 2010-2016.

Inspector de pruebas en fábrica (FAT) de CORPOELEC en:

- COELME-EGIC, seccionadores 420 kV (Venecia – Italia)
- ABB, interruptores, 245 y 420 kV (Ludvika – Suecia)
- SIEMENS, Interruptores, 115 kV (Grenoble – Francia)
- SIEMENS, Transformador de Potencia, 115/34,5 kV (Sao Paulo – Brasil)
- ALSTOM, Transformadores de corriente, 800 kV (Minas Gerais – Brasil)

Profesor universitario de las cátedras de “Técnicas de Alta Tensión” y “Subestaciones Eléctricas” en UNEXPO – Puerto Ordaz (Venezuela), desde 2010 hasta 2017.

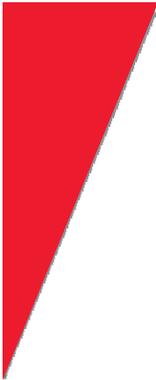
En la actualidad se desempeña como Ingeniero de Aplicaciones en Subestaciones para MEGGER (Centro, Sur America y el Caribe)

Presentador



Contenido

- Introducción
- Riesgos eléctricos
- Pruebas de tiempos – Tecnología DRM
- Pruebas de tiempos – Tecnología DCM
- DRM vs DCM



Introducción

Megger[®]
Power on



Introducción

- Standard: IEC 50110-1

6.2.5 Earthing and short-circuiting

6.2.5.1 General

At the work location for all high and some low voltage installations (see 6.2.5.2), all parts that are to be worked on shall be earthed and short-circuited. Earthing and short-circuiting equipment or devices shall be first connected to the earthing point and then to the components to be earthed and in reverse order when removing.

The earthing and short-circuiting equipment or devices shall be visible, whenever possible, from the work location. Otherwise, the earth connections shall be applied as close to the work location as is reasonably practical.



Introducción

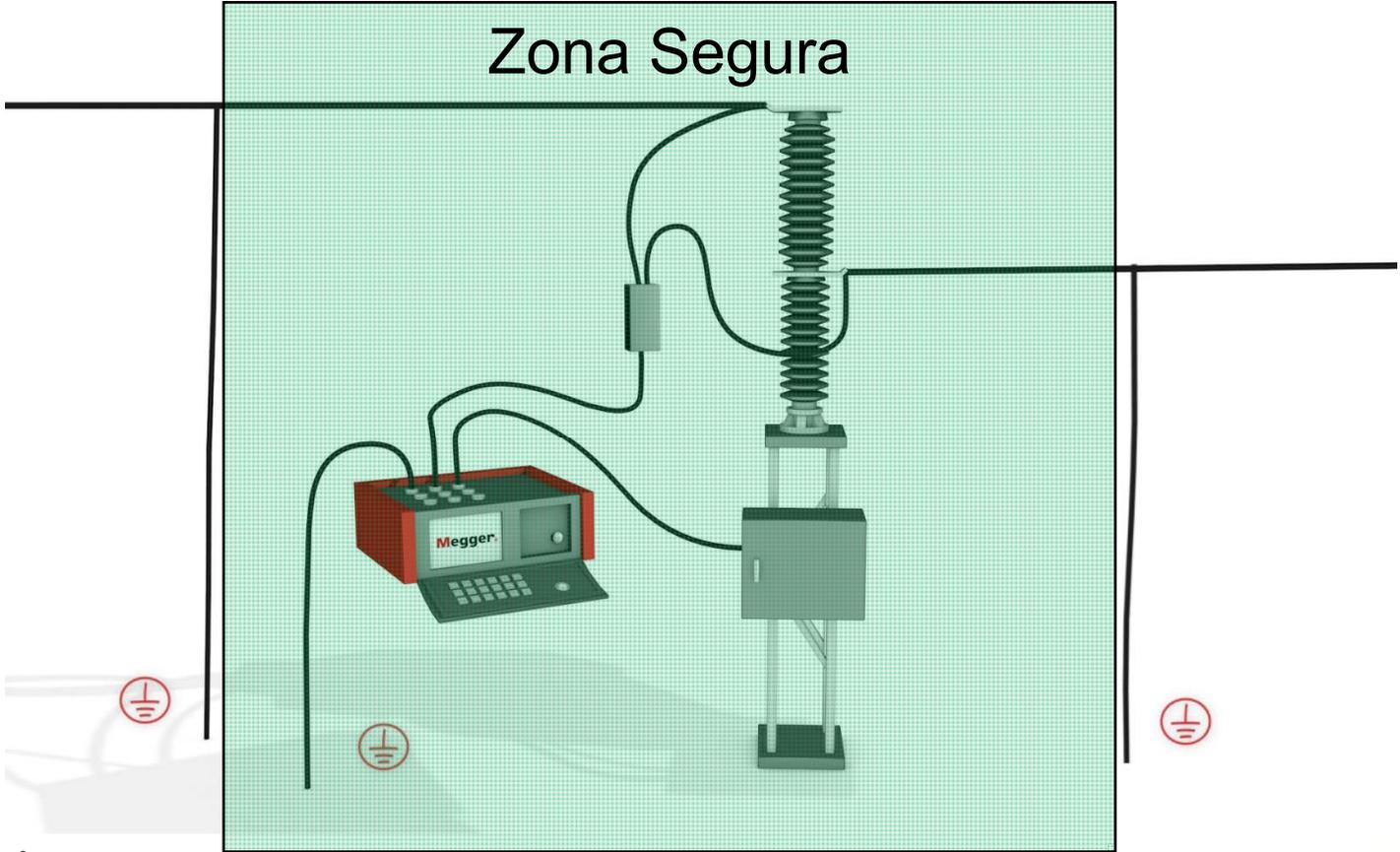
■ Standrad: IEC 50110-1

5.3.2 Testing

5.3.2.1 Testing includes all activities designed to check the operation or the electrical, mechanical or thermal condition of an electrical installation. Testing includes also activities to prove the effectiveness of, for example, electrical protective and safety circuits. Testing may include measurement activities that shall be carried out according to 5.3.1. Testing shall be carried out by skilled or instructed persons, or ordinary persons under the immediate control or supervision of a skilled person only.

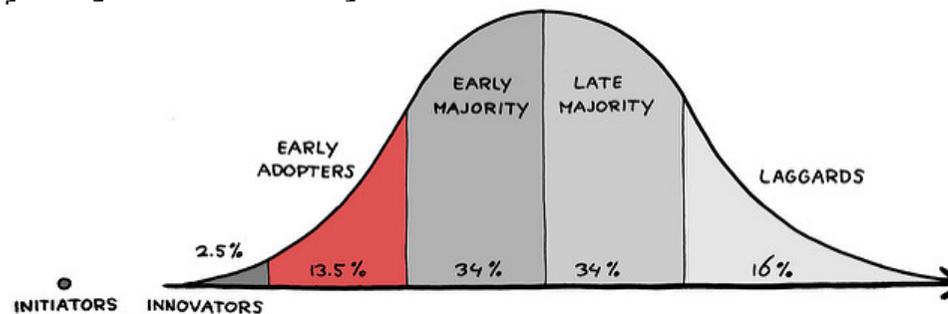
5.3.2.2 Testing an installation that has been made dead shall be carried out in accordance with the rules of dead working. If it is necessary to open or remove earthing and short-circuiting devices, suitable precautions shall be taken to prevent the installation being re-energised from any possible source of supply and to prevent electric shock for the personnel.

Introducción



Introducción

- Megger fué pionero en 2006 – Ahora ha llegado a ser un “standard” en la industria eléctrica
- La mayoría de los competidores han seguido ésta práctica
- Diferentes tecnologías para resolver el mismo problema
- Importante entender las diferencias en tecnología – ventajas y desventajas



Introducción

¿Porqué probar con DualGround™?

- Por nuestra propia seguridad
- Aplicar normas, leyes y regulaciones
- Ahorrar tiempo
- Requiere menos esfuerzo en el trabajo



Megger
Power on



Riesgos eléctricos

Megger[®]
Power on

Riesgos eléctricos

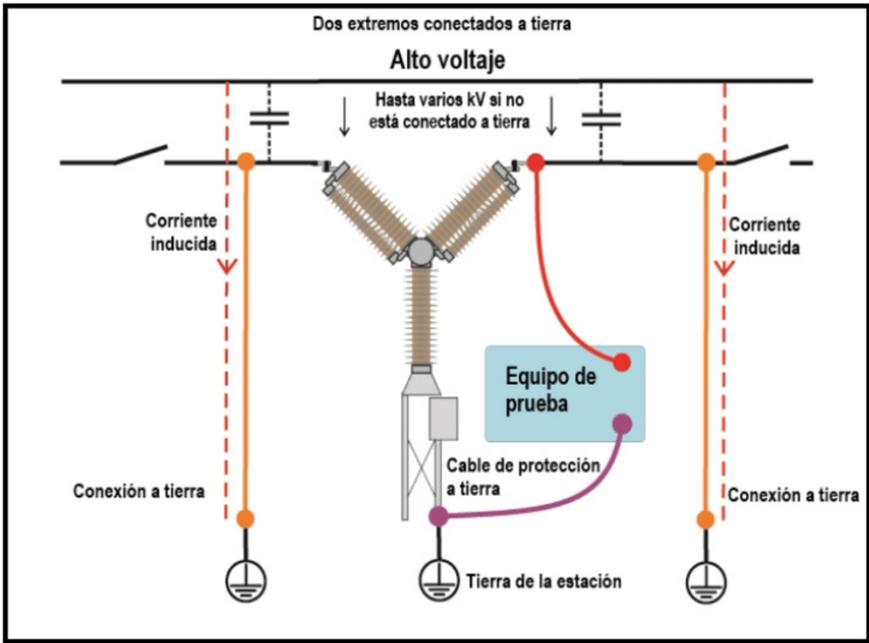
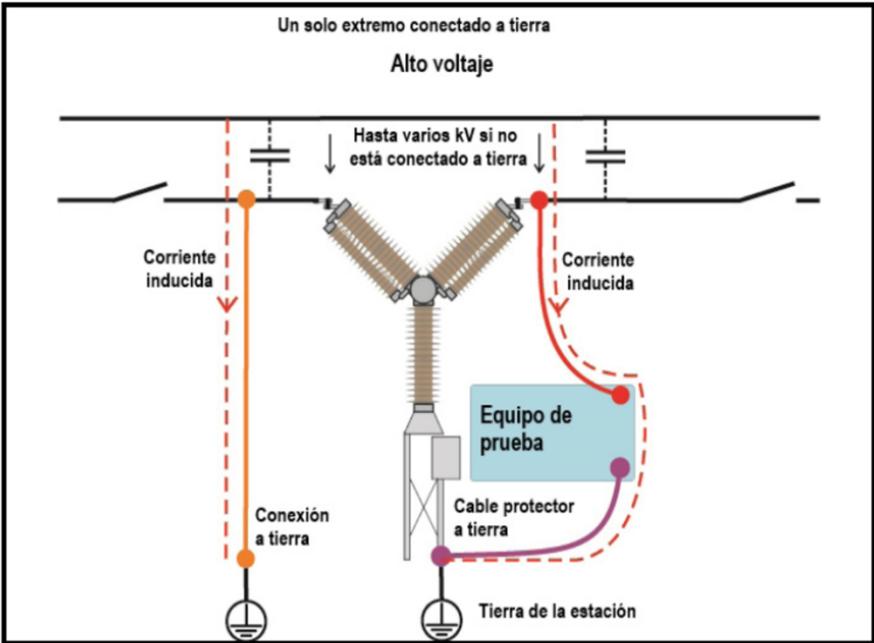
- Re-energización accidental de la instalación
- Descargas atmosféricas
- Corrientes inducidas, debido a corrientes de carga en conductores cercanos
- Corrientes de acople capacitivo, debido a instalaciones energizadas adyacentes (líneas aéreas)

Podrían llegar a:

- Electrocutión
- Quemaduras, debido al arco eléctrico
- Heridas secundarias

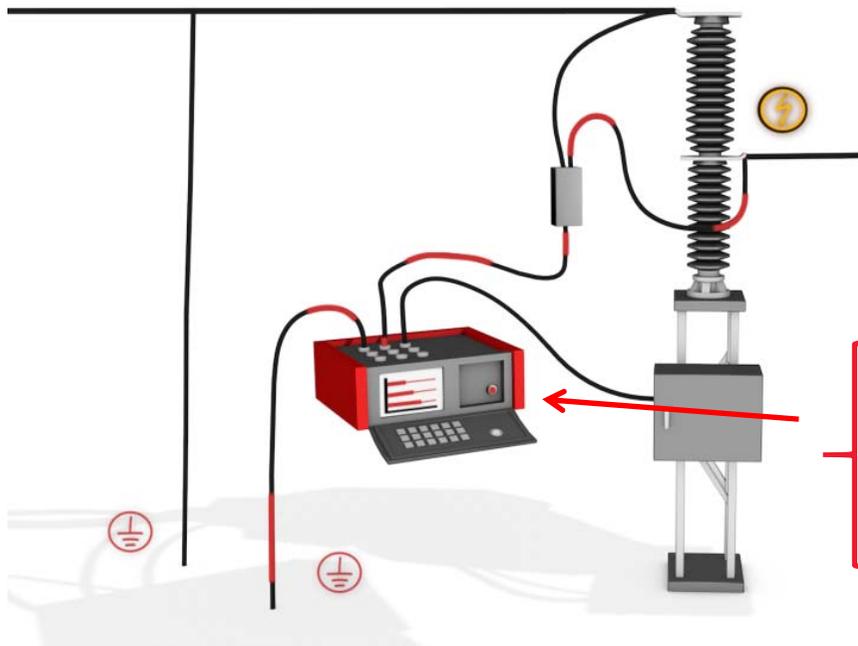


Riesgos eléctricos



Riesgos eléctricos

■ Desconexión de cables de prueba



Un extremo puesto a tierra – Interruptor abierto

- La corriente capacitiva es conducida a tierra, a través del equipo de prueba
- Al desconectar los cables de prueba se crea un arco eléctrico (inmediatamente)
- Si no se está de suerte, la corriente pasará a través del cuerpo

Riesgos eléctricos

- Desconexión de cables de prueba



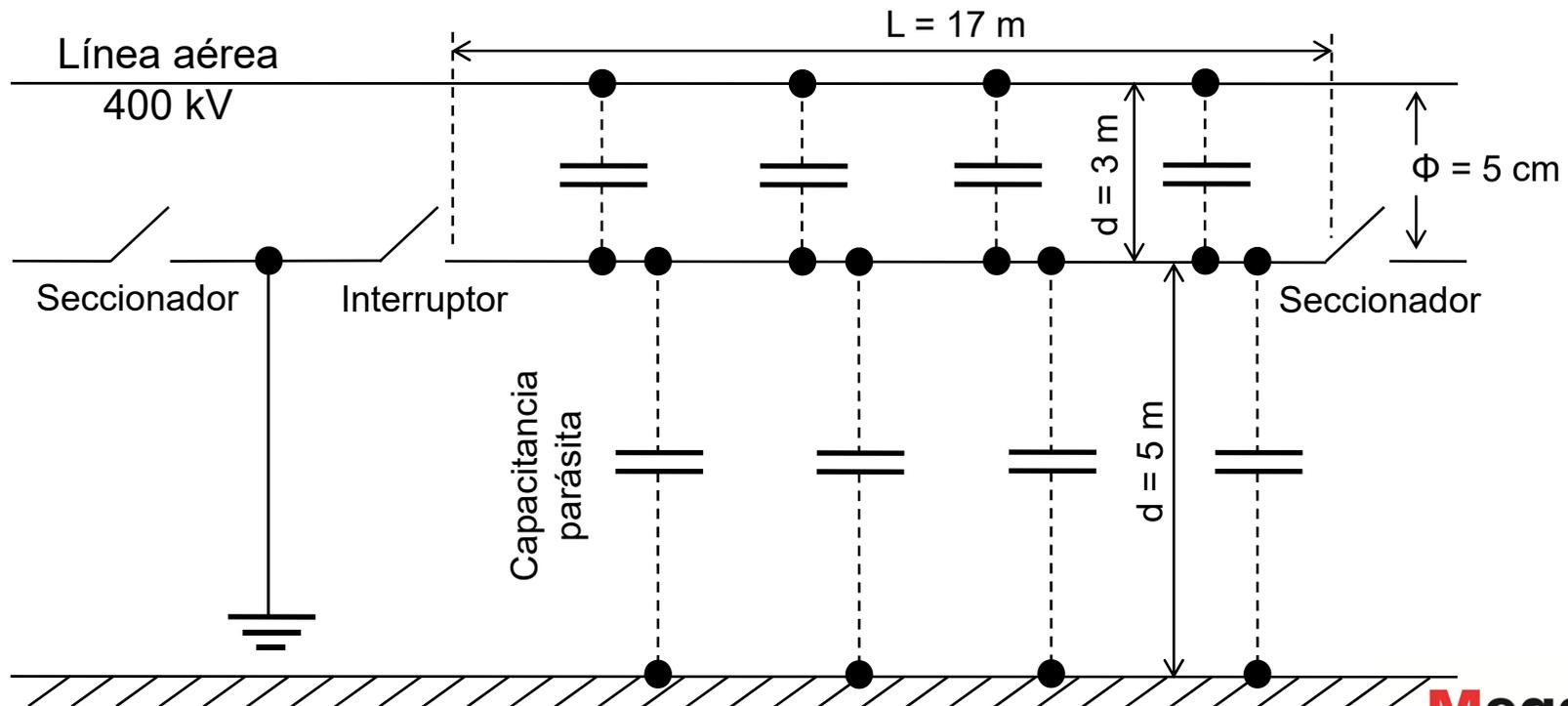
Conclusión de DualGround™
Seguridad
Conformidad
Ahorro de tiempo

El procedimiento correcto para la desconexión es importante

La imagen muestra un equipo de pruebas después de desconectar los cables de prueba. El interruptor estaba abierto y únicamente puesto a tierra en uno de sus extremos

Riesgos eléctricos

■ Modelo de corriente (acoplamiento capacitivo) - Ejemplo



Riesgos eléctricos

■ Capacitancia parásita entre 2 conductores - Ejemplo

Al aplicar la formula mostrada abajo, se puede obtener la “capacitancia parásita” entre la línea aérea y el tramo de línea de 17 m expuesto al acoplamiento capacitivo (aprox.)

Pair of parallel wires ^[24]	$\frac{\pi\epsilon l}{\operatorname{arcosh}\left(\frac{d}{2a}\right)} = \frac{\pi\epsilon l}{\ln\left(\frac{d}{2a} + \sqrt{\frac{d^2}{4a^2} - 1}\right)}$	
--	---	---

$$\left. \begin{array}{l} d \\ a \\ L \end{array} \right\} \Rightarrow C \approx 100 \text{ pF}$$

Riesgos eléctricos

■ Corriente de acople capacitivo - Ejemplo

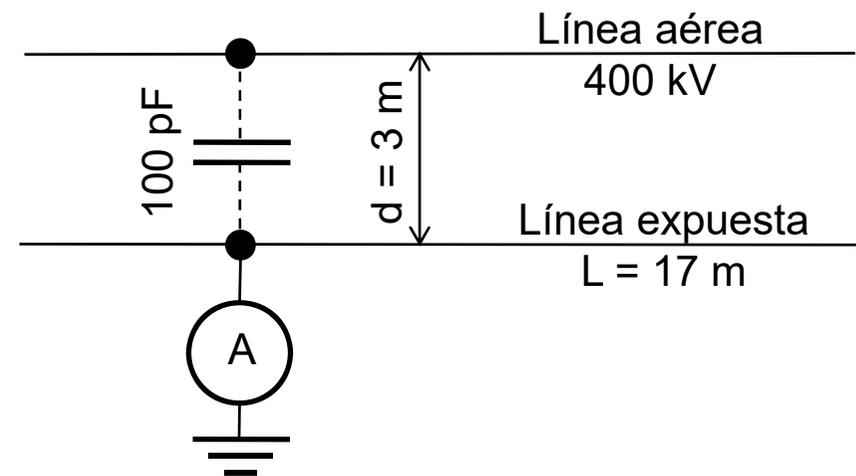
En éste ejemplo 100 pF de capacitancia stray resulta en aproximadamente 13 mA de corriente de acople capacitivo a tierra:

$$I = U/Z$$

$$U = 400 \text{ kV}$$

$$Z = 1 / (2\pi fC)$$

$$I = 400 \times 10^3 \times 2 \times \pi \times 50 \times 100 \times 10^{-12} \text{ A} = 0.013 \text{ A}$$

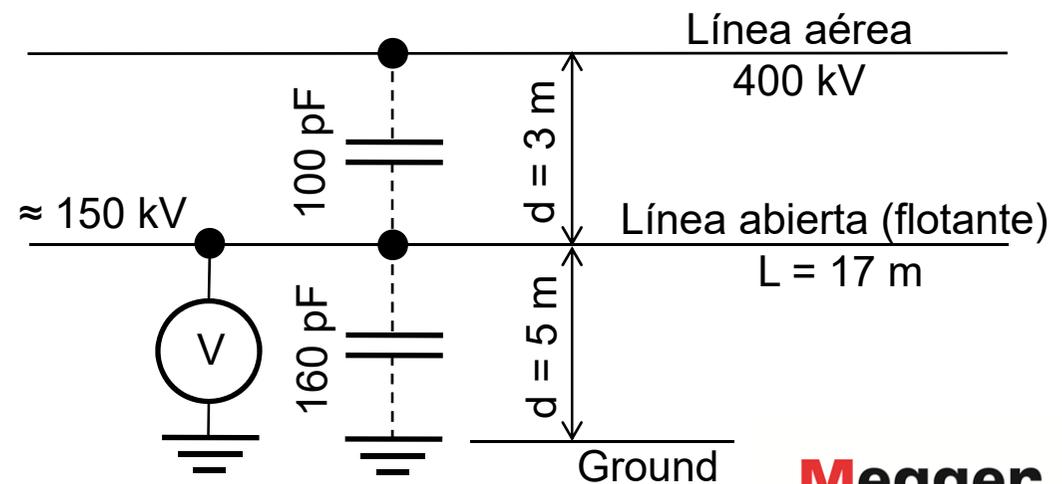


Riesgos eléctricos

■ Capacitancia parásita de un conductor a tierra - Ejemplo

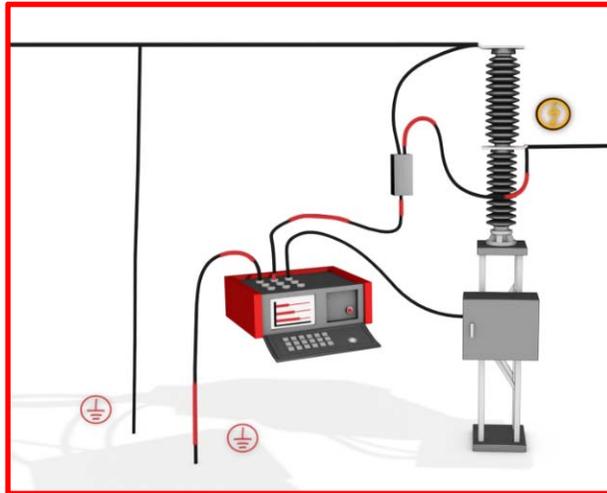
De manera similar, también se puede calcular la capacitancia stray entre un conductor y tierra. En éste ejemplo el resultado sería de 160 pF entre el tramo de línea de 17 m abierto y tierra.

Aplicando un divisor de voltaje capacitivo, el voltaje potencial en el tramo de línea de 17 m (flotante), sería de aproximadamente 150 kV.



Riesgos eléctricos

- Magnitudes de parámetros eléctricos – Ejemplo



Una vez que se retiran los cables de prueba del instrumento de medición, se creará un arco eléctrico produciendo 150 kV y 13 mA (en éste ejemplo).



Riesgos eléctricos

■ Resumen – Acople Capacitivo

- Las corrientes de acople capacitivo pueden alcanzar valores de doble dígito en mA
- El voltaje potencial de un conductor flotante puede alcanzar valores de triple dígito en kV
- La magnitud de la corriente de acople capacitivo depende de: el voltaje de la línea aérea, la frecuencia de la red y el valor de la capacitancia stray
- La magnitud de la capacitancia stray depende de: el radio de los conductores y longitud entre los conductores
- Puede ser directamente letal ó indirectamente causar efectos secundarios (caídas de distinto nivel, quemaduras, etc.)



Pruebas de tiempos –Tecnología DRM

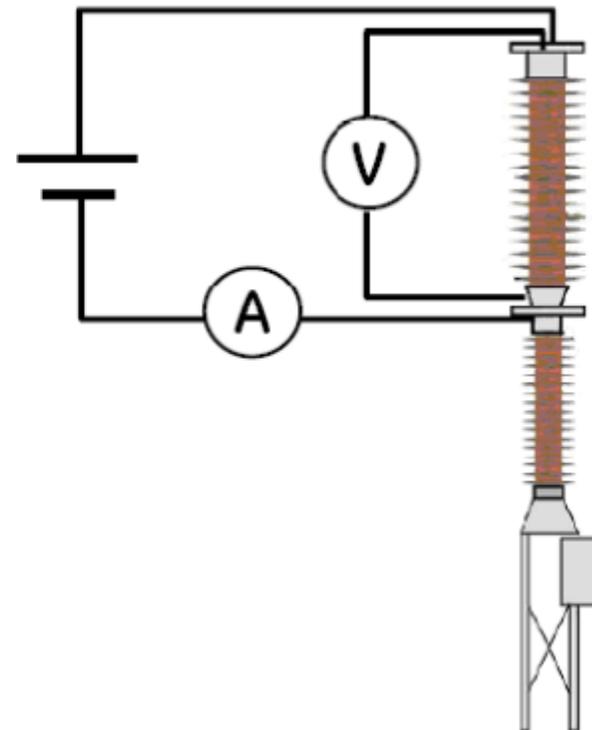
Megger[®]
Power on

Mediciones de tiempo - Tecnología DRM

■ Principio de medición DRM

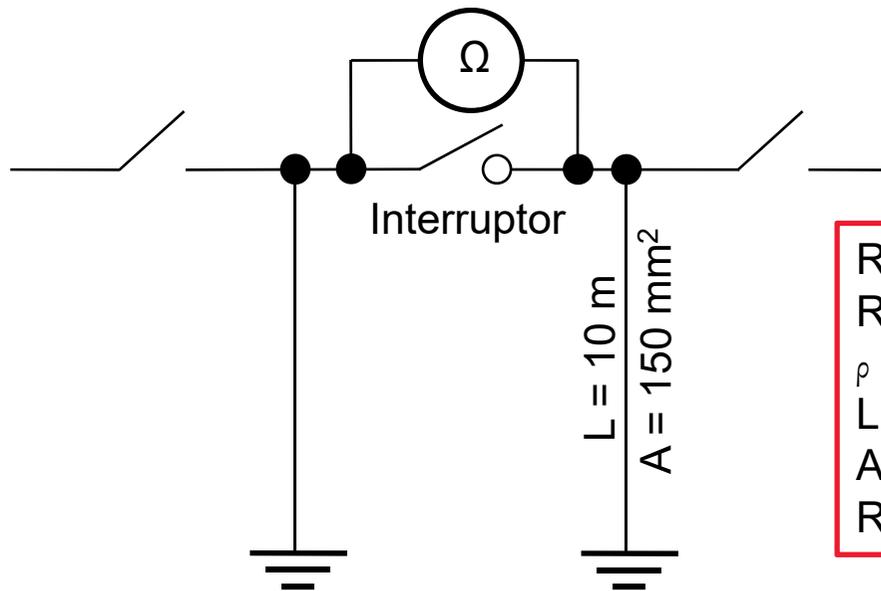
1. Inyecta corriente
2. Inicia la medición (A y V)
3. Opera el interruptor
4. Calcula la resistencia

- Ley de Ohm
 $R=V/I$



Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Bucle de tierra



Resistencia de cables de puesta a tierra:

$$R = \rho \times L/A$$

$$\rho_{Cu} = 1,72 \times 10^{-8} \Omega m$$

$$L = 2 \times 10 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

$$A = 150 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

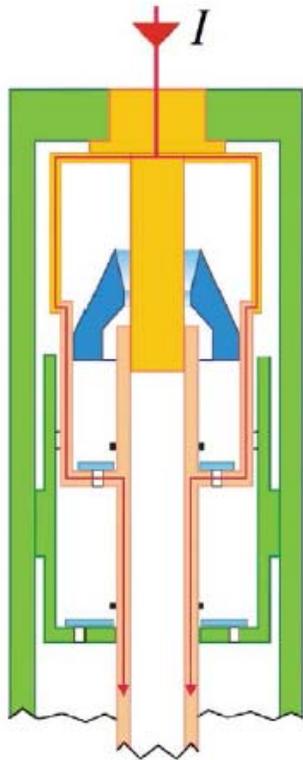
$$R = 1,72 \times 10^{-8} \times 20 / 150 \times 10^{-6} \Omega = \mathbf{2.3 \text{ m}\Omega}$$

Resistencia del bucle de tierra = Resistencia de cables + Resistencia de tierra + abrazaderas y resistencias transicionales

El valor razonable en este caso es: 3 – 10 mΩ

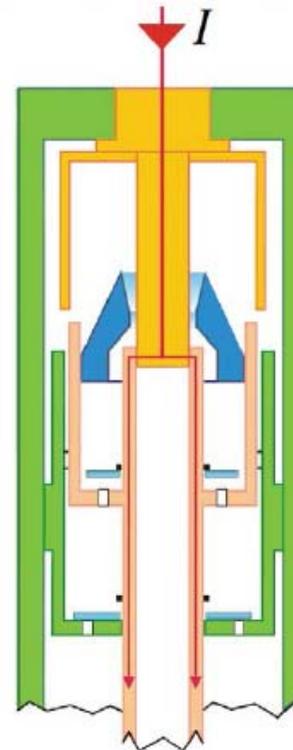
Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Sistema de contactos en interruptores de SF6



Interruptor en posición cerrado

La corriente fluye a través del contacto principal
 $R \approx 30 \mu\Omega$

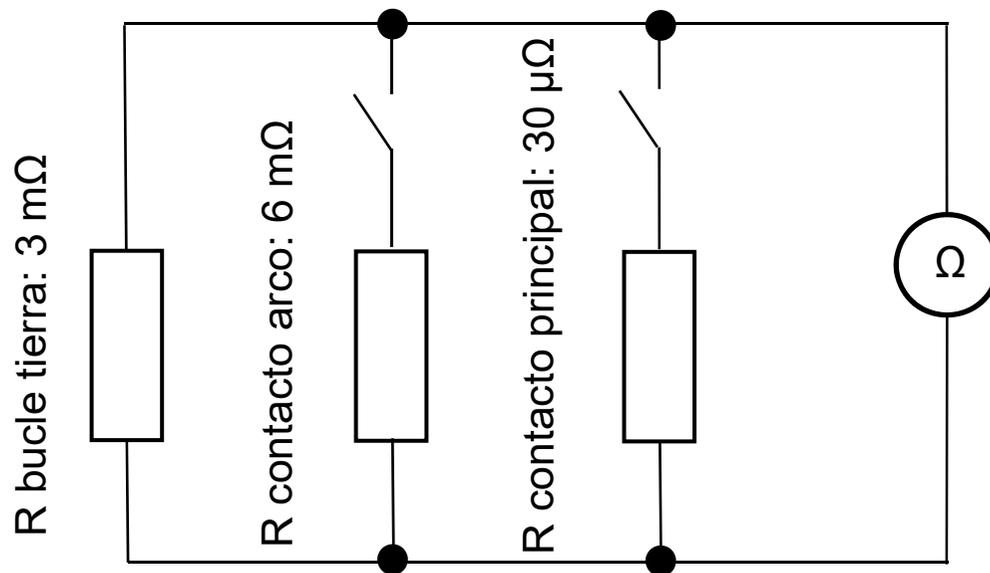


Contacto principal abierto

La corriente fluye a través del contacto de arco
 $R \approx 0.3 - 10 \text{ m}\Omega$

Mediciones de tiempo - Tecnología DRM

■ Circuito equivalente

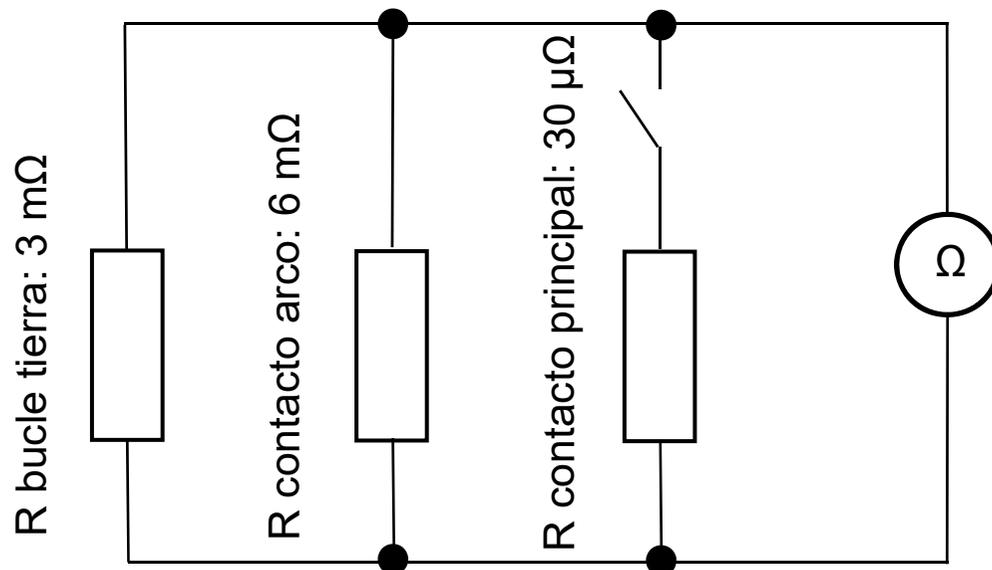


Interruptor abierto

$$R = R \text{ bucle de tierra} = \mathbf{3 \text{ m}\Omega}$$

Mediciones de tiempo - Tecnología DRM

■ Circuito equivalente

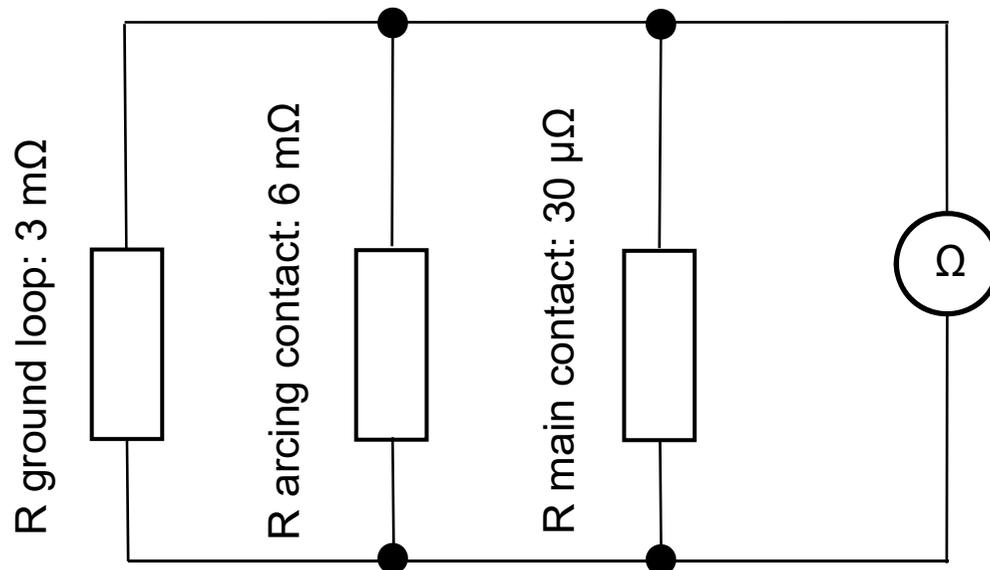


Contactos de arco cerrados

$$R = R \text{ bucle de tierra} // R \text{ contactos de arco} = 3 // 6 \text{ m}\Omega = \mathbf{2 \text{ m}\Omega}$$

Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Circuito equivalente

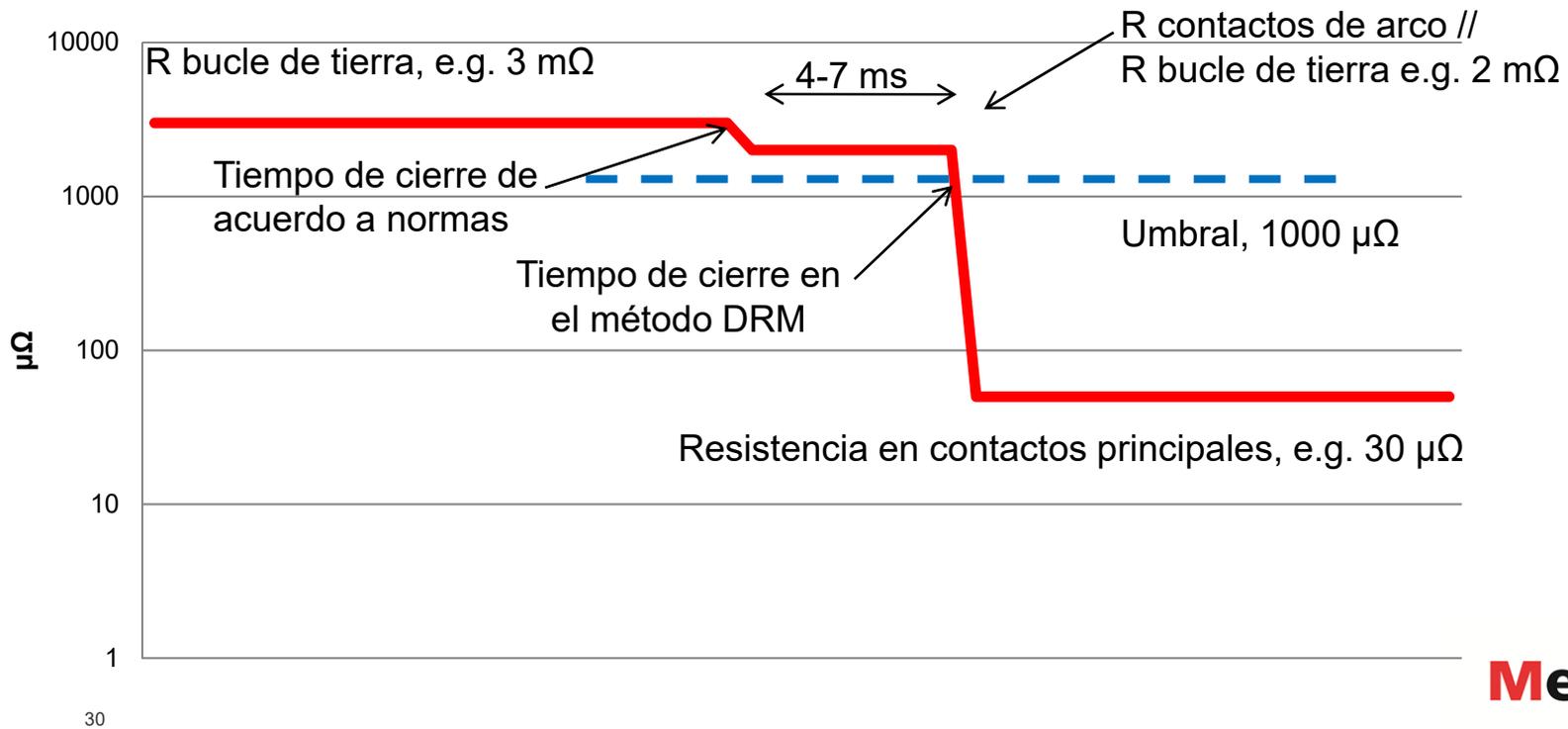


Contactos principales cerrados

$$R = R \text{ bucle de tierra} // R \text{ contactos de arco} // R \text{ contactos principales} = 3 // 6 // 0.03 \text{ m}\Omega = \mathbf{29.6 \mu\Omega}$$

Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

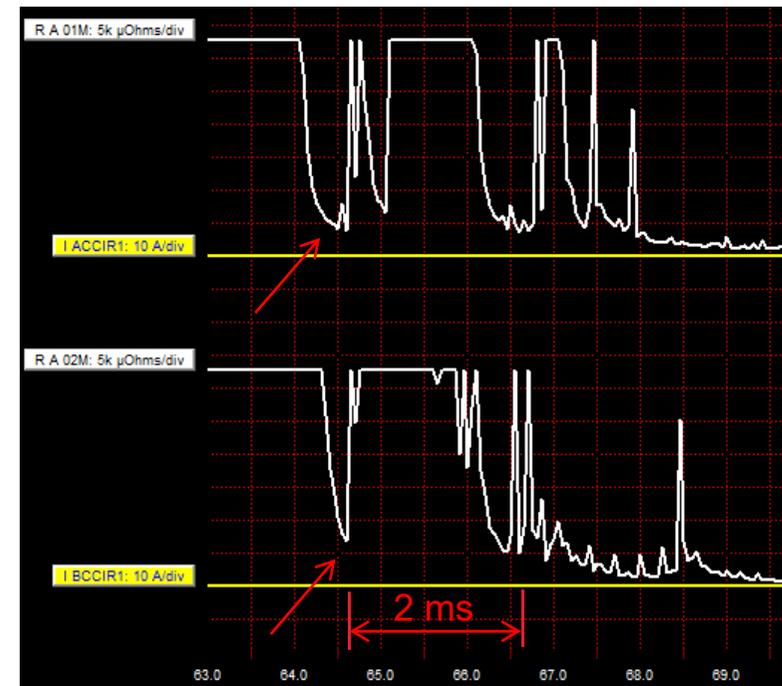
■ Operación de cierre – DRM (Dual Ground)



Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Operación de cierra – DRM (Dual Ground)

- Ejemplo de DRM en interruptor de tanque vivo de 2 cámaras/fase
- Límite por defecto: 5 mΩ
- Primer toque de la cámara 1 (contactos de arco): < 5 mΩ
- Primer toque de la cámara 2 (contactos de arco): > 5 mΩ
- Discrepancia en éste caso: 2 ms
- Máxima diferencia entre cámaras de la misma fase de acuerdo a IEC62271-100: 1/8 ciclo (apertura)





Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Definiciones de tiempo de acuerdo a IEEE C37.100

- “**Closing time (of a mechanical switching device)**: The interval of time between the initiation of the closing operation and the instant when **metallic continuity** is established in all poles.”
- “**Opening time (of a mechanical switching device)**: The interval of time between the time when the actuating quantity of the release circuit reaches the operating value, and the instant when the primary **arcing contacts have parted**. Any time delay device forming an integral part of the switching device is adjusted to its minimum setting or, if possible, is cut out entirely for the determination of opening time.”



Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

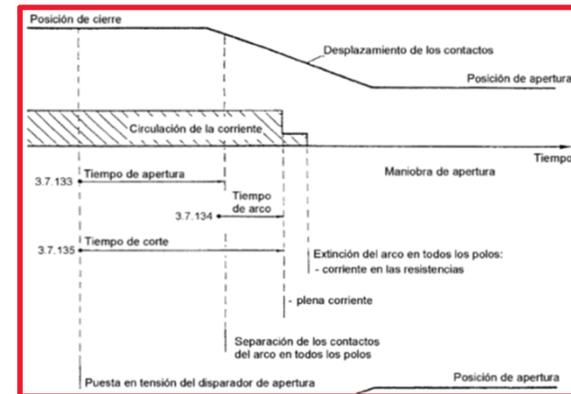
■ Tiempos - IEEE C37.100

- “**Closing time (of a mechanical switching device)**: The interval of time between the initiation of the closing operation and the instant when **metallic continuity** is established in all poles.”
- “**Opening time (of a mechanical switching device)**: The interval of time between the time when the actuating quantity of the release circuit reaches the operating value, and the instant when the primary **arcing contacts have parted**. Any time delay device forming an integral part of the switching device is adjusted to its minimum setting or, if possible, is cut out entirely for the determination of opening time.”

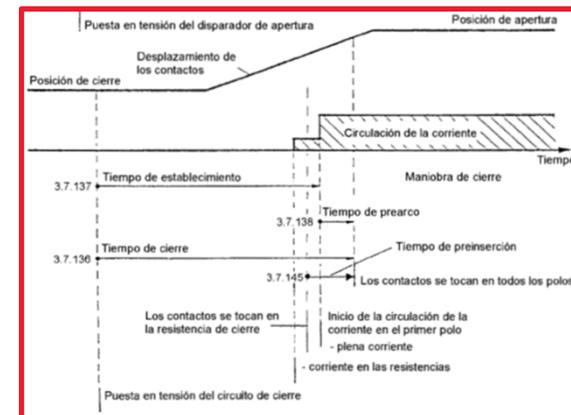
Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Tiempos - IEC 62271-100

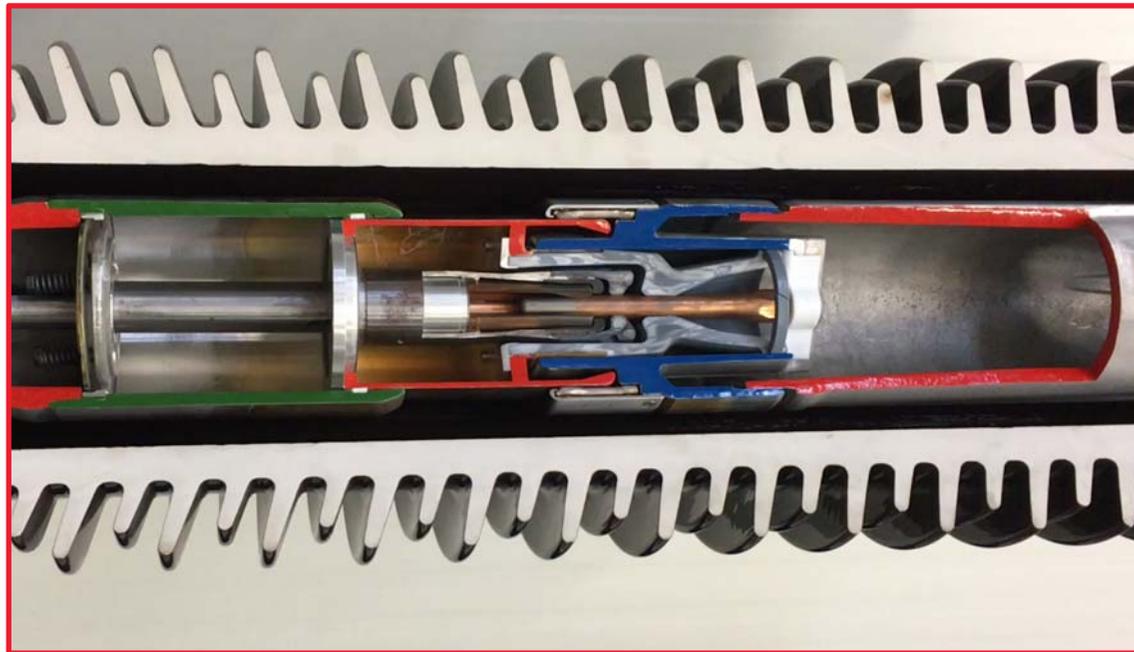
- **3.7.133 Tiempo de apertura (IEC 62271-100):** Intervalo entre que se excita el circuito de disparo (bobina de apertura) en un interruptor que se encuentra en posición cerrado y el instante cuando los contactos se han separado en todos los polos.



- **3.7.136 Tiempo de cierre (IEC 62271-100):** Intervalo entre que se excita el circuito de cierre (bobina de cierre) en un interruptor que se encuentra en posición abierto y el instante cuando los contactos se tocan en todos los polos.

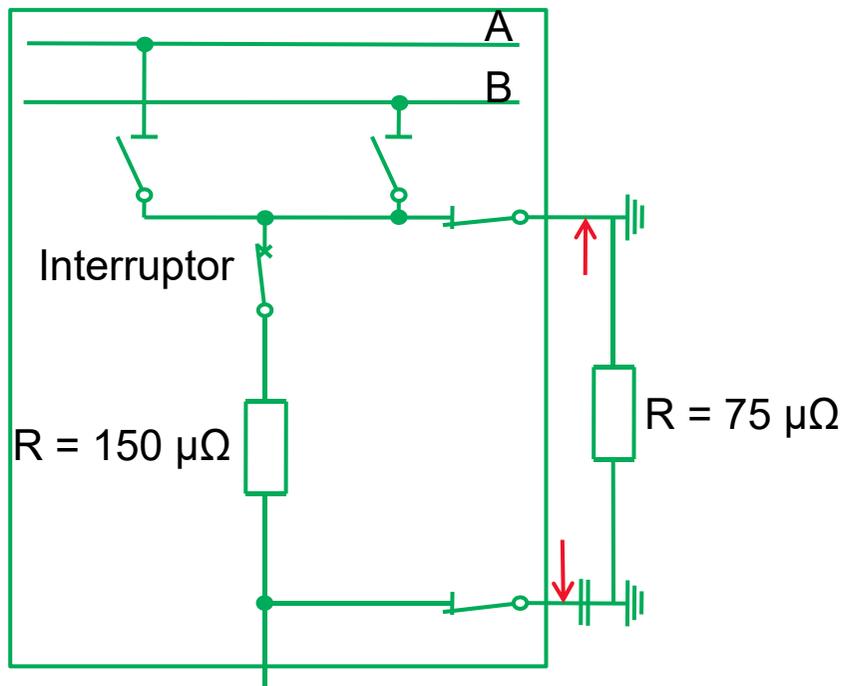


Mediciones de tiempo – Tecnología DRM



Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Resistencia de un interruptor GIS



$$150 \parallel 75 \mu\Omega \Rightarrow 50 \mu\Omega$$

Por lo tanto:

1. Interruptor posición cerrado: $50 \mu\Omega$
2. CB in posición de contacto de arco:
 $2 \text{ m}\Omega \parallel 75 \mu\Omega \Rightarrow 72 \mu\Omega$
3. Interruptor en posición abierto: $75 \mu\Omega$

Es decir, sólo $3 \mu\Omega$ de margen para detectar la operación (contactos de arco)



Mediciones de tiempo – Tecnología DRM

■ Resumen - DRM

- Difícil de detectar los tiempos de operación,
 - Umbral desconocido (inicialmente)
 - Problemas de repetibilidad
- Equipo de prueba más pesado, mayor cableado
- Inyección de DC => riesgo de saturación de CTs
 - Riesgo de disparo durante la prueba ó cuando se energice el sistema
 - Procedimiento de desmagnetización – requiere reconexiones
- Corriente inducida podría interferir con el cálculo de la resistencia y evaluaciones de los tiempos de operación



Pruebas de tiempos –Tecnología DCM

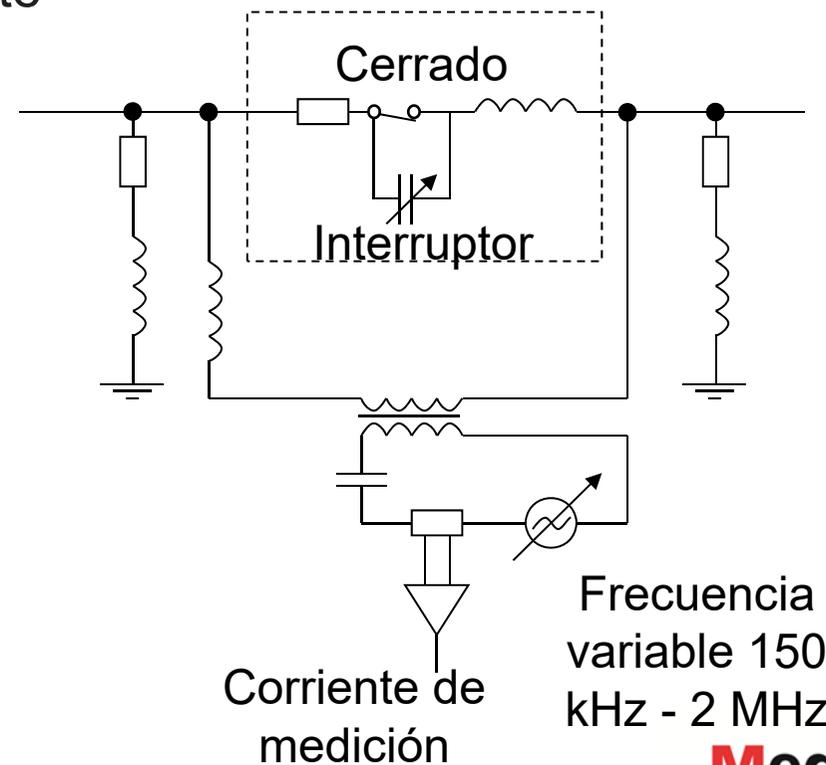
Megger[®]
Power on

Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

■ Modelo de frecuencia resonante

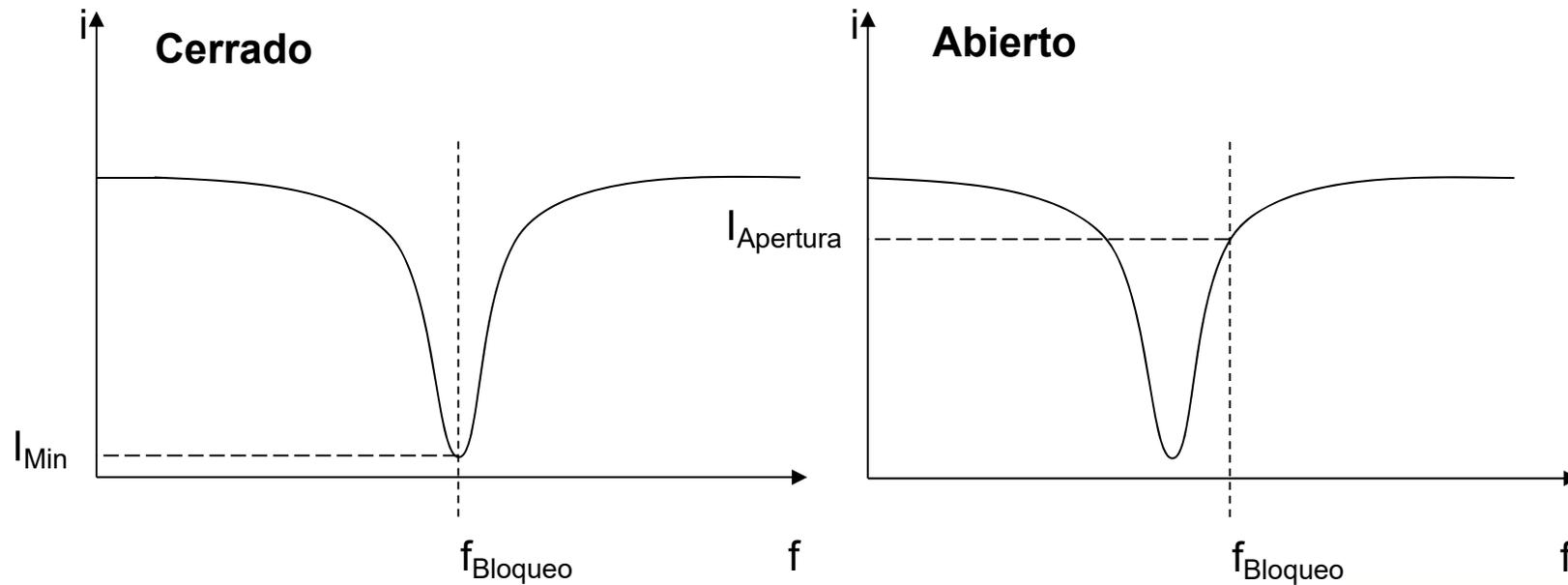
La solución DCM toma ventaja.....

- de la resonancia eléctrica de los componentes discretos incluidos en un modelo de configuración de pruebas de interruptores con ambos extremos puestos a tierra
- de el hecho de que al operar el interruptor cambiará las condiciones de resonancia y por lo tanto cambiará drásticamente la corriente de prueba



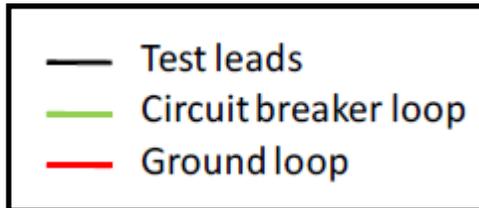
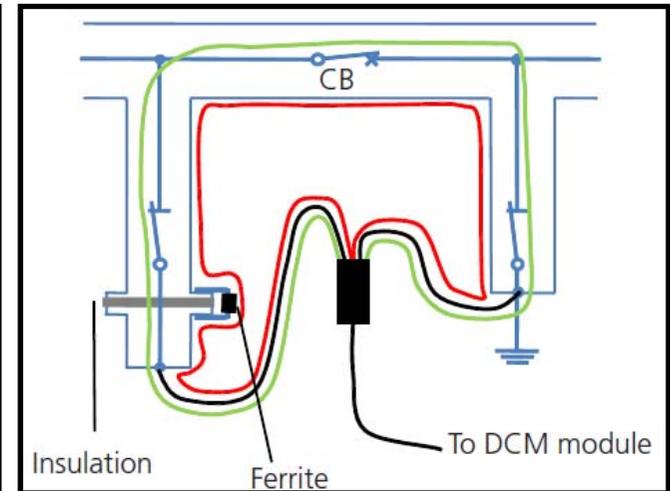
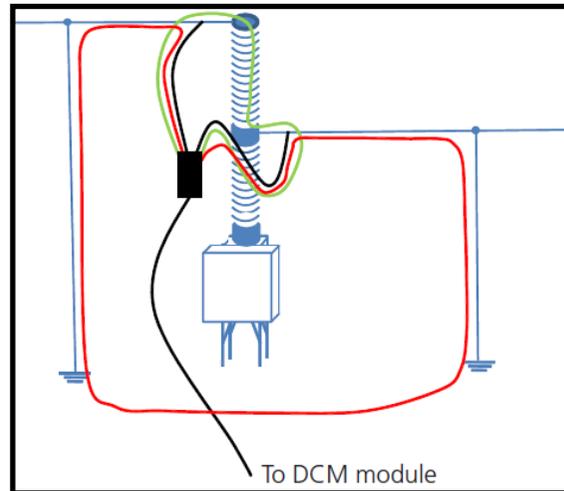
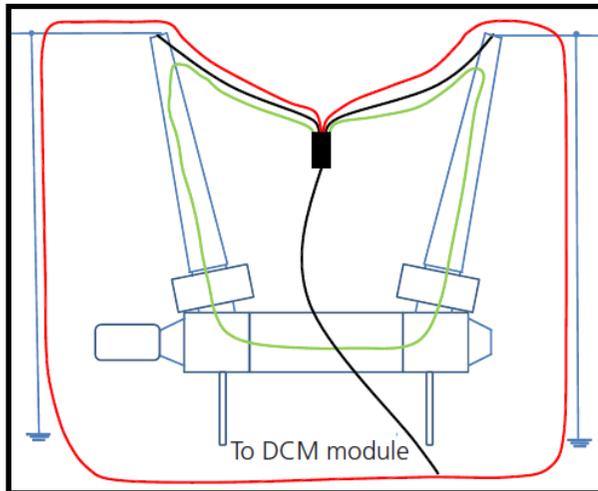
Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

- Corriente como función de la frecuencia



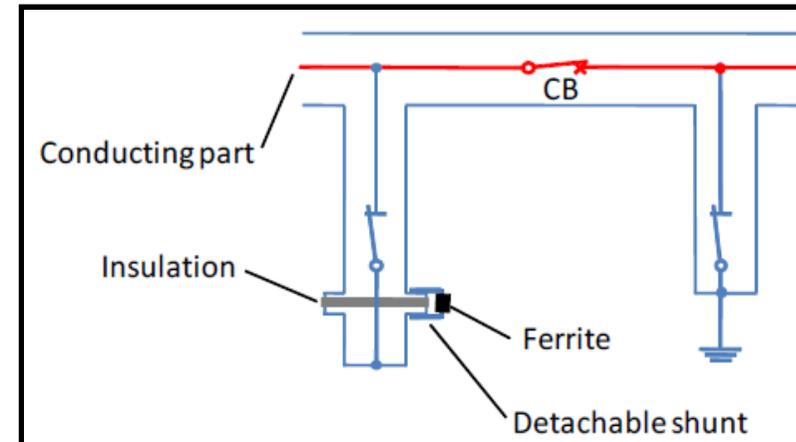
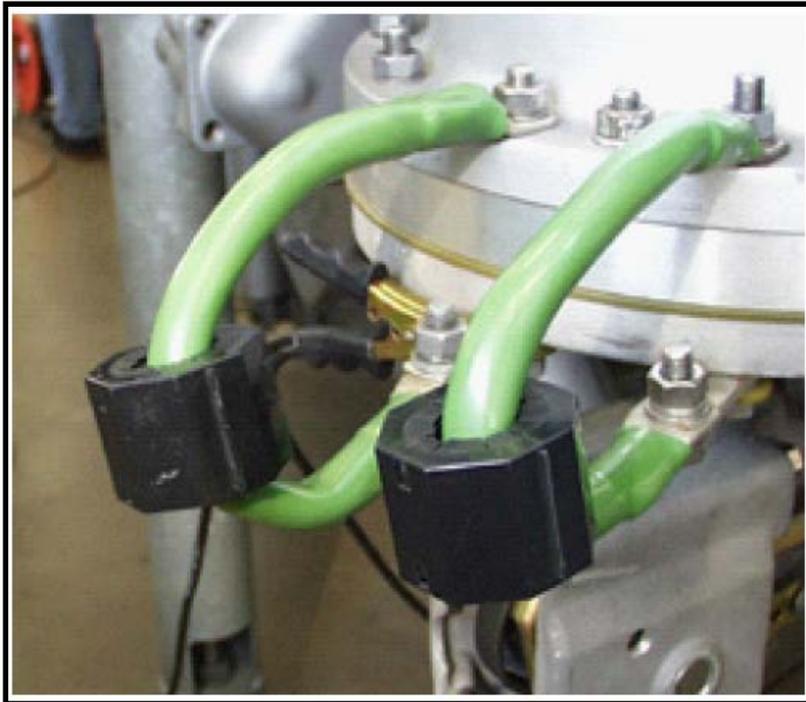
Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

■ Bucles de tierra y del interruptor



Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

■ Ferritas (GIS)

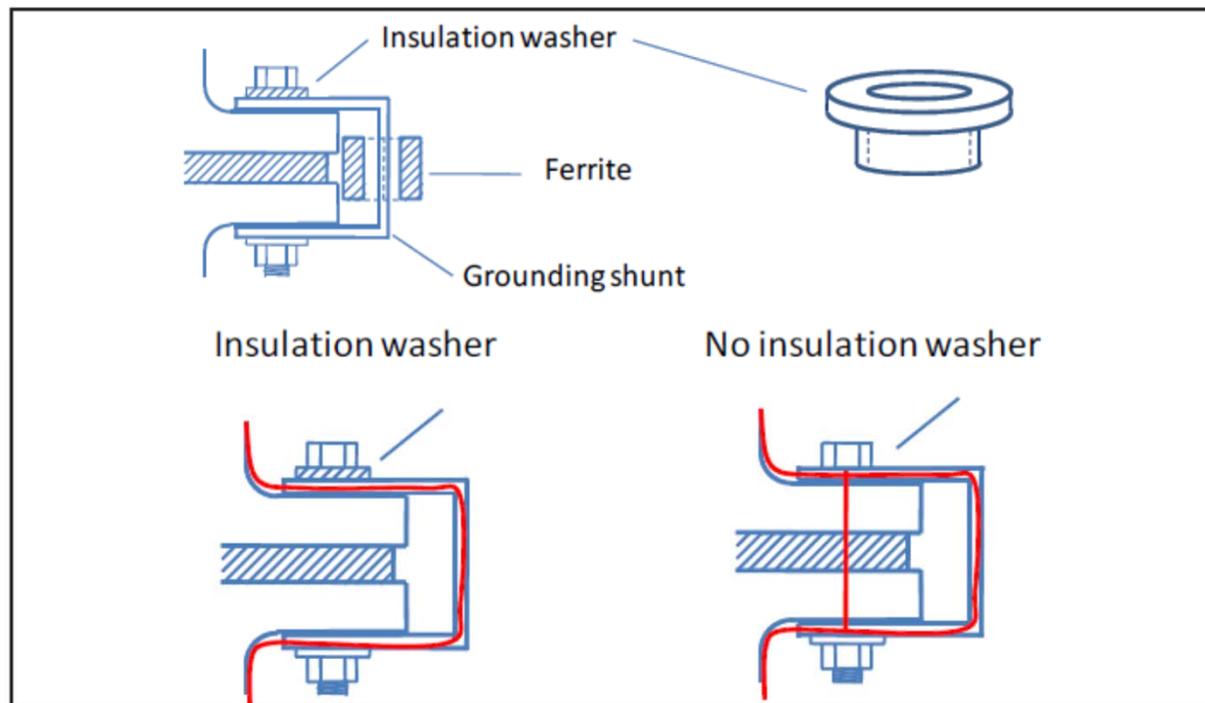


La seguridad se mantiene ya que el “shunt” no tiene que ser desmontado

Esto no es possible con el Método DRM

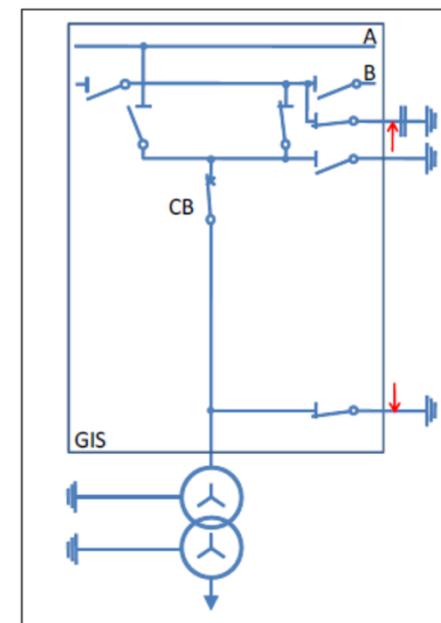
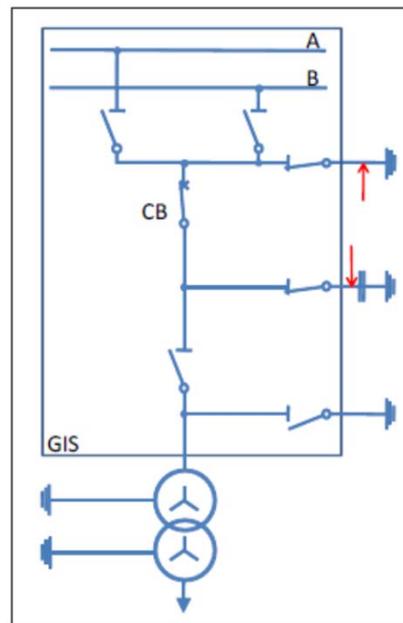
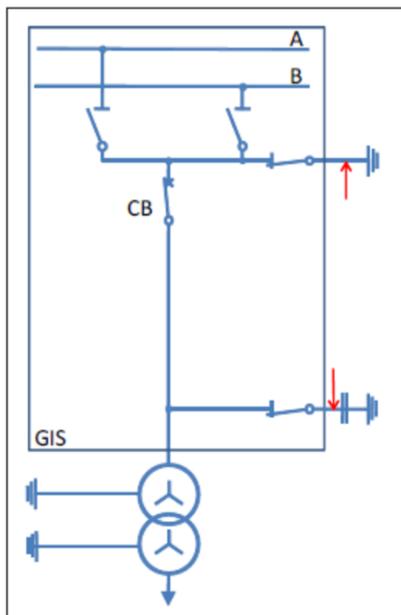
Mediciones de tiempo - Tecnología DCM

■ Ferritas (GIS)



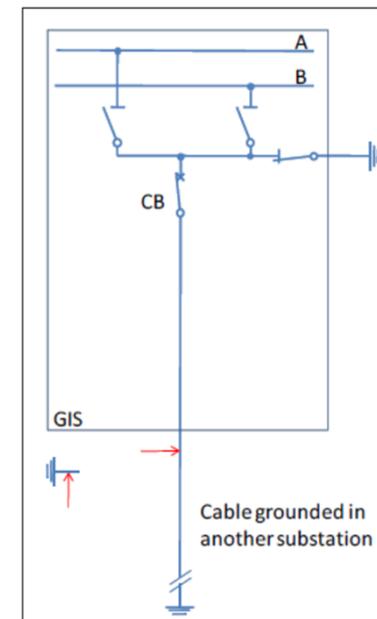
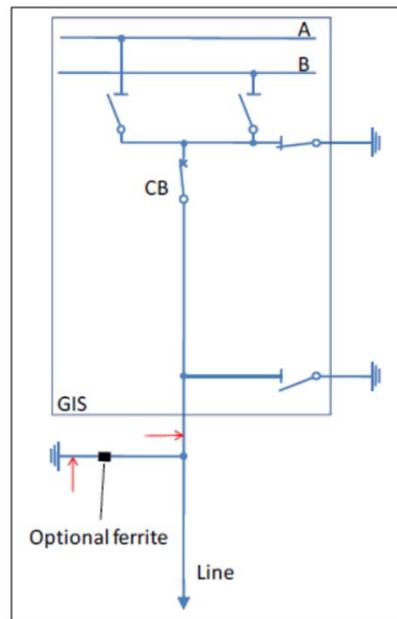
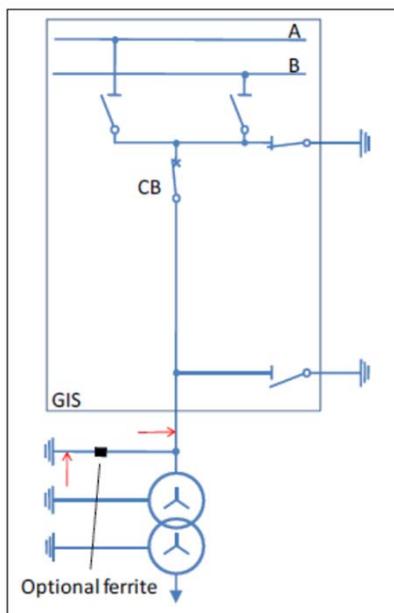
Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

■ Aplicaciones (GIS)



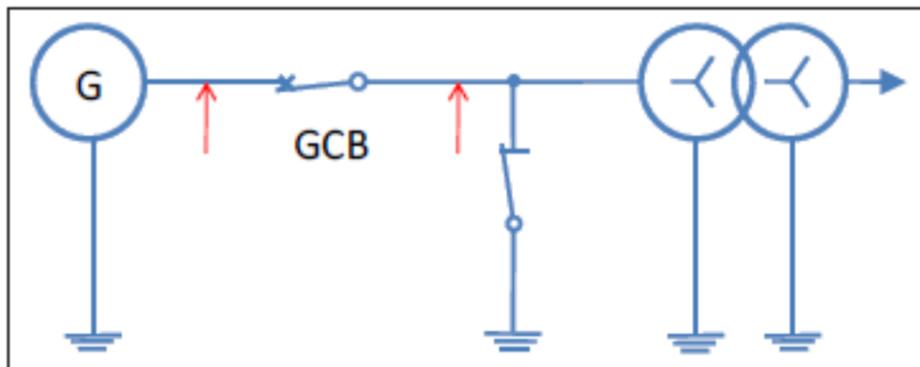
Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

■ Aplicaciones (GIS)



Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

- Aplicaciones (GCB)





Mediciones de tiempo – Tecnología DCM

■ Resumen - DCM

- El único método confiable que captura el cierre y la apertura de los contactos de arco (IEC/IEEE)
- No es susceptible a corrientes de acople capacitivo e inductivo, debido al filtro pasa alto
- Los valores de resistencia del bucle de tierra y los contactos de arco ó su relación entre ellos no afecta los resultados de tiempo
- Método confiable para medir tiempos de operación en interruptores GIS con ambos extremos puestos a tierra
- No es necesario ajustar umbrales
- Solución de poco peso, debido a corriente de prueba baja
- Permite medir tiempos en GCB, sin realizar desconexiones



DRM vs DCM

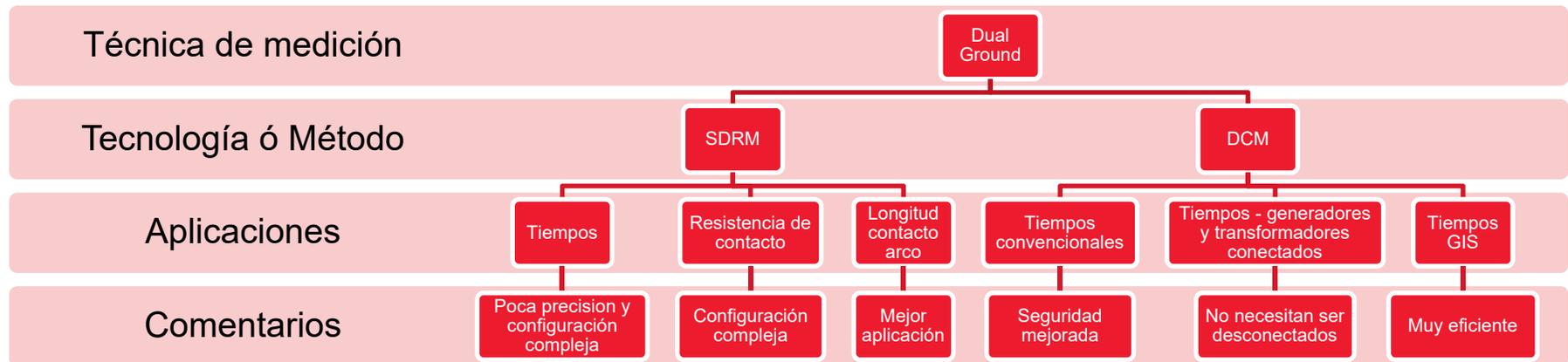
Megger[®]
Power on

DRM vs DCM

- Mediciones de Resistencia Dinámica (DRM)
 - Comercializado por Megger en 1992
 - Principal función analizar contactos de arco
 - Puede ser utilizado para pruebas de tiempo, con ambos extremos puestos a tierra (con limitaciones)
- Mediciones de Capacitancia Dinámica (DCM)
 - Patentado por Megger en 2006
 - Únicamente para pruebas de tiempo
 - Funciona en interruptores AIS y GIS
 - Solución más simple



Resumen - Dual Ground





Power on para Megger es más que una frase; es nuestro orgullo y pasión en la fabricación de innovadores instrumentos y sistemas de pruebas eléctricas para todas las necesidades del sector energético mundial.

En Megger ponemos a su disposición más de 100 años de experiencia en pruebas eléctricas de aceptación, comisionamiento, y mantenimiento predictivo para el diagnóstico o ensayos de rutina en diversas disciplinas. Nuestros instrumentos son diseñados con el claro objetivo de garantizar la seguridad del usuario y la entidad probada, alta eficiencia minimizando el tiempo e inversión de recursos en tal procedimiento, manteniendo a la vez una alta confianza en los resultados obtenidos.

Entendemos que la confiabilidad del sistema eléctrico es esencial para el desempeño óptimo de su empresa, y es por tal razón que aparte de ofrecer equipos fabricados con la última tecnología; nuestro mejor recurso es nuestra familia de ingenieros y especialistas disponibles cerca de usted para asistirle al más alto nivel de calidad, y soporte técnico entendiendo sus necesidades.

Trabajando en conjunto, Megger y usted, compañías eléctricas, organismos de normalización, e instituciones de investigación y desarrollo técnicos, contribuimos a la confiabilidad y progreso continuo de la industria.

Megger[®]

Power on