



**Applus** 

*Together* beyond  
standards

# INTERRUPTORES DE POTENCIA

## CONCEPTOS DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE DIAGNOSTICO EN CAMPO

- Ing. Jaime Salas Reyes
- Mantenimiento Predictivo
- E-mail: [jaime.salas@applus.com](mailto:jaime.salas@applus.com)
- Applus Norcontrol - Colombia
- Barranquilla, Colombia

Ing. Geovanni Santiago G.  
Mantenimiento Predictivo  
E-mail: [gsantiago@applus.com](mailto:gsantiago@applus.com)  
Applus Norcontrol - Colombia  
Barranquilla, Colombia

CAPACITACIÓN AL PERSONAL OPERATIVO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO,  
SUBESTACIONES, CONTROL, PROTECCIÓN E INDUSTRIA APPLUS  
NORCONTROL – BARRANQUILLA – 27 JULIO DE 2019

# Introducción

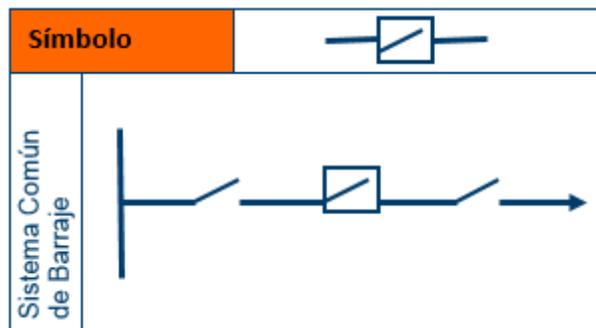
- Introducción.
- Fundamentos básicos.
- Pruebas de rutina en campo.
- Conclusiones



- **FUNDAMENTOS BASICOS**

### ¿Qué es un Interruptor?

“Dispositivo de maniobra capaz de interrumpir, establecer y llevar las corrientes normales del circuito y las anormales o de corto circuito durante un tiempo específico. Desconecta automáticamente cualquier parte del sistema donde haya ocurrido una falla.” (IEEE Std. C37.100 1992)



[1] IEEE C37.100-1992 – IEEE Standard Definitions for Power Switchgear.

## Clasificación principal de Interruptores

- ❖ Nivel de Tensión.
- ❖ Sitio de Instalación.
- ✓ Diseño externo.
- ✓ Mecanismo de operación.
- ✓ Medio de Extinción.



[2].Subestaciones de Alta y Extra Alta Tension, Mejia Villegas S.A., Segunda Edicion.

## Según el diseño externo

**Interruptor de tanque vivo**



**Interruptor de tanque muerto**

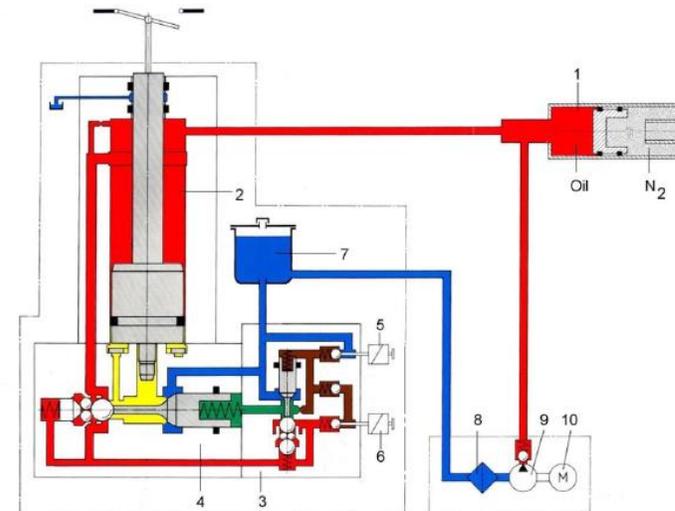


# Mecanismos de operación

## Resortes o muelle



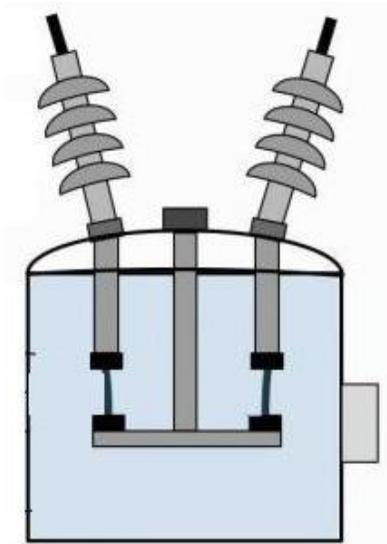
## Hidráulico



[3] Seminario de pruebas no invasivas a Interruptores de Potencia en SF6, Alexander Herrera, OMICRON electronics Deutschland, 2017.

## Según el medio de extinción

### Interruptores en aceite



### Interruptores en vacío



## Según el medio de extinción

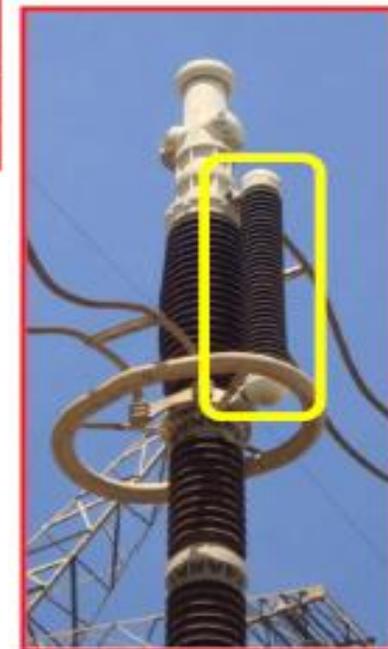
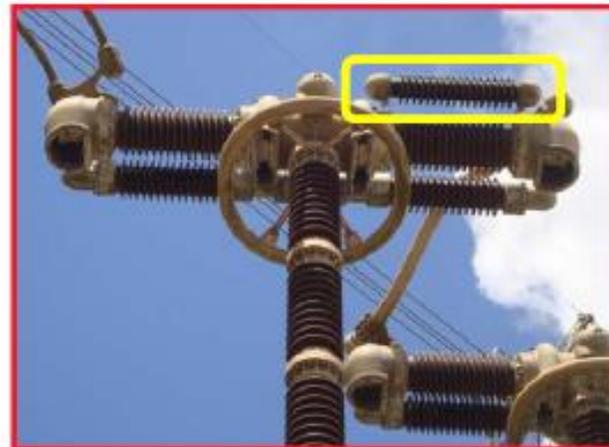
### Interruptores en SF6



## Accesorios principales

### Condensadores equipotenciales

Permiten una mejor distribución de tensiones entre los contactos en serie en las cámaras de extinción de arco. Su uso puede garantizar desviaciones máximas entre el 4% y 5%.

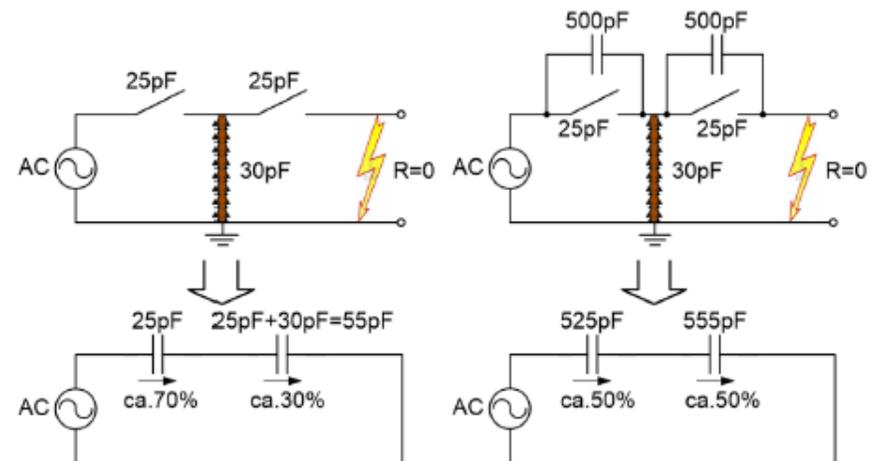
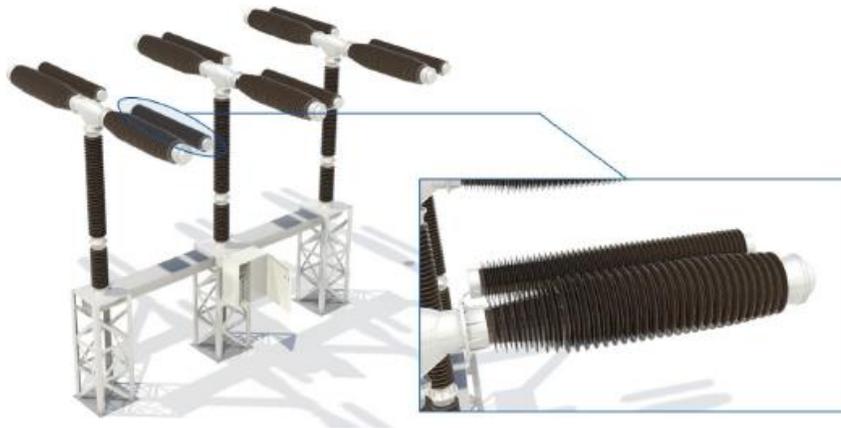


[2] Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión, Mejía Villegas S.A., Segunda Edición.

[4] Seminario Megger, Fundamentos Básicos de Interruptores, Raidel Coa, 2019.

# Accesorios principales

## Condensadores equipotenciales: Ejemplo

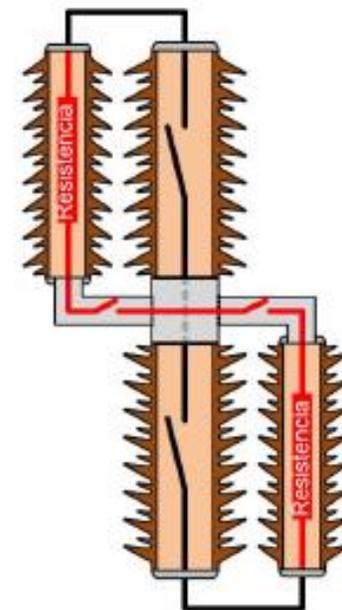


[3]. Seminario de pruebas no invasivas a Interruptores de Potencia en SF6, Alexander Herrera, OMICRON electronics Deutschland, 2017.

## Accesorios principales

### Resistencias de apertura y cierre (Resistencias de preinserción)

Anteriormente utilizadas para maniobras de banco de condensadores y reactores. Hoy en día son instaladas en los interruptores para reducir las sobretensiones producidas por la energización de líneas en vacío. Su uso es común en sistemas >500 kV.



[2] Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión, Mejía Villegas S.A., Segunda Edición.

[3]. Seminario de pruebas no invasivas a Interruptores de Potencia en SF6, Alexander Herrera, OMICRON electronics Deutschland, 2017.

[5] Jornada técnica ABB, Interruptores de Alta Tensión: Nuevas Tecnologías para el Desarrollo sostenible, Lima, Perú, 2015.

## Características principales de los interruptores

- ❖ Corriente asignada en servicio continuo (A).
- ❖ Frecuencia asignada (Hz).
- ❖ Duración asignada del cortocircuito (s).
- ❖ Corriente de corta duración admisible asignada (KA).
- ❖ Valor de cresta de la corriente admisible asignada (KA pico).
- ❖ Elevación de temperatura (°C).
- ❖ Tensión asignada (KV).
- ❖ Tensión soportada asignada al impulso tipo rayo (KV pico).

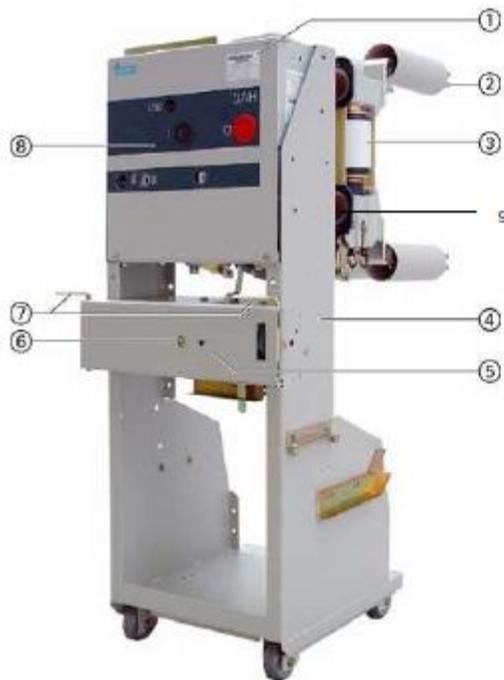
ABB		Contiene gases fluorados
Interruptor tipo	LTB 145D1/B	
Número	1HSB01815004	
Contrato	KD8000043/1	
Tensión	145 kV	
Nivel de aislamiento a altitud al impulso tipo rayo (LIWL) al impulso de maniobra (SIWL) a frecuencia industrial	< 1000 m	
Frecuencia	60 Hz	
Corriente nominal	3150 A	
Corriente de cortocircuito	40 kA	
Componente de c.c.	53 %	
Factor de primer polo	1.5	
Poder de cierre de c.c.	104 kA	
Corriente de corta duración	3 s	40 kA
Corriente de interrupción de líneas en vacío	50 A	
Clasificación	M2	

## Características principales de los interruptores

- ❖ Tensión soportada asignada al impulso de tipo maniobra (KV pico).
- ❖ Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (KV).
- ❖ Línea de fuga (mm).
- ❖ Tensión asignada de alimentación de los dispositivos de apertura de cierre se los circuitos auxiliares.
- ❖ Presión asignada del gas comprimido para operación e interrupción.
- ❖ Secuencia de maniobra.

Mecanismo de operación tipo	BLK 227
Número	LHSR01815004-A1
Año de fabricación	2018
Norma	IEC 62271-100
A tierra	A través de contactos abiertos
650 kV	650 kV
- kV	- kV
275 kV	275 kV
Máx. de operación	0.80 MPa (gauge)
Presión de gas (+20°C)	
Llenado	0.70 SF6 MPa (abs)
Alarma	0.62 MPa (abs)
Bloqueo	0.60 MPa (abs)
Volumen por polo	59 l
Masa de gas	205 toneladas CO <sub>2</sub> 9 kg
Masa total	1362 kg
Secuencia de operación	O-0.3s-CO-3min-CO
Clase de temperatura	-25 °C

## Descripción interruptor de potencia - vacío



1. Interruptor de potencia.
2. Polo con contacto.
3. Tubo de maniobra al vacío.
4. Carro.
5. Enclavamiento mecánico para el mando del carro del aparato de maniobra.
6. Mando para desplazar el carro del aparato de maniobra.
7. Palanca de bloqueo para enclavar el carro en la celda.
8. Placa frontal del interruptor de potencia 3AH5
9. Soportes aisladores. Aislamientos en general.

## Fallas comunes en interruptores

### ❖ Encuesta de Interruptores Cigre 2005

Fallas en componentes	
Mecanismo de operación	70%
Interruptores	14%
Aislamiento	6%
Bastidor/base	5%
Otros	5%



[6] Guía de pruebas de Interruptores, Megger.

# • PRUEBAS EN CAMPO

## Pruebas en interruptores

### DESEMPEÑO

Verificar que el prototipo interrumpa las corrientes, para lo cual el fabricante lo diseñó.

### TIPO

Verificar que el interruptor sea capaz de manejar los esfuerzos a los cuales estará expuesto. Al mismo tiempo ésta prueba es una verificación oficial de los rangos nominales del equipo.

### RUTINA

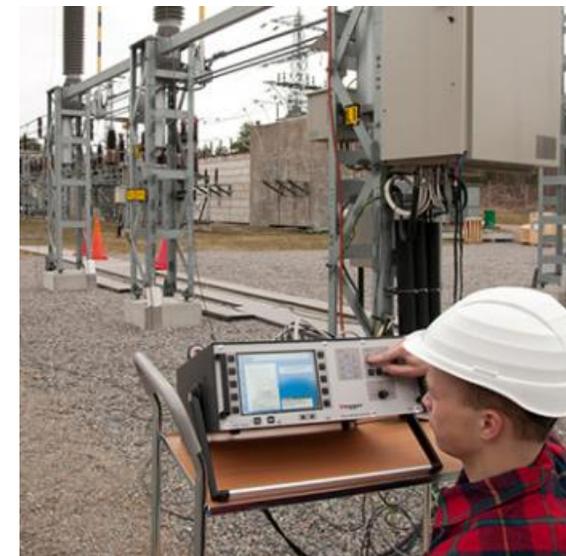
Indagar sobre posibles fallas en los materiales ó en la construcción del equipo. A diferencia de las pruebas tipo, se aplican a cada interruptor fabricado.

### ACEPTACIÓN

Verificar que el interruptor no haya sufrido daños durante su transporte, además permiten determinar la condición real de éstos equipos antes de que entren en servicio, para establecer un punto de referencia (en sitio).

### MANTENIMIENTO

Monitorear cada cierto tiempo el estado de los equipos. Estos ensayos permiten evaluar la condición de los mismos y detectar posibles fallas incipientes (desviaciones) que puedan afectar el correcto funcionamiento de los mismos.



# Pruebas de Tiempos

- ❖ Tiempos de apertura
- ❖ Tiempos de cierre
- ❖ Tiempos de apertura-cierre
- ❖ Tiempos de cierre-apertura
- ❖ Tiempos de apertura-cierre-apertura

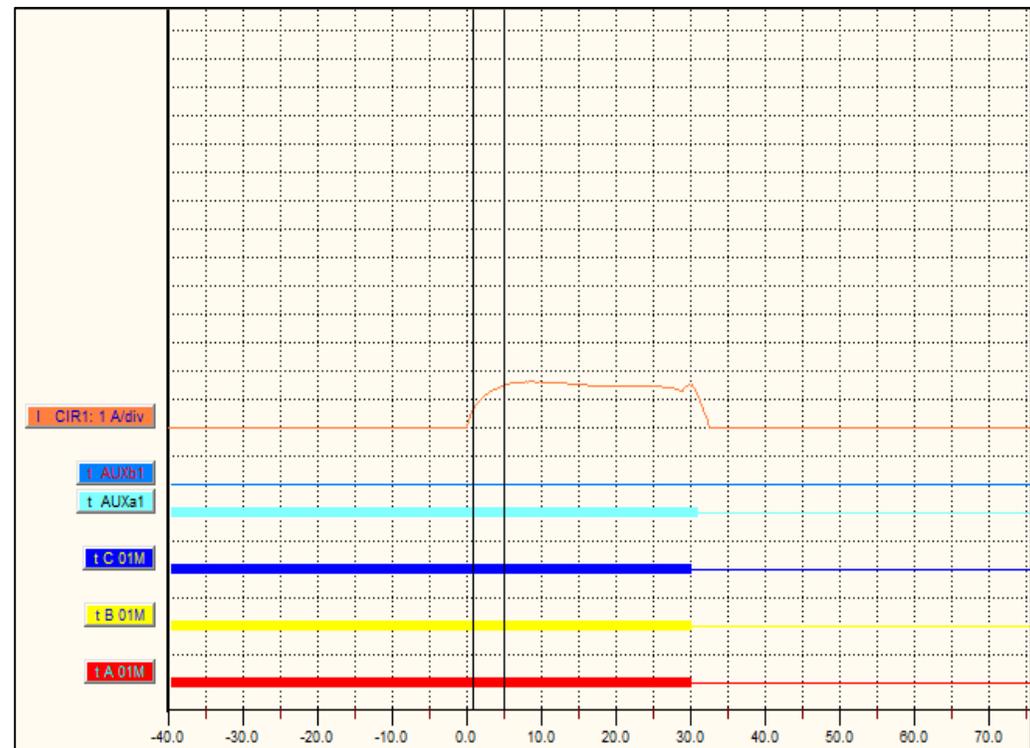


## Tiempos de Apertura

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.

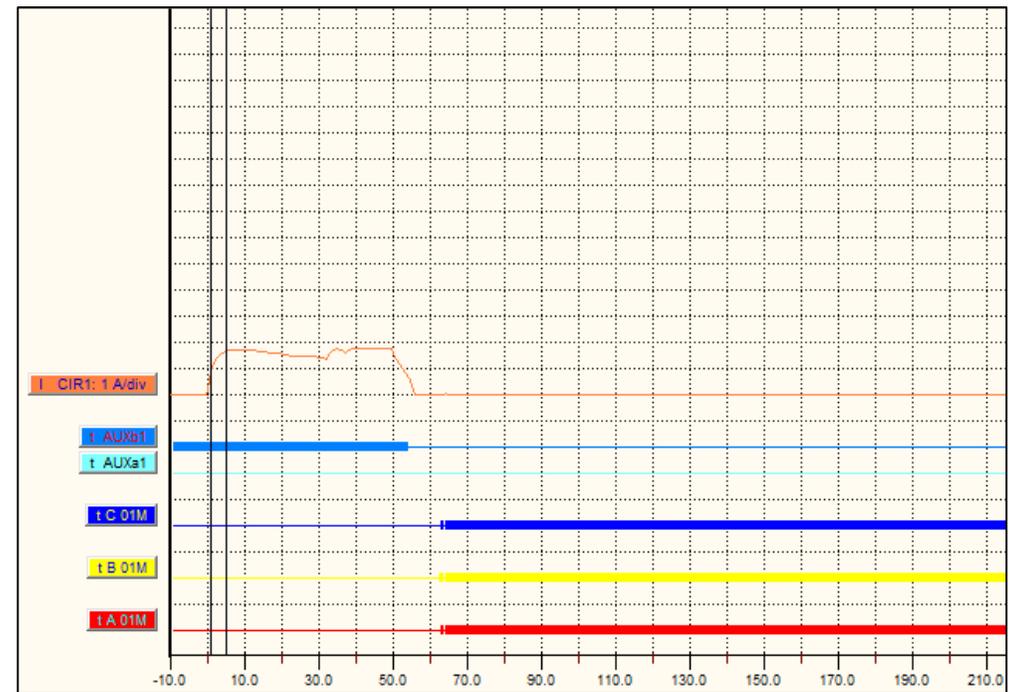
Interruptores en SF6 -> 25ms

Interruptores media tensión -> 40-60 ms



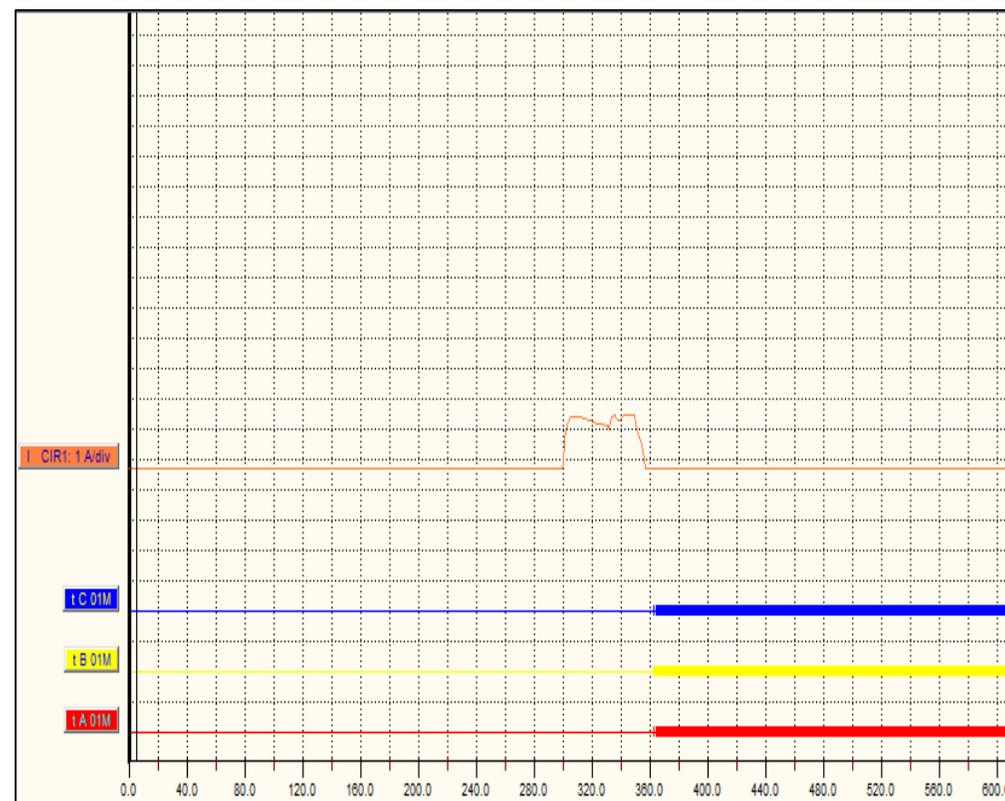
## Tiempos de Cierre

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 polos.



## Tiempos de Apertura - Cierre

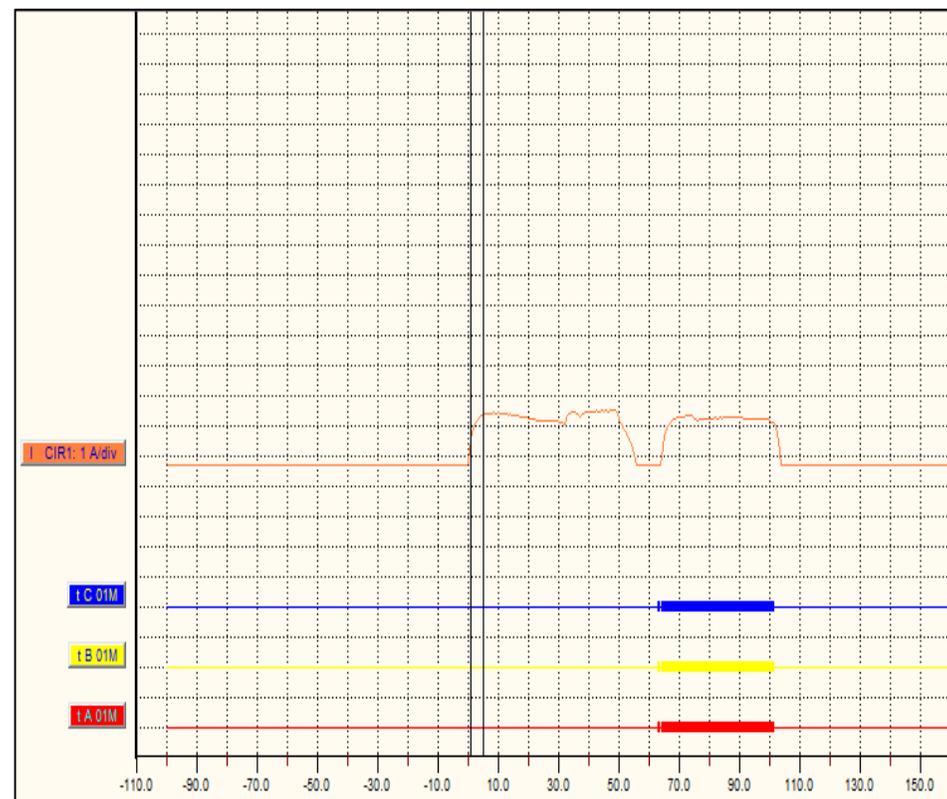
Intervalo entre el instante de separación de los contactos en todos los polos y el instante cuando los contactos se tocan en el primer polo en la siguiente operación de cierre.



[7] IEC 62271-100.

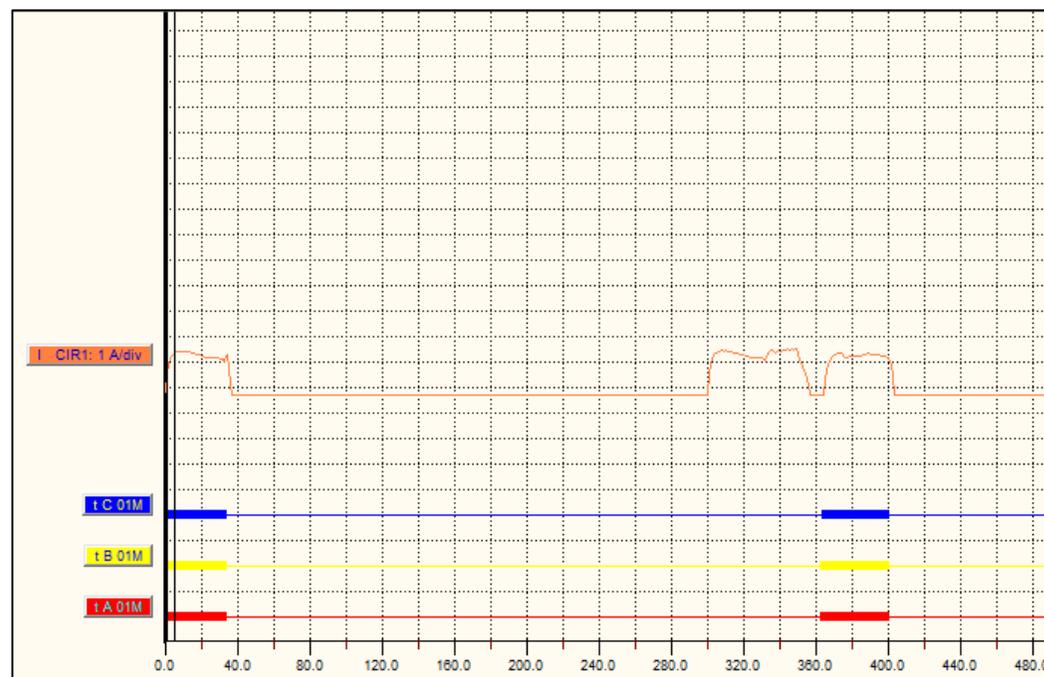
## Tiempos de Cierre - Apertura

Intervalo entre el instante de contacto del primer polo durante una operación de cierre y el instante cuando los contactos se han separado en todos los polos, en la siguiente operación de apertura.



## Tiempos de Apertura - Cierre – apertura

Intervalo entre el instante de separación de los contactos en todos los polos, el instante cuando los contactos se tocan en el primer polo en la siguiente operación de cierre y el instante de separación nuevamente de los contactos en todos los polos.



[7] IEC 62271-100.

## Criterios de simultaneidad

Es importante la simultaneidad en una misma fase en situaciones en las que una cantidad de contactos se conectan en serie. En este caso, el interruptor se convierte en un divisor de voltaje cuando se abre un circuito. Si la diferencia de tiempos es muy grande, el voltaje se hace muy alto sobre un contacto, y la tolerancia para la mayoría de los tipos de interruptores es de menos que 2 ms.



[4] Seminario Megger, Fundamentos Básicos de Interruptores, Raidel Coa, 2019.

[6] Guía de pruebas de Interruptores, Megger.

[7] IEC 62271-100.

## Criterios de simultaneidad

- ❖ Sincronización de polos (fase contra fase)
  - $<1/4$  de ciclo@operación de cierre
  - $<1/6$  de ciclo@operación de apertura
  
- ❖ Sincronización de cámaras en fase
  - $<1/6$  de ciclo@operación de cierre
  - $<1/8$  de ciclo@operación de apertura



[4] Seminario Megger, Fundamentos Básicos de Interruptores, Raidel Coa, 2019.

[6] Guía de pruebas de Interruptores, Megger.

[7] IEC 62271-100.

## Análisis de resultados de Tiempos

Mediciones de temporización				
Hora de cierre	Hora de apertura	Amortiguamiento Tiempo	Carga Motor	Causa posible de condición de falla
Más rápido/ más lento	Normal	Normal	Normal	Cambio en la característica del sistema de cierre. Sistema de enganche está reteniendo.
Más rápido	Normal	Normal	Normal	Sistema de carga del resorte utilizado para cerrar es defectuoso.
más lento	Normal	Normal	Normal	
Normal	Más lento	Normal	Normal	Cambio en la característica del sistema de cierre. Sistema de enganche está reteniendo.
Más rápido	Más lento	Normal/más lento	Normal/más lento	Fuerza reducida ejercida por resortes de apertura. Uno de los resortes de apertura está roto.
Más lento	Más lento	Normal/más lento	Normal/más lento	Mayor fricción en todo el interruptor causada por (por ejemplo) corrosión en el sistema de enlace.
Normal	Más rápido	Normal	Normal	Mal funcionamiento del sistema soplador o presión de SF6 extremadamente baja.
Normal	Normal	Más rápido	Más rápido	Amortiguador de apertura dañado, no hay suficiente aceite en el amortiguador hidráulico.
Normal	Normal	Más lento	Más lento	Amortiguador de apertura dañado, mayor fricción en el amortiguador hidráulico.

## Prueba de resistencia de contacto estática (SRM)

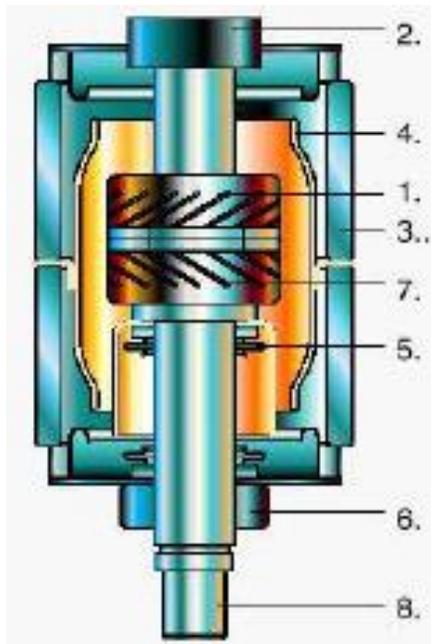
**Contacto principal:** es el elemento que conduce la corriente entre la parte estacionaria y la móvil del interruptor, y de esta manera, una gran superficie con muy baja resistencia (menor de  $100 \mu\Omega$ ).



[6] Guía de pruebas de Interruptores, Megger.

[8] Pruebas a equipos de patio: Interruptores y Seccionadores, SIEMENS POWER ACADEMY, Javier Agudelo, 2018.

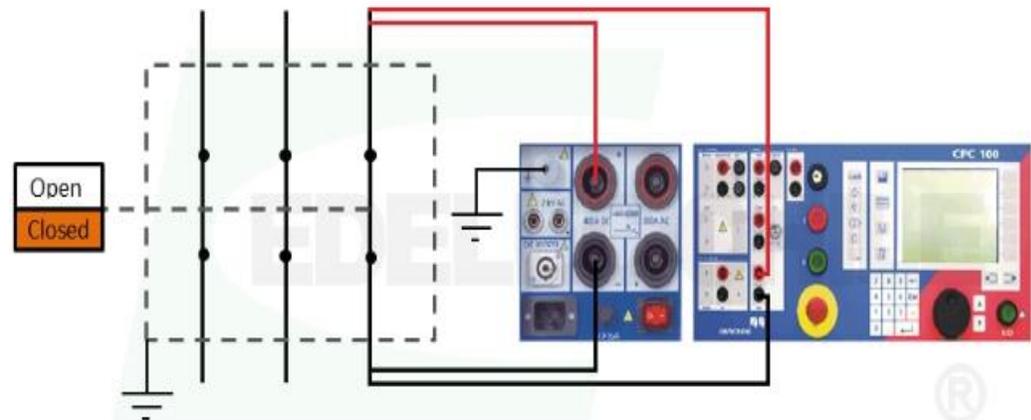
## Prueba de resistencia de contacto estática (SRM)



1. Contacto fijo.
2. Soporte contacto fijo.
3. Cubierta aislante.
4. Cámara de arco.
5. Tope metálico.
6. Guía contacto Mobil.
7. Contacto móvil.
8. Bastago movil.

## Prueba de resistencia de contacto estática (SRM)

La prueba se realiza inyectando corriente CC por el sistema de contactos principales del interruptor cuando el interruptor esta cerrado. La medición de la caída de voltaje permite calcular la resistencia. El valor de la resistencia del contacto principal refleja el estado de las partes conductoras.



[6] Guía de pruebas de Interruptores, Megger.

[7] IEC 62271-100.

## Prueba de resistencia de contacto estática (SRM)

- ❖ IEC 56: 50 A y la corriente nominal del interruptor.
- ❖ ANSI C37.09: Corriente mínima prueba de 100A.
- **Contactos en mal estado:** incremento aproximado del 200% de resistencia respecto a los valores de fábrica (ANSI C37.09).

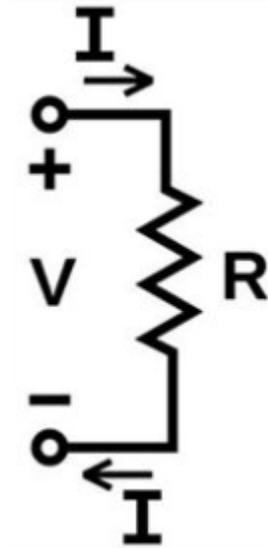


[6] Guía de pruebas de Interruptores, Megger.

[7] IEC 62271-100.

## Prueba de resistencia de aislamiento

La medición de la resistencia se basa en la ley de Ohm. Consiste en aplicar voltaje (500–15.000V CC) al interruptor para determinar el valor en megaohm de resistencia. Esta prueba no indica la calidad del aislamiento primario. Tiene como objetivo verificar las condiciones de aislamiento en cada una de las secciones (Cámara – Aislador) del interruptor bajo prueba.

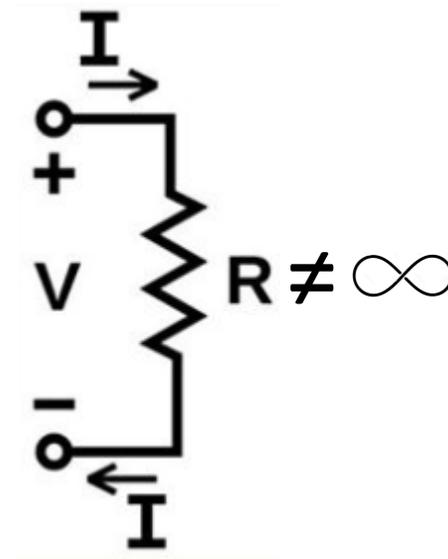


[8] Pruebas a equipos de patio: Interruptores y Seccionadores, SIEMENS POWER ACADEMY, Javier Agudelo, 2018.

[9] Electrical Power Equipment Maintenance And Testing, Segunda Edición, Paul Gill.

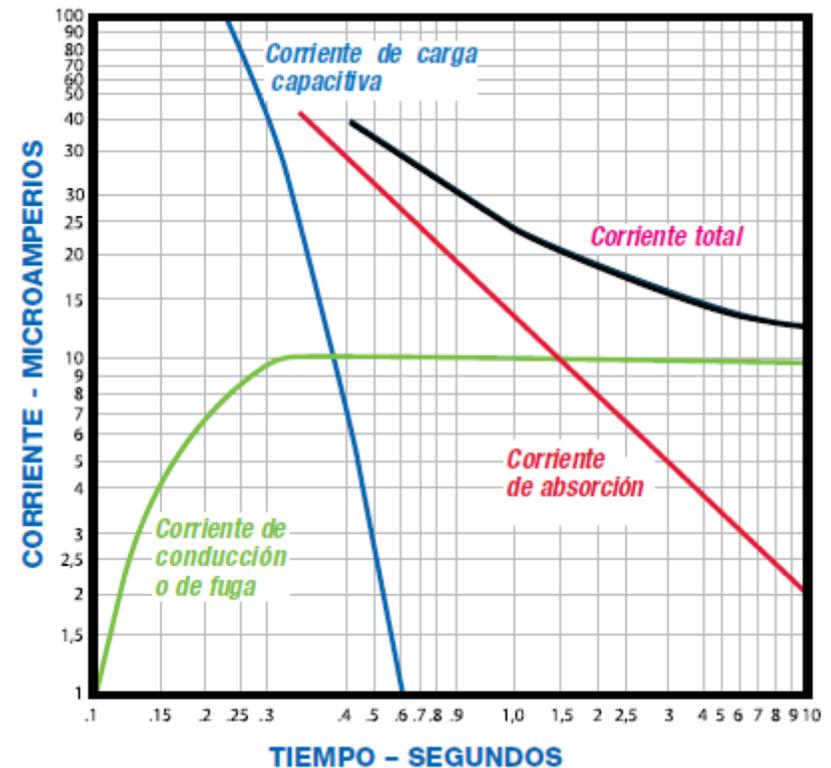
## Prueba de resistencia de aislamiento

Por principio, la resistencia del aislamiento presenta un valor muy elevado pero no infinito, por lo tanto, mediante la medición de la débil corriente en circulación el megaóhmetro indica el valor de la resistencia del aislamiento con un resultado en  $k\Omega$ ,  $M\Omega$ ,  $G\Omega$ , incluso en  $T\Omega$  en algunos modelos.



# Prueba de resistencia de aislamiento

- ❖ La corriente total que circula en el cuerpo del aislante es la suma de tres componentes:
1. Corriente de carga capacitiva.
  2. Corriente de absorción.
  3. Corriente de fuga o corriente de conducción.



# Prueba de resistencia de aislamiento

## ❖ Causas de la degradación del aislamiento:

- Fatiga Eléctrica.
- Fatiga Mecánica.
- Ataque Químico.
- Fatiga Térmica.
- Contaminación Ambiental.



[8] Pruebas a equipos de patio: Interruptores y Seccionadores, SIEMENS POWER ACADEMY, Javier Agudelo, 2018.

[9] Electrical Power Equipment Maintenance And Testing, Segunda Edición, Paul Gill.

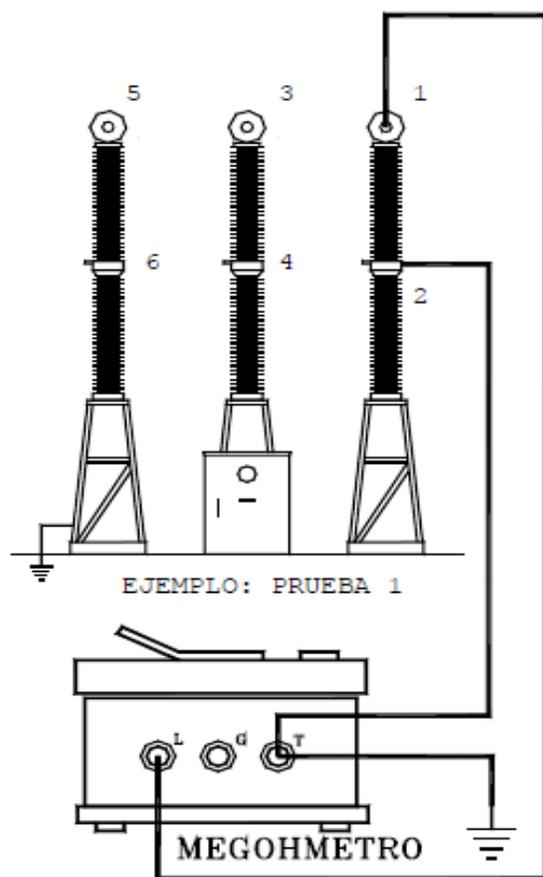
# Prueba de resistencia de aislamiento

## ❖ Pruebas de aislamiento DC:

- ✓ Pruebas puntuales de tendencia.
  - Constante de tiempo.
  - Índice de polarización (IP).
  - Escalón de voltaje (SV).
  - Prueba de rampa.
  - Descarga dieléctrica (DD).



# Prueba de resistencia de aislamiento

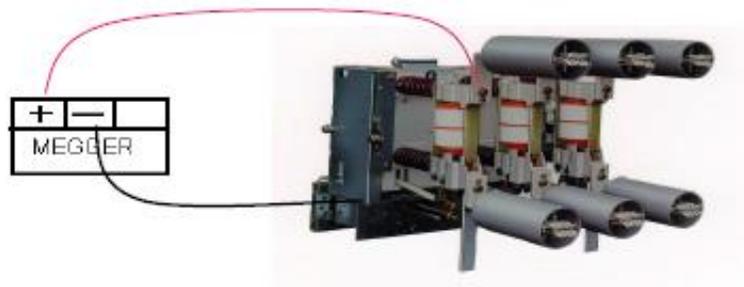


	PRUEBA	CONEXIONES			MIDE
		L	G	T	
1	1	1	-	2	S. SUPERIOR
	2	1	-	E	POLO COMPLETO
	3	2	-	E	S. INFERIOR
2	4	3	-	4	S. SUPERIOR
	5	3	-	E	POLO COMPLETO
	6	4	-	E	S. INFERIOR
3	7	5	-	6	S. SUPERIOR
	8	5	-	E	POLO COMPLETO
	9	6	-	E	S. INFERIOR

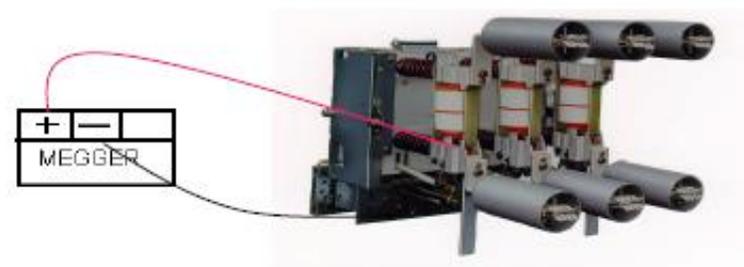
NOTA:

LAS PRUEBAS SE REALIZAN CON INTERRUPTOR EN POSICION DE ABIERTO.

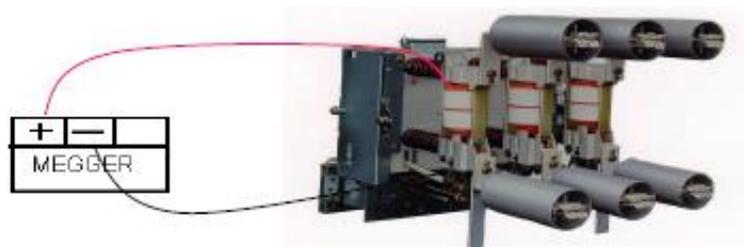
# Prueba de resistencia de aislamiento



Interruptor abierto  
C. FIJO-TIERRA



Interruptor abierto  
MÓVIL-TIERRA

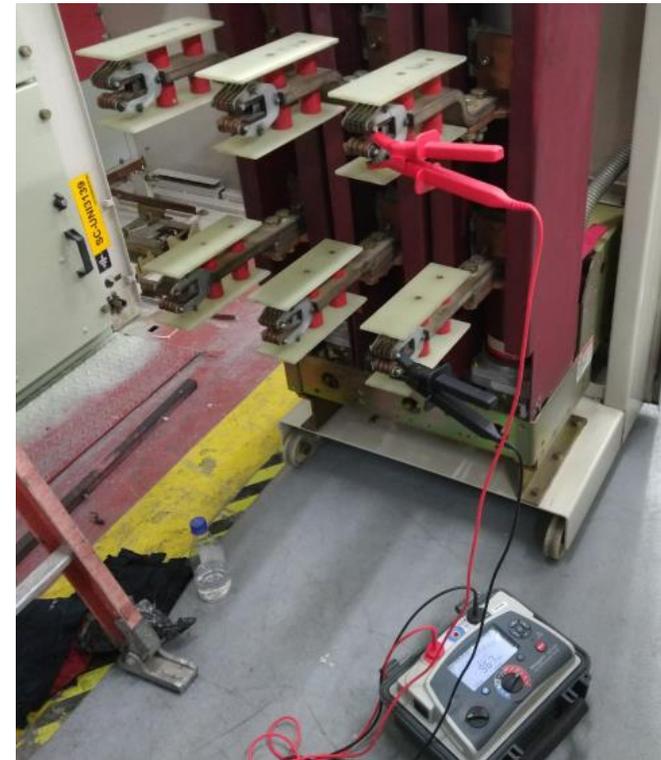


Interruptor abierto  
C. FIJO-MÓVIL

[8] Pruebas a equipos de patio: Interruptores y Seccionadores, SIEMENS POWER ACADEMY, Javier Agudelo, 2018

# Prueba de resistencia de aislamiento

- ❖ Recomendaciones para realizar la prueba:
  - ✓ Limpiar la porcelana de los aisladores, quitando polvo, humedad o agentes contaminantes.
  - ✓ Conecte al tanque o estructura la terminal de tierra del medidor de resistencia.
  - ✓ Efectuar la prueba cuando la humedad relativa del medio sea menor del 75%.
  - ✓ Evitar que los rayos solares incidan directamente en la carátula de equipo de prueba a fin de evitar daños en la pantalla.



# Prueba de resistencia de aislamiento

## ❖ Valores mínimos recomendados:

Nominal Rating of Equipment in Volts	Minimum Test Voltage, DC	Recommended Minimum Insulation Resistance in Megohms
250	500	25
600	1,000	100
1,000	1,000	100
2,500	1,000	500
5,000	2,500	1,500
8,000	2,500	2,500
15,000	2,500	5,000
25,000	5,000	10,000
34,500	5,000	100,000
46,000 and above	5,000	100,000

[12] STANDARD FOR ACCEPTANCE TESTING SPECIFICATIONS FOR ELECTRICAL POWER EQUIPMENT AND SYSTEMS, 2013

# Prueba de resistencia de aislamiento

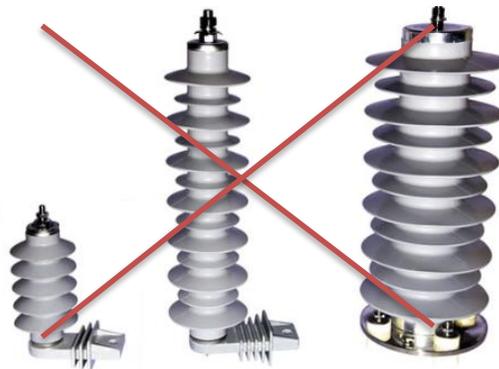
**Table 100.14.1  
Test Temperatures to 20° C**

Temperature		Multiplier	
° C	° F	Apparatus Containing Immersed Oil Insulation	Apparatus Containing Solid Insulation Other Than Rotating Machinery
-10	14	0.125	0.25
-5	23	0.180	0.32
0	32	0.25	0.40
5	41	0.36	0.50
10	50	0.50	0.63
15	59	0.75	0.81
20	68	1.00	1.00
25	77	1.40	1.25
30	86	1.98	1.58
35	95	2.80	2.00
40	104	3.95	2.50
45	113	5.60	3.15
50	122	7.85	3.98
55	131	11.20	5.00
60	140	15.85	6.30
65	149	22.40	7.90
70	158	31.75	10.00
75	167	44.70	12.60
80	176	63.50	15.80
85	185	89.789	20.00
90	194	127.00	25.20
95	203	180.00	31.60
100	212	254.00	40.00
105	221	359.15	50.40
110	230	509.00	63.20

[11] Manual de procedimientos de pruebas de campo para equipo primario de subestaciones electricas, CFE, 2013.

## Prueba de resistencia de aislamiento

Al realizar pruebas de aislamiento, se recomienda que los equipos auxiliares, como los transformadores de potencial y los descargadores de sobretensión estén aislados del interruptor.



## Prueba Factor de Potencia

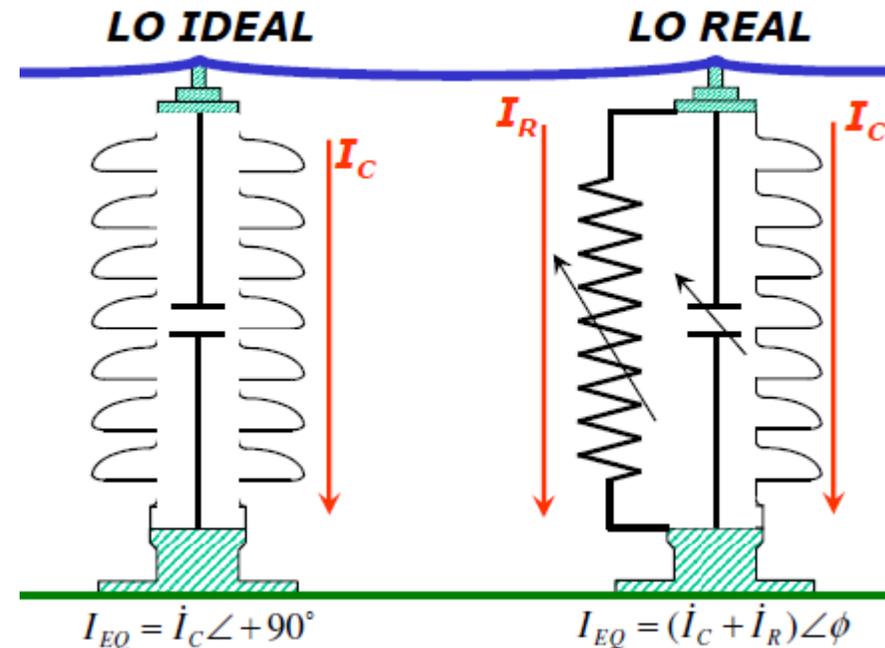
La prueba tiene como objeto determinar las pérdidas dieléctricas y las capacitancias de las cámaras de interrupción y de las columnas soporte, y aislamientos en general, comparando con los valores de fábrica, resultados previos y/o comparaciones de unidades similares para poder diagnosticar el estado y la vida remanente de los aislamientos del interruptor.



[8] Pruebas a equipos de patio: Interruptores y Seccionadores, SIEMENS POWER ACADEMY, Javier Agudelo, 2018.

## Prueba Factor de Potencia

- ❖ En un “sistema de aislamiento ideal” conectado a una fuente de tensión alterna, la corriente es 100% capacitiva y adelanta a la tensión en 90 grados exactamente.
- ❖ En condiciones reales adicionalmente a la corriente capacitiva, aparece una corriente resistiva (pérdidas) en fase con la tensión.



“Todo material es capaz de conducir corriente eléctrica, aunque este valor sea muy pequeño por lo tanto tiene una cantidad medible de pérdidas dieléctricas.”

[4] Seminario Megger, Fundamentos Básicos de Interruptores, Raidel Coa, 2019.

[13] Manual de entrenamiento analizador de aislamiento M4100, Doble Company.

## Prueba Factor de Potencia

**Capacitancia:** Es la propiedad de un condensador (o sistema de conductores y dieléctricos) que permite el almacenamiento de una carga eléctrica, cuando existe una diferencia de potencial entre los conductores.

**E** = Tensión de ensayo

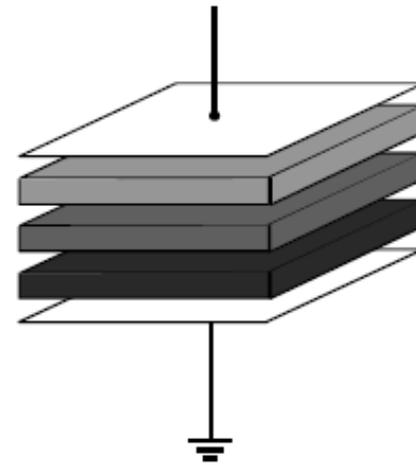
**A** = área de las chapas

**$\epsilon_0$**  = Permisividad absoluta  
(vacío) =  $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$

**$\epsilon_r$**  = Permisividad relativa

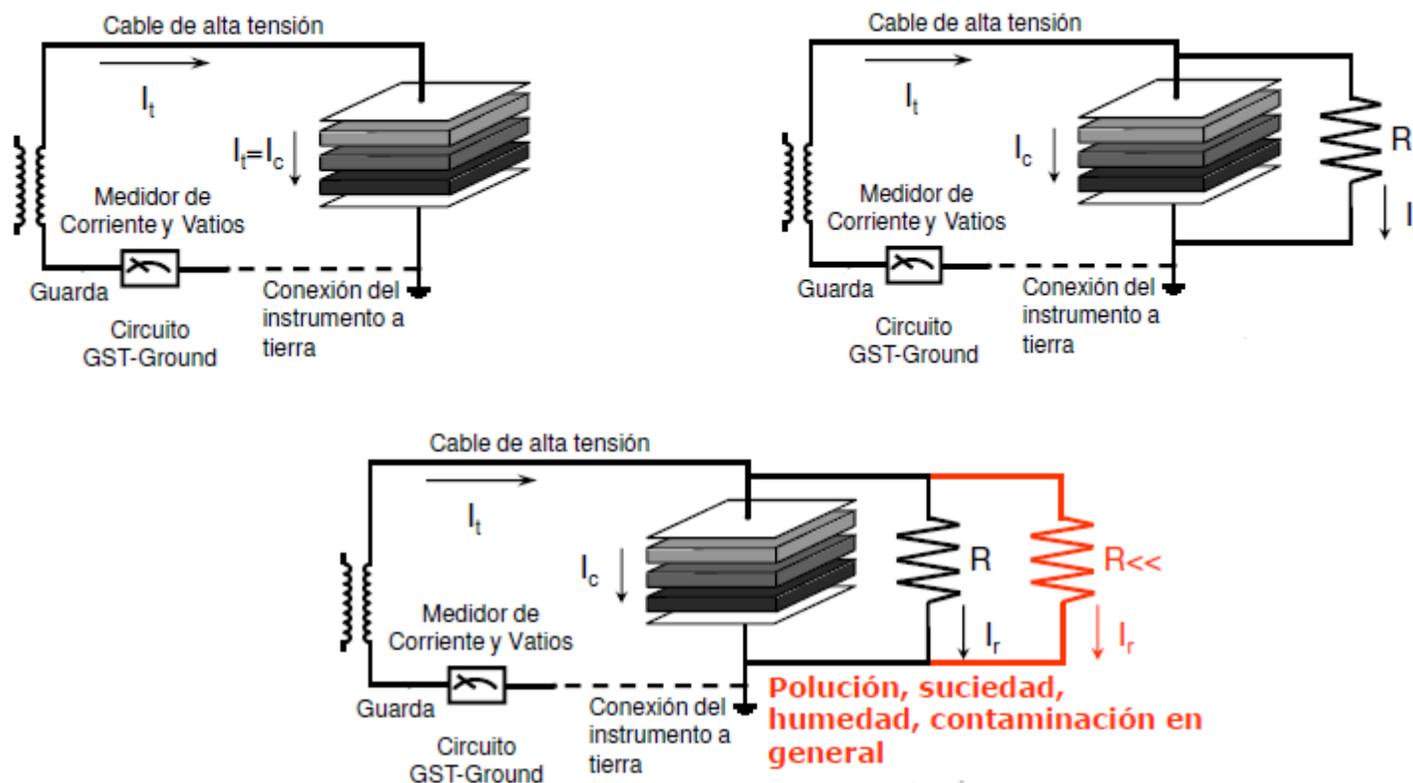
**d** = distancia entre las láminas

$$C = \frac{A \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}{d}$$



$$I_c = E \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

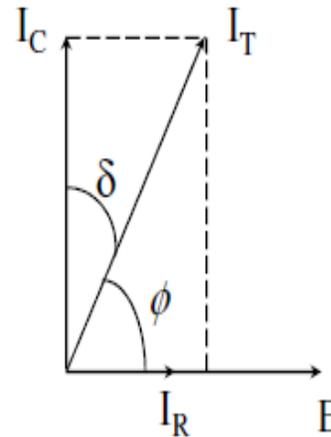
# Prueba Factor de Potencia



[13] Manual de entrenamiento analizador de aislamiento M4100, Doble Company.

## Prueba Factor de Potencia

- ❖ La relación entre la corriente resistiva y la corriente total que circula por el dieléctrico se denomina factor de potencia.
- ❖ La relación entre la componente resistiva y la componente capacitiva es la denominada Tangente Delta o factor de disipación.



$$\text{Factor de Potencia} = \cos(\phi) = \frac{I_R}{I_T}$$

$$\text{Tangente Delta} = \tan(\delta) = \frac{I_R}{I_C}$$

[4] Seminario Megger, Fundamentos Básicos de Interruptores, Raidel Coa, 2019.

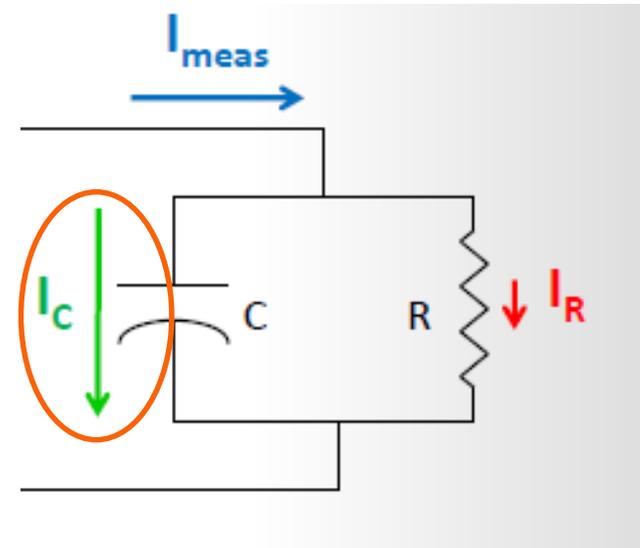
[13] Manual de entrenamiento analizador de aislamiento M4100, Doble Company.

# Prueba Factor de Potencia

## ❖ Significado de las mediciones:

### ✓ Corriente capacitiva ( $I_c$ ):

- Es proporcional a la capacitancia del sistema de aislamiento.
- Los cambios en las propiedades físicas del sistema de aislamiento se reflejan en un cambio en la capacitancia (pF) y la corriente capacitiva ( $I_c$ ).
- En general es la corriente dominante para sistemas de aislamiento.

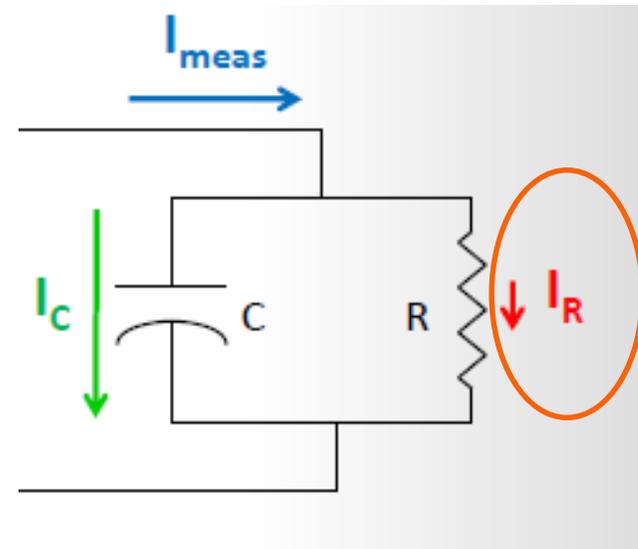


# Prueba Factor de Potencia

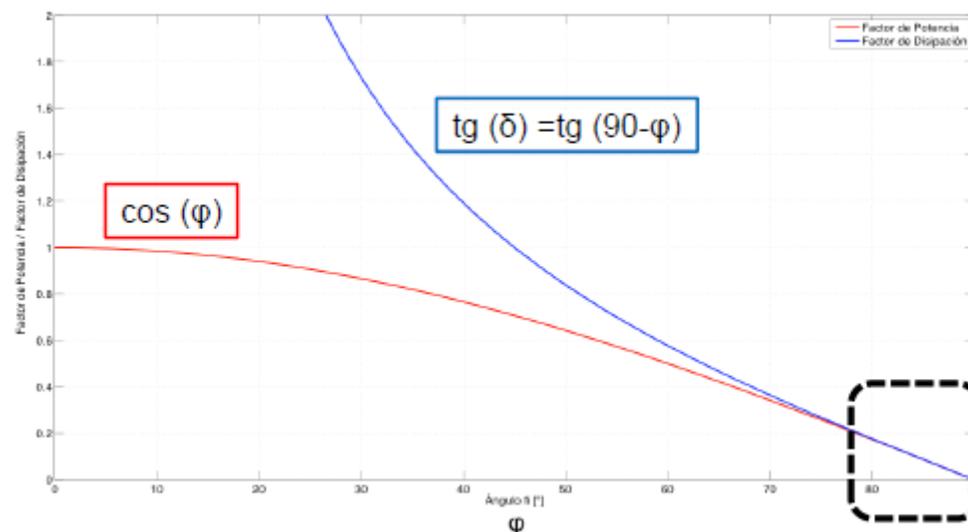
## ❖ Significado de las mediciones:

### ✓ Corriente resistiva ( $I_r$ ):

- Directamente relacionada con las pérdidas en vatios del sistema de aislamiento.
- A medida que la gravedad de la contaminación y/o el envejecimiento empeora, la  $I_r$  en el sistema aumenta (el aumento en la  $I_r$  da como resultado un aumento en las pérdidas de vatios y el %PF). En general es la corriente dominante.
- Es de valores muy inferiores a la  $I_c$ .



# Prueba Factor de Potencia



$\phi^\circ$	% FP (% COS $\phi$ )	$\delta^\circ$	% FD (% TAN $\delta$ )
90	0	0	0
89.71	.500	.29	.500
84.26	10.00	5.74	10.05
0	100.00	90	INFINITO

[4] Seminario Megger, Fundamentos Básicos de Interruptores, Raidel Coa, 2019.

[13] Manual de entrenamiento analizador de aislamiento M4100, Doble Company.

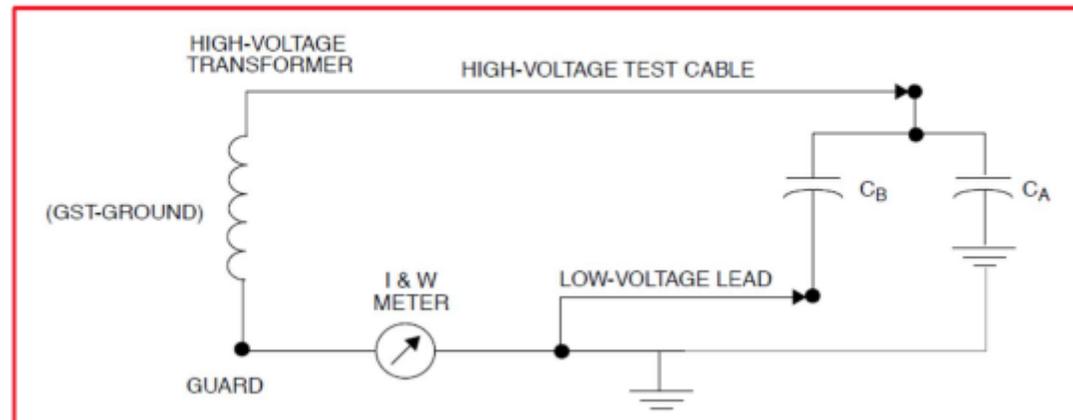
## Prueba Factor de Potencia

- ❖ **Características de los sistemas de aislamiento en interruptores:**
  - Tienen una baja capacitancia, del orden de los pF, debido a la baja permitividad.
  - La corriente capacitiva ( $I_C$ ) medida es muy pequeña.
  - Aunque existan bajas pérdidas, la corriente  $I_R$  medida es de un gran porcentaje de la corriente total  $I_{meas} = I_C + I_R$
  - Se pueden medir valores artificiales elevados de factor de potencia.
  - Si la corriente medida es menor a 0.3mA se recomienda no usar el %PF para el diagnóstico (usar solamente las pérdidas).

# Prueba Factor de Potencia

## ❖ Modos de prueba básicos

### GST-Ground

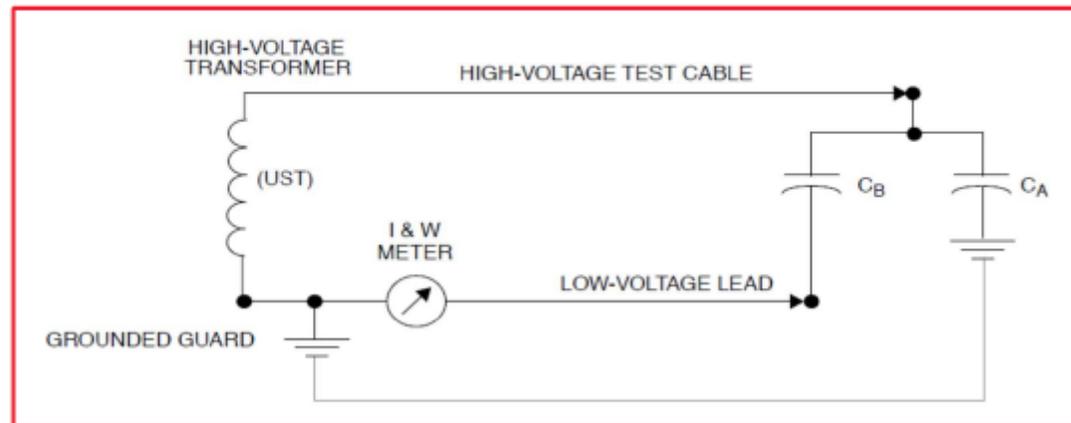




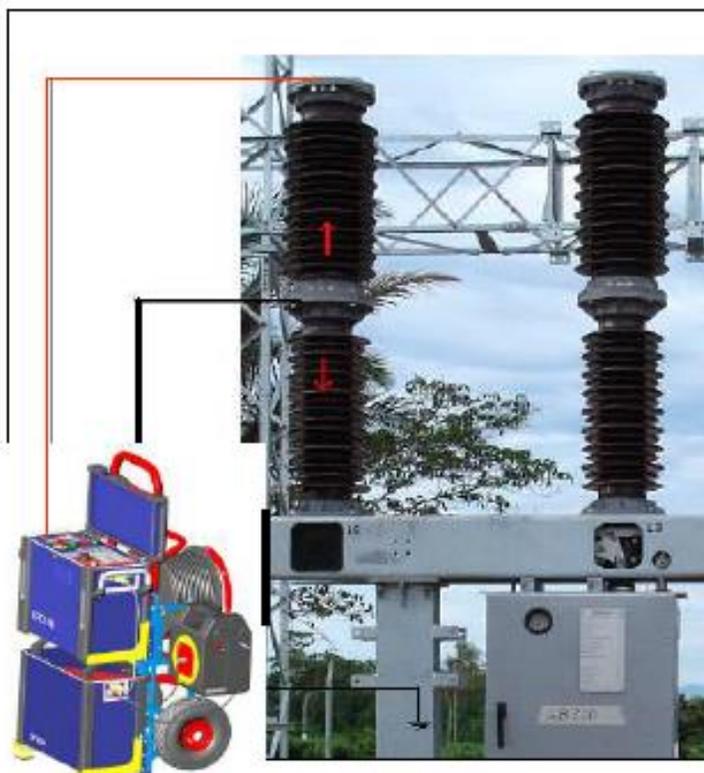
# Prueba Factor de Potencia

## ❖ Modos de prueba básicos

### UST



## Prueba Factor de Potencia



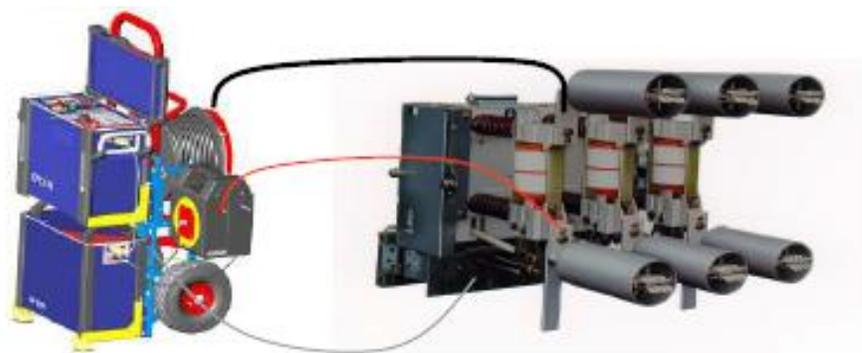
Interrupción abierto

UST A : CAMARA

GSTg A: AISLADOR SOPORTE

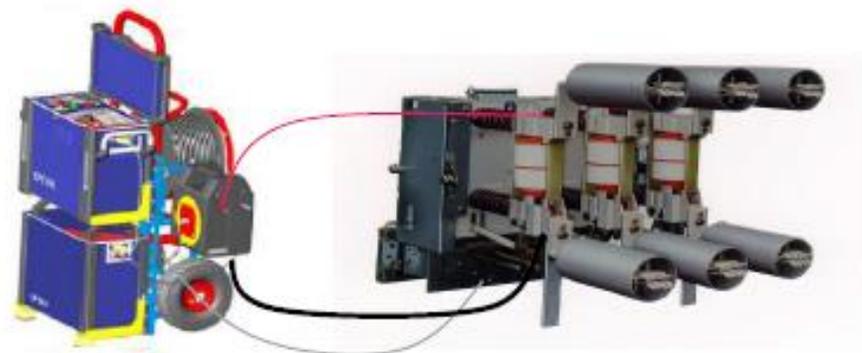
GST: TOTAL

## Prueba Factor de Potencia



Interruptor abierto

UST-A: CAMARA



Interruptor abierto

GST gA: BUJE SUPERIOR

## Prueba Factor de Potencia

### ❖ **Análisis de resultados: Capacitancia (pF) y Corriente capacitiva (mA)**

- La capacitancia puede cambiar a lo largo del tiempo:
- $< \pm 5\%$ , no requiere investigación.
- Entre 5% y 10%, puede ser causa de envejecimiento, requiere investigación.
- $> 10\%$ , sacar de servicio y realizar análisis profundo.

## Prueba Factor de Potencia

### ❖ **Análisis de resultados: Corriente resistiva (mA)**

#### ➤ Interruptor de tanque vivo:

- Pérdidas menores a 20mW en la cámara.
- Pérdidas menores a 30mW en las columnas soportes.

#### ➤ Interruptor de tanque muerto:

- Pérdidas menores a 10mW en la cámara.

## Prueba Factor de Potencia

### ❖ Para tener en cuenta:

- El factor de potencia mide la degradación del material y/o aislamiento.
- Es un ensayo NO destructivo, por eso, los límites de tensión FASE-TIERRA deben ser respetados.
- Independiente de la tensión de ensayo.
- Independiente del tamaño del equipo - Facilita estudios y comparaciones.
- Sensible a la temperatura - Debe corregirse para equipos con aislamiento líquido (a una referencia de 20°C).

## Referencias

- [1] IEEE C37.100-1992 – IEEE Standard Definitions for Power Switchgear.
- [2] Subestaciones de Alta y Extra Alta Tension, Mejia Villegas S.A., Segunda Edición.
- [3] Seminario de pruebas no invasivas a Interruptores de Potencia en SF6, Alexander Herrera, OMICRON electronics Deutschland, 2017.
- [4] Seminario Megger, Fundamentos Básicos de Interruptores, Raidel Coa, 2019.
- [5] Jornada técnica ABB, Interruptores de Alta Tensión: Nuevas Tecnologías para el Desarrollo sostenible, Lima, Perú, 2015.
- [6] Guía de pruebas de Interruptores, Megger.
- [7] IEC 62271-100.

## Referencias

- [8] Pruebas a equipos de patio: Interruptores y Seccionadores, SIEMENS POWER ACADEMY, Javier Agudelo, 2018.
- [9] Electrical Power Equipment Maintenance And Testing, Segunda Edición, Paul Gill.
- [10] Guía de la medición del aislamiento, CHAUVIN ARNOUX GROUP
- [11] Manual de procedimientos de pruebas de campo para equipo primario de subestaciones electricas, CFE, 2013
- [12] STANDAR FOR ACCEPTANCE TESTING SPECIFICATIONS FOR ELECTRICAL POWER EQUIPMENT AND SYSTEMS, 2013
- [13] Manual de entrenamiento analizador de aislamiento M4100, Doble Company
- [14] Importance of Testing SF6 Breaker, Mike Anderson, Doble Engineering Company

**MUCHAS GRACIAS!!!**