



# INTERRUPTORES – Factor de Potencia y Cap.

Raidel Coa

Ingeniero de Aplicaciones – Megger

*República Dominicana, 13-15 de Agosto de 2019*

**Megger**<sup>®</sup>  
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)

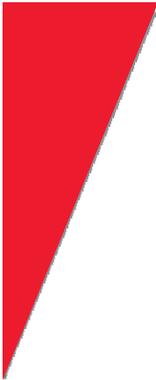
## Presentador





# Contenido

- Introducción
- Modos de Prueba
- Conexiones – Análisis de Resultados
  - Tanque Vivo
  - Tanque Muerto
  - Gran Volumen de Aceite
  - Vacío
- Casos de Estudio
  - Caso 1: Humedad – Varillas de Accionamiento
  - Caso 2: Condensadores Equipotenciales Defectuosos



# Introducción

**Megger**<sup>®</sup>  
Power on

# Introducción

## Fundamentos Básicos

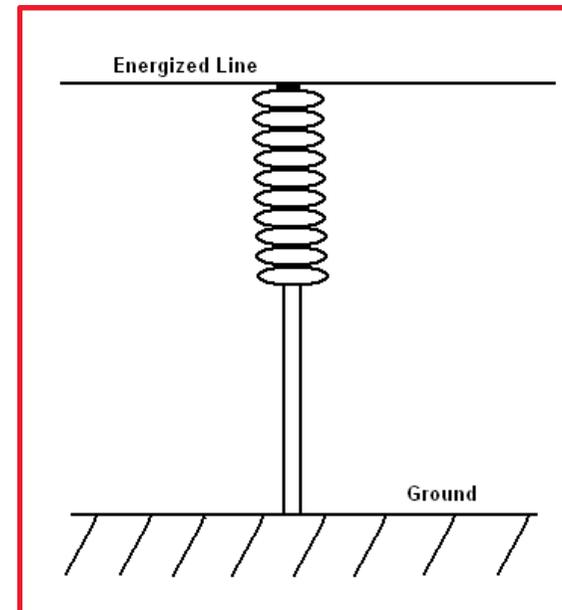
- Todo sistema de aislamiento sin importar su condición tiene una cantidad medible de pérdidas dieléctricas.
- El envejecimiento del material aislante, causa un incremento en las pérdidas del dieléctrico; con lo cual aumenta la probabilidad de fallo en los sistemas aislantes.



# Introducción

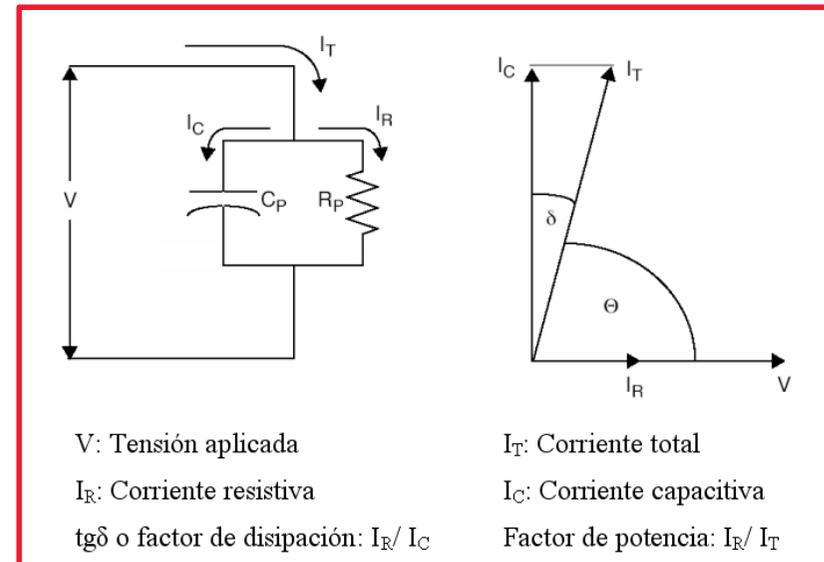
## Aislamiento ideal vs Aislamiento real

- 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.

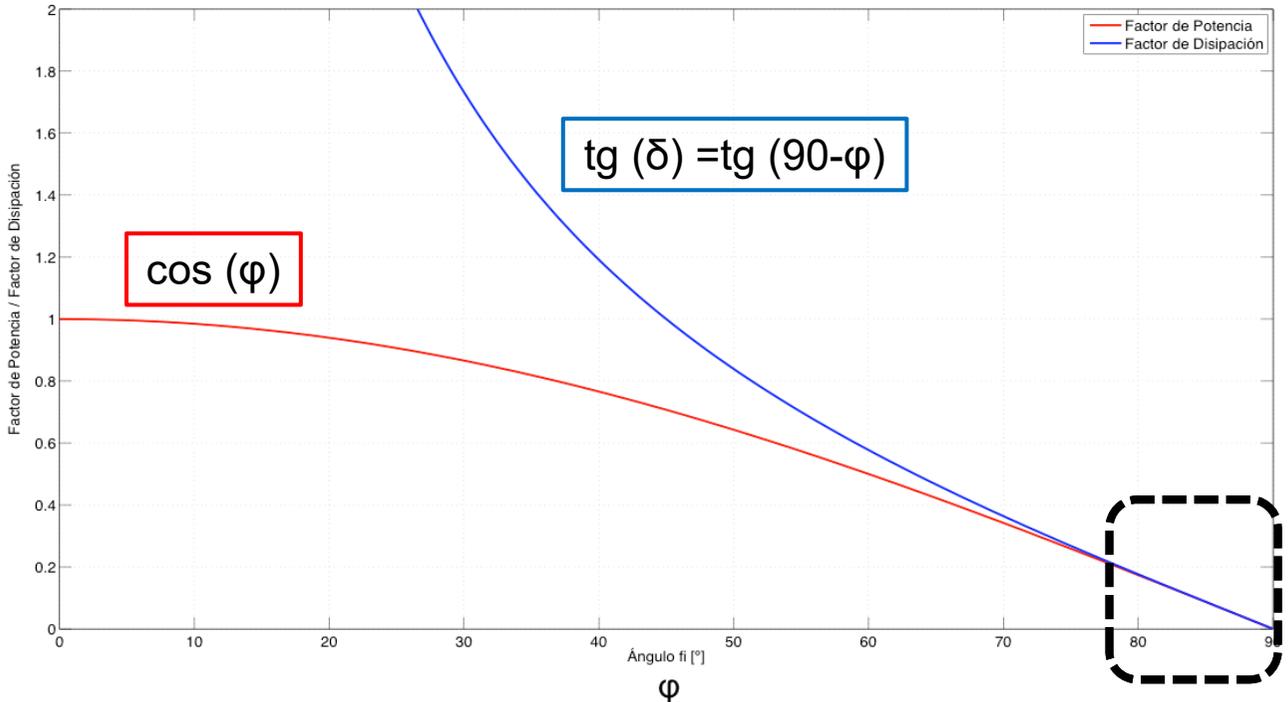


## Factor de Potencia vs Factor de Disipación

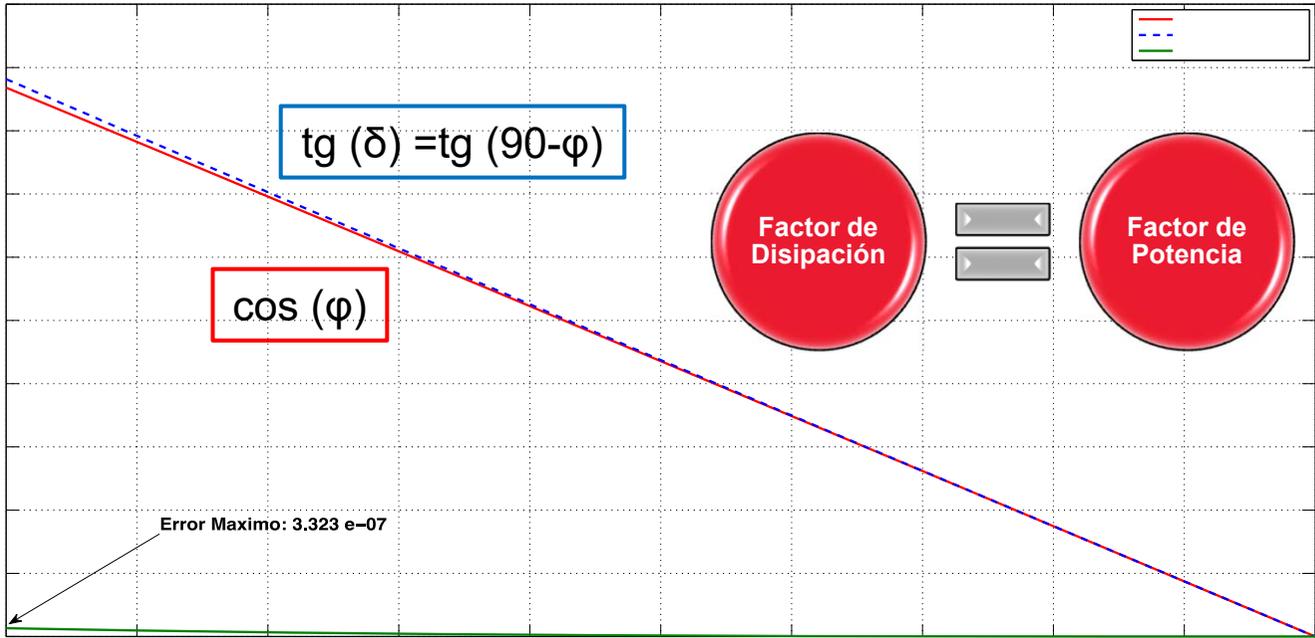
- La relación entre la corriente resistiva y la corriente total que circula por el dieléctrico se denomina factor de potencia.
- La relación entre la componente resistiva y la componente capacitiva es la denominada  $\text{tg}\delta$  o factor de disipación.



### Factor de Potencia vs Tangente Delta



## Factor de Potencia vs Tangente Delta



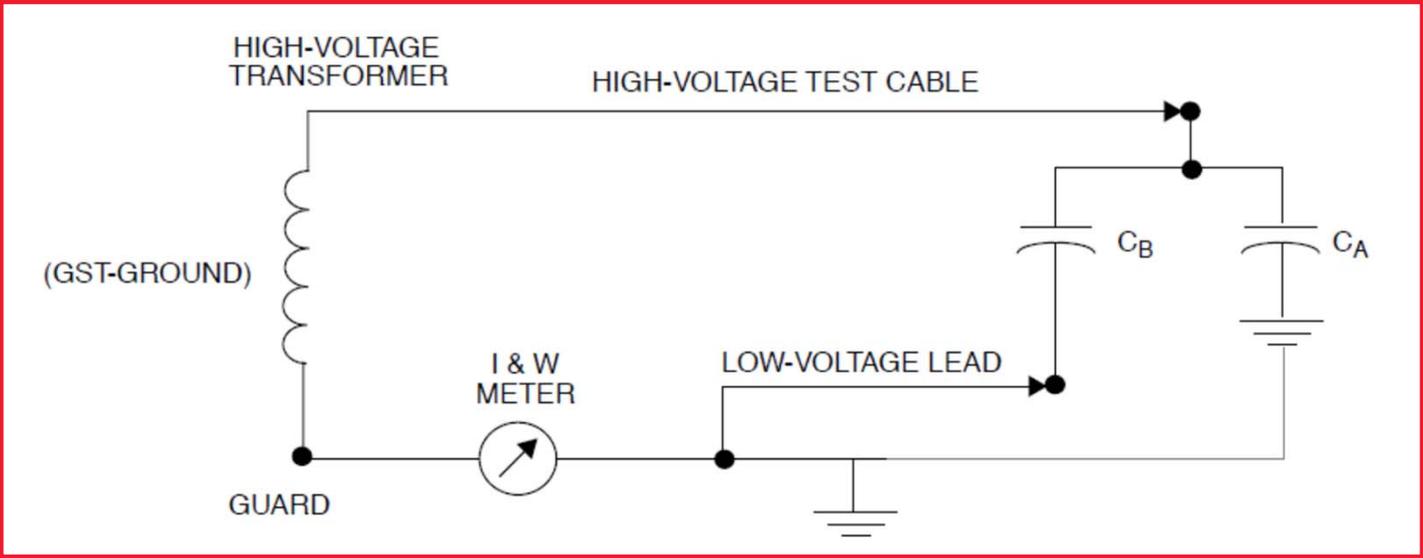


## Modos de Prueba



# Modos de Prueba

## GST-Ground

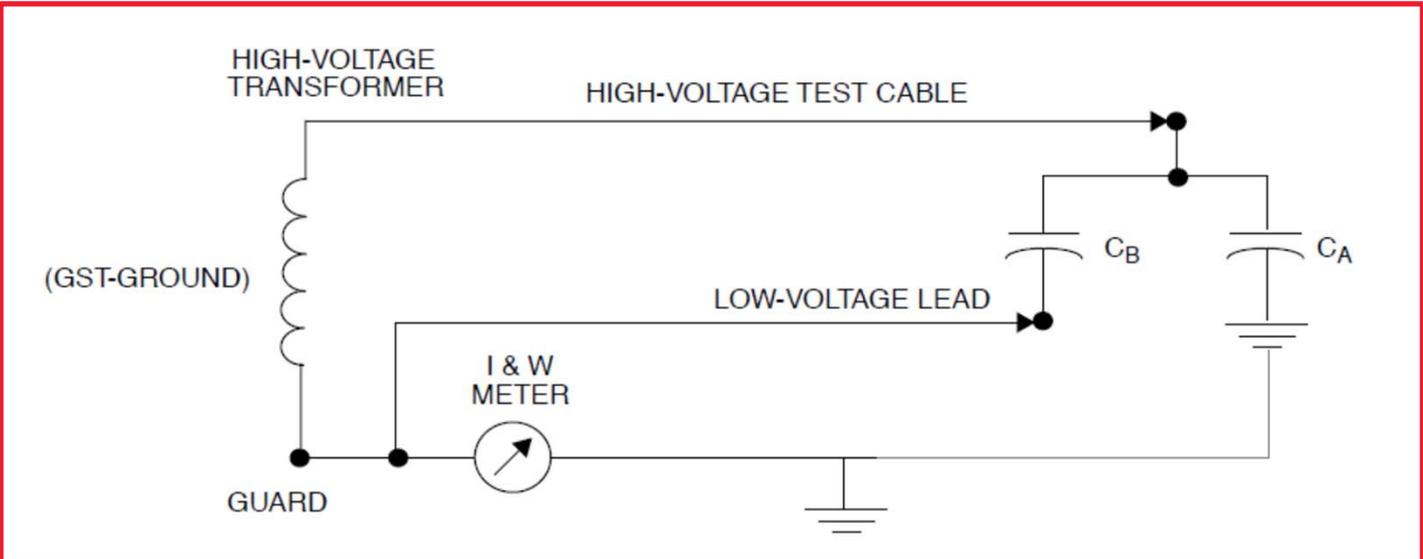


Fuente: IEEE Std 62-1995



# Modos de Prueba

## GST-Guard

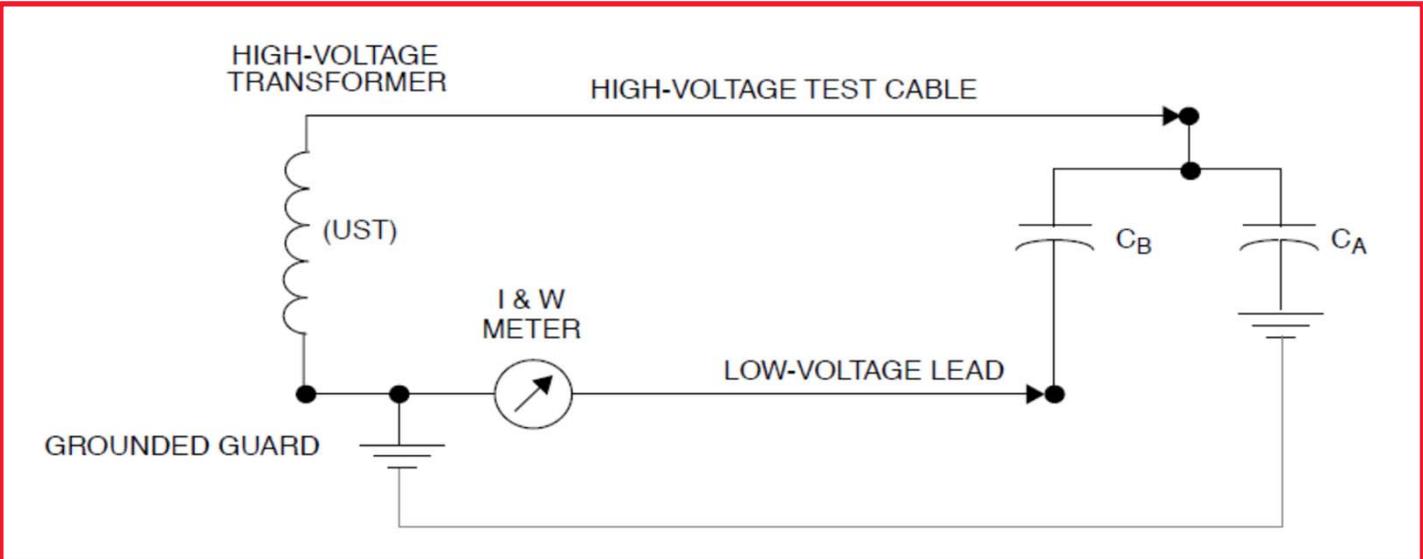


Fuente: IEEE Std 62-1995



# Modos de Prueba

## UST



Fuente: IEEE Std 62-1995





# Conexiones - Análisis de Resultados



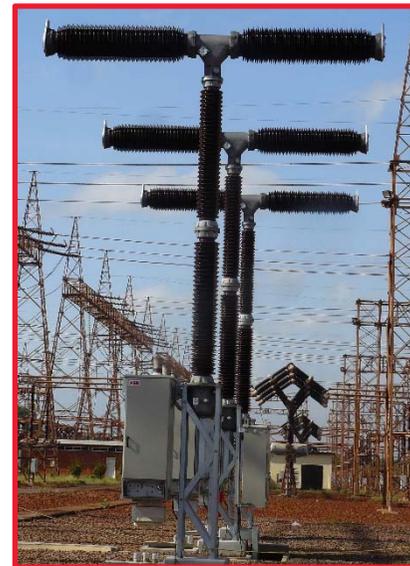
# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Vivo

1 Cámara/Fase



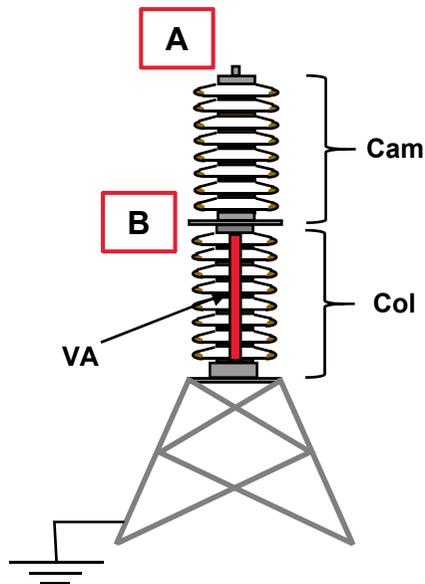
2 Cámaras/Fase



# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Vivo (conexiones)

### 1 Cámara/Fase

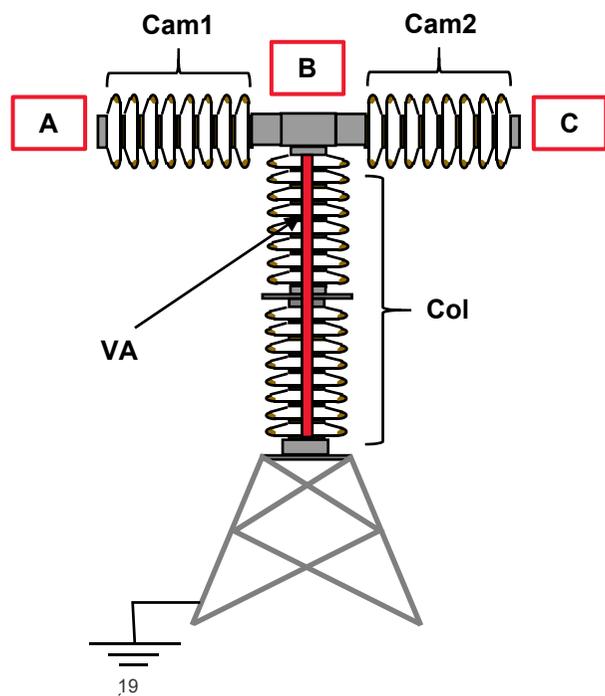


Item	Posición Int.	Modo	HV	UST	Guard	Elemento
1	Abierto	UST	B	A	--	Cam
2	Abierto	GST-Guard	B	--	A	Col (VA)

# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Vivo (conexiones)

### 2 Cámara/Fase



Item	Posición Int.	Modo	HV	UST	Guard	Elemento
1	Abierto	UST	B	A	--	Cam1
2	Abierto	UST	B	C	--	Cam2
3	Abierto	GST-Guard	B	--	A y C	Col (VA)



# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Vivo (resultados)

- Cámaras “sin condensadores”
  - No se evalúa el Factor de Potencia
  - Se evalúan las pérdidas. Generalmente  $< 20$  mW
  - Comparar pérdidas entre fases, tendencias y equipos similares
  - Altos valores de pérdidas indican deterioro de cámaras interrupción
- Cámaras “con condensadores”
  - Se evalúa el Factor de Potencia. Generalmente  $< 1\%$
  - Altos valores de %FP indica deterioro de cámaras de interrupción
- Columna soporte
  - No se evalúa el Factor de Potencia
  - Se evalúan las pérdidas. Generalmente  $< 30$  mW
  - Evalúa Varilla de accionamiento y superficie de aislador

# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Muerto

1 Cámara/Fase



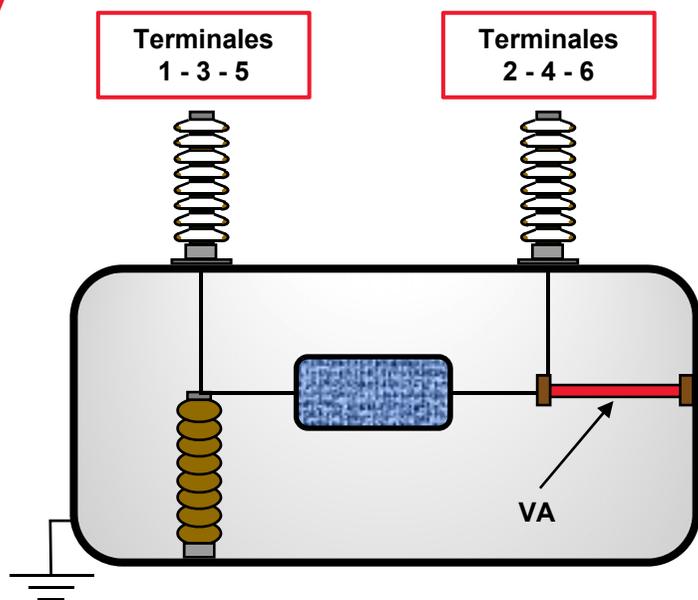
2 Cámaras/Fase



# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Muerto (conexiones)

1 Cámara/Fase

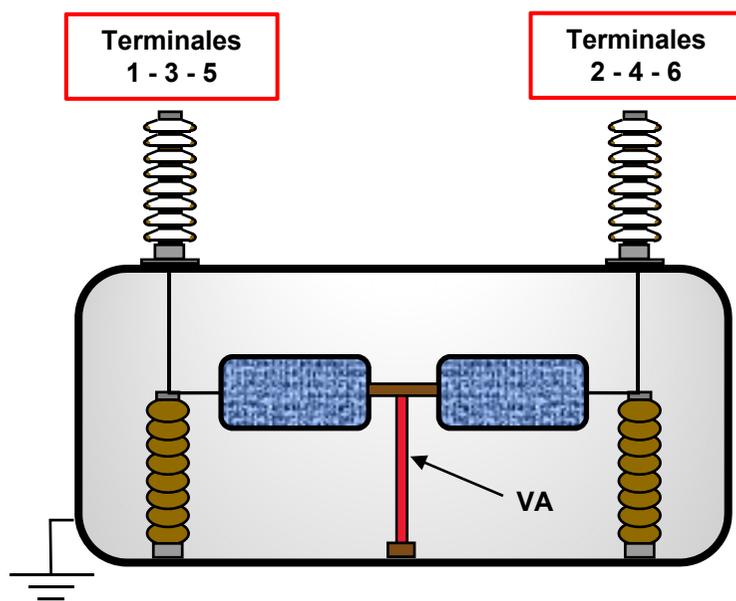


Item	Posición Int.	Modo	HV	Flotación	UST	Elemento
1	Abierto	GST-Ground	1	2	--	A1
2	Abierto	GST-Ground	2	1	--	A2 (VA)
3	Abierto	GST-Ground	3	4	--	B3
4	Abierto	GST-Ground	4	3	--	B4 (VA)
5	Abierto	GST-Ground	5	6	--	C5
6	Abierto	GST-Ground	6	5	--	C6 (VA)
7	Abierto	UST	1	--	2	A1-A2
8	Abierto	UST	3	--	4	B3-B4
9	Abierto	UST	5	--	6	C5-C6

# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Muerto (conexiones)

2 Cámaras/Fase



Item	Posición Int.	Modo	HV	Flotación	UST	Elemento
1	Abierto	GST-Ground	1	2	--	A1
2	Abierto	GST-Ground	2	1	--	A2
3	Abierto	GST-Ground	3	4	--	B3
4	Abierto	GST-Ground	4	3	--	B4
5	Abierto	GST-Ground	5	6	--	C5
6	Abierto	GST-Ground	6	5	--	C6
7	Abierto	UST	1	--	2	A1-A2
8	Abierto	UST	3	--	4	B3-B4
9	Abierto	UST	5	--	6	C5-C6
10	Cerrado	GST-Ground	1 ó 2	--	--	A'
11	Cerrado	GST-Ground	1 ó 2	--	--	B'
12	Cerrado	GST-Ground	1 ó 2	--	--	C'



# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Muerto (resultados)

### ■ Pruebas 1-6

- Los elementos evaluados son: bushings, condensador en paralelo, varilla de accionamiento, aislador soporte y gas SF6
- Comparar pérdidas en pruebas 1, 3 y 5
- Comparar pérdidas en pruebas 2, 4 y 6
- El FP generalmente es  $< 1\%$

### ■ Cámaras 7-9 “sin condensadores”

- No se evalúa el FP
- Se evalúan las pérdidas. Generalmente  $< 10 \text{ mW}$

### ■ Cámaras 7-9 “con condensadores”

- Se evalúa el FP. Generalmente  $< 1\%$
- La prueba es dominada por el condensador



# Conexiones - Análisis de Resultados

## Tanque Muerto (resultados)

### ■ Pruebas 10-12

- Se evalúa el FP. Generalmente  $< 1\%$
- La prueba es dominada por el bushing, incluyendo la varilla de accionamiento, aislador soporte y gas SF6
- Las pérdidas se deben comparar con resultados previos, tendencias y unidades similares
- Si se obtienen valores elevados de FP, se recomienda limpiar la superficie, hacer prueba de “tip-Up” y pruebas al gas SF6

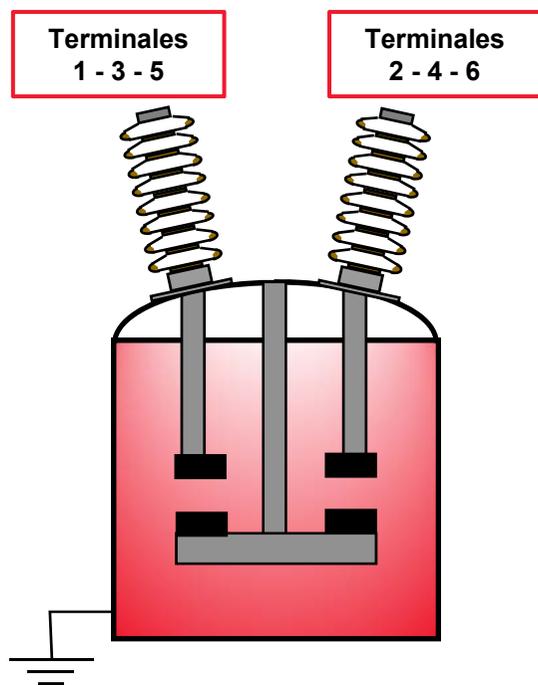
# Conexiones - Análisis de Resultados

## Gran Volumen de Aceite



# Conexiones - Análisis de Resultados

## Gran Volumen de Aceite (conexiones)



Item	Posición Int.	Modo	HV	Flotación	UST	Elemento
1	Abierto	GST-GND	1	2	--	A1
2	Abierto	GST-GND	2	3	--	A2
3	Abierto	GST-GND	3	4	--	B3
4	Abierto	GST-GND	4	3	--	B4
5	Abierto	GST-GND	5	6	--	C5
6	Abierto	GST-GND	6	5	--	C6
7	Cerrado	GST-GND	1 ó 2	--	--	A'
8	Cerrado	GST-GND	1 ó 2	--	--	B'
9	Cerrado	GST-GND	1 ó 2	--	--	C'

## Conexiones - Análisis de Resultados

### Gran Volumen de Aceite (resultados)

- Estando el interruptor abierto, se evalúa cada bushing por separado
- Estando el interruptor cerrado, se incluye el aislamiento de ambos bushings y el aislamiento de la barra colectora
- $ITL = (\text{watts interruptor cerrado}) - (\text{suma de watts de los 2 interruptores abiertos})$

$< -0,20 \text{ W}$	$-0,20 \text{ W} < X < -0,10 \text{ W}$	$-0,10 \text{ W} < X < +0,05 \text{ W}$	$+0,05 \text{ W} < X < +0,10 \text{ W}$	$> +0,10$
Investigar inmediatamente	Repetir la prueba con más frecuencia	Normal	Repetir la prueba con más frecuencia	Investigar inmediatamente
Ensamble guía de la varilla de accionamiento y ensamble de contactos del interruptor			Varilla de accionamiento, aceite del tanque y aislamiento soporte	

# Conexiones - Análisis de Resultados

## Vacío

Exteriores - Media Tensión



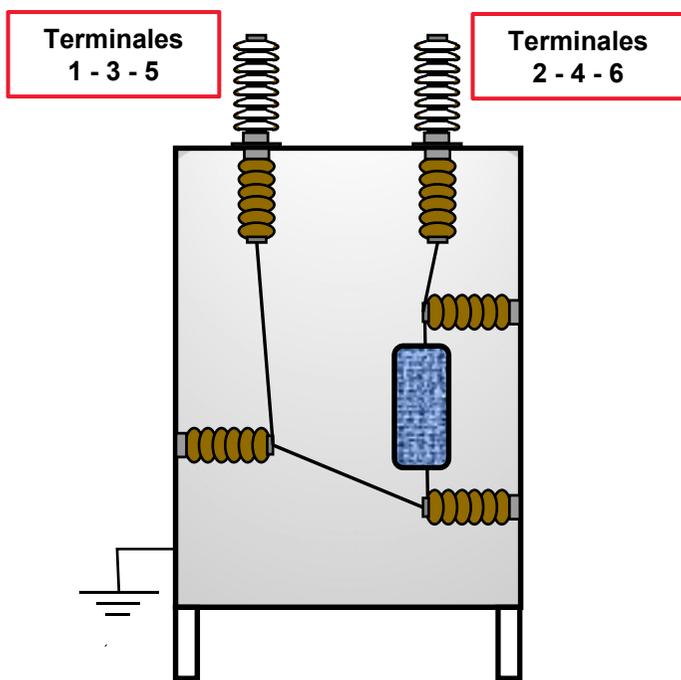
Celdas – Media tensión



# Conexiones - Análisis de Resultados

## Vacío (conexiones)

### Exteriores - Media Tensión

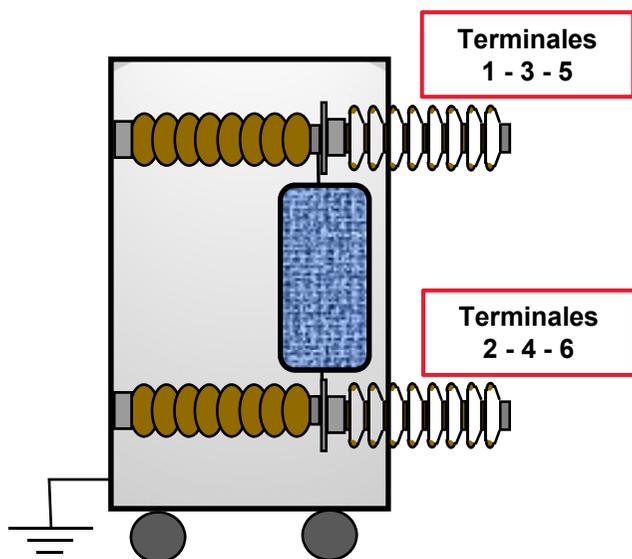


Item	Posición Int.	Modo	HV	Flotación	UST	Elemento
1	Abierto	GST-Ground	1	2	--	A1
2	Abierto	GST-Ground	2	1	--	A2
3	Abierto	GST-Ground	3	4	--	B3
4	Abierto	GST-Ground	4	3	--	B4
5	Abierto	GST-Ground	5	6	--	C5
6	Abierto	GST-Ground	6	5	--	C6
7	Abierto	UST	1	--	2	A1-A2
8	Abierto	UST	3	--	4	B3-B4
9	Abierto	UST	5	--	6	C5-C6

# Conexiones - Análisis de Resultados

## Vacío (conexiones)

Celdas - Media Tensión



Item	Posición Int.	Modo	HV	Flotación	UST	Elemento
1	Abierto	GST-Ground	1	2	--	A1
2	Abierto	GST-Ground	2	1	--	A2
3	Abierto	GST-Ground	3	4	--	B3
4	Abierto	GST-Ground	4	3	--	B4
5	Abierto	GST-Ground	5	6	--	C5
6	Abierto	GST-Ground	6	5	--	C6
7	Abierto	UST	1	--	2	A1-A2
8	Abierto	UST	3	--	4	B3-B4
9	Abierto	UST	5	--	6	C5-C6



## Conexiones - Análisis de Resultados

### Vacío (resultados)

#### ■ Pruebas 1-6

- Los elementos evaluados son: bushings, condensador en paralelo, varilla de accionamiento y aislador soporte.
- Comparar pérdidas en pruebas 1, 3 y 5
- Comparar pérdidas en pruebas 2, 4 y 6
- Comparar pérdidas entre fases, tendencias y equipos similares

#### ■ Cámaras 7-9 “sin condensadores”

- En condiciones normales (sin humedad), las pérdidas deben ser muy bajas (cercanas a cero)
- Altas pérdidas indican defectos en la botella de vacío y/o superficie contaminada



## Casos de Estudio



# Casos de Estudio

## Caso 1: Humedad - Varillas de Accionamiento

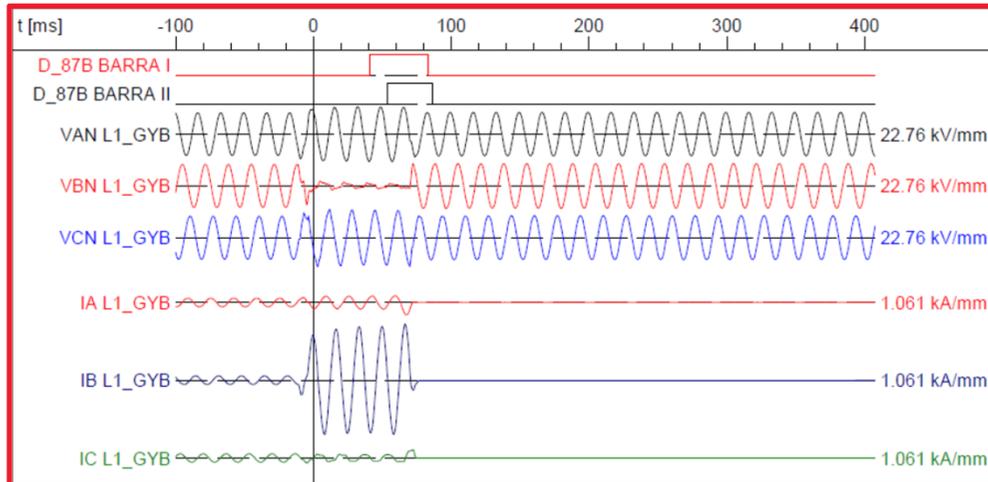
- Interruptor de mando y medio de extinción en aire comprimido 123 kV.



# Casos de Estudio

## Caso 1: Humedad - Varillas de Accionamiento

- Falla en fase B del interruptor (explosión). Se filtró humedad, a través de la red de aire comprimido.



## Casos de Estudio

### Caso 1: Humedad - Varillas de Accionamiento

Item	I (mA)	P (W)	FP (%)	C (pF)
Cam 1 FA	12,889	0,311	0,241	3418,87
Cam 2 FA	12,960	0,283	0,218	3437,69
Col FA	0,134	0,030	-	38,46
Cam 1 FB	13,017	0,392	0,301	3452,73
Cam 2 FB	12,864	0,409	0,318	3412,16
Col FB	0,144	0,019	-	38,30
Cam 1 FC	12,883	0,278	0,216	3417,22
Cam 2 FC	12,814	0,248	0,194	3398,99
Col FC	0,132	0,025	-	35,01



## Casos de Estudio

### Caso 1: Humedad - Varillas de Accionamiento

Varilla – Mal Estado



Varilla – Buen Estado



## Casos de Estudio

### Caso 1: Humedad - Varillas de Accionamiento



## Casos de Estudio

### Caso 1: Humedad - Varillas de Accionamiento

- Se intervino la red de aire comprimido, realizándole mantenimiento mayor a los compresores de dicha instalación
- Se incremento la frecuencia de las pruebas de mantenimiento (aislamiento), para monitorear las pérdidas asociadas a las columnas soportes (varillas de accionamiento)



## Caso 2: Condensadores Equipotenciales Defectuosos

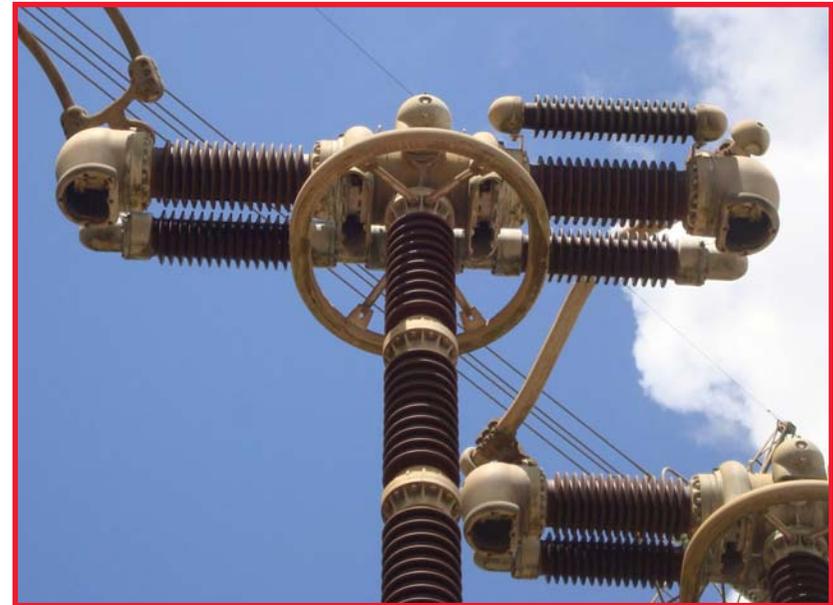
- Interruptor de mando y medio de extinción en aire comprimido 800 kV



## Casos de Estudio

### **Caso 2: Condensadores Equipotenciales Defectuosos**

- Durante pruebas de mantenimiento realizadas a un interruptor, se detectó que 2 cámaras de interrupción (C5 fase “B” y C3 fase “C”) presentaban valores de factor de potencia elevados.
- Se desconectaron los condensadores asociados a las cámaras cuestionadas y se constató que ambos condensadores equipotenciales estaban deteriorados.



## Casos de Estudio

### Caso 2: Condensadores Equipotenciales Defectuosos

FASE	CABEZAL	ELEMENTO PROBADO	MODO PRUEBA	VOLTAJE PRUEBA (kV)	CORRIENTE (mA)	PÉRDIDAS (W)	FP (%)	CAP. MED. (pF)	CAP. NOM. (pF)	DESV. (%)
A	1	C1	UST	10	9,682	0,322	0,332	2.568,22	2.500	2,73
		C2	UST	10	9,626	0,345	0,359	2.553,31	2.500	2,13
		S1	GUARD	10	0,157	0,012	--	41,67	N/A	--
	2	C3	UST	10	8,716	0,348	0,399	2.311,99	2.250	2,76
		C4	UST	10	8,886	0,312	0,351	2.356,97	2.250	4,75
		S2	GUARD	10	0,166	0,010	--	44,03	N/A	--
	3	C5	UST	10	8,467	0,256	0,302	2.245,80	2.250	-0,19
		C6	UST	10	8,607	0,309	0,359	2.283,02	2.250	1,47
		S3	GUARD	10	0,153	0,006	--	40,68	N/A	--
	4	C7	UST	10	9,600	0,337	0,351	2.546,57	2.500	1,86
		C8	UST	10	9,623	0,336	0,349	2.552,51	2.500	2,1
		S4	GUARD	10	0,186	0,019	--	49,21	N/A	--

# Casos de Estudio

## Caso 2: Condensadores Equipotenciales Defectuosos

FASE	CABEZAL	ELEMENTO PROBADO	MODO PRUEBA	VOLTAJE PRUEBA (kV)	CORRIENTE (mA)	PÉRDIDAS (W)	FP (%)	CAP. MED. (pF)	CAP. NOM. (pF)	DESV. (%)	
B	1	C1	UST	10	9,771	0,314	0,321	2.591,79	2.500	3,67	
		C2	UST	10	9,754	0,312	0,320	2.587,22	2.500	3,49	
		S1	GUARD	10	0,153	0,007	--	40,70	--	--	
	2	C3	UST	10	8,694	0,310	0,356	0,356	2.306,11	2.250	2,49
		C4	UST	10	8,718	0,283	0,320	0,320	2.312,43	2.250	2,77
		S2	GUARD	10	0,169	0,011	--	44,94	--	--	
	3	C5	UST	10	8,716	0,790	0,906	0,906	2.311,74	2.250	2,74
		C6	UST	10	8,708	0,325	0,373	0,373	2.309,73	2.250	2,77
		S3	GUARD	10	0,157	0,012	--	41,73	--	--	
	4	C7	UST	10	9,427	0,292	0,310	0,310	2.500,60	2.500	0,02
		C8	UST	10	9,651	0,385	0,399	0,399	2.559,87	2.500	2,39
		S4	GUARD	10	0,171	0,013	--	45,46	--	--	

## Casos de Estudio

### Caso 2: Condensadores Equipotenciales Defectuosos

FASE	CABEZAL	ELEMENTO PROBADO	MODO PRUEBA	VOLTAJE PRUEBA (kV)	CORRIENTE (mA)	PÉRDIDAS (W)	FP (%)	CAP. MED. (pF)	CAP. NOM. (pF)	DESV. (%)	
C	1	C1	UST	10	9,483	0,320	0,337	2.515,48	2.500	0,62	
		C2	UST	10	9,048	0,309	0,340	2.409,65	2.500	-3,61	
		S1	GUARD	10	0,155	0,006	--	41,14	--	--	
	2	C3	UST	10	8,550	8,550	0,753	0,881	2.267,92	2.250	0,8
		C4	UST	10	8,525	8,525	0,308	0,361	2.261,43	2.250	0,51
		S2	GUARD	10	0,165	0,165	0,004	--	43,84	--	--
	3	C5	UST	10	8,710	8,710	0,291	0,334	2.310,33	2.250	2,68
		C6	UST	10	8,793	8,793	0,305	0,347	2.332,46	2.250	3,66
		S3	GUARD	10	0,154	0,154	0,013	--	40,88	--	--
	4	C7	UST	10	9,786	9,786	0,329	0,336	2.595,94	2.500	3,84
		C8	UST	10	9,687	9,687	0,363	0,375	2.569,48	2.500	2,78
		S4	GUARD	10	0,164	0,164	0,016	--	43,50	--	--

## Casos de Estudio

### Caso 2: Condensadores Equipotenciales Defectuosos

#### Condensadores de cámaras cuestionadas

Condensador	FP (%)	C (pF)
C5 (fase "B")	0,892	2.260,43
C3 (fase "C")	0,875	2.216,25







**Cualquier otra pregunta, solicitud o comentario adicional, pueden escribir al siguiente correo:**

**[raidel.coa@megger.com](mailto:raidel.coa@megger.com)**

**o llamar al + 57 311 576 0238**

**Megger<sup>®</sup>**  
**Power on**