



# INTERRUPTORES - Fundamentos Básicos

Raidel Coa

Ingeniero de Aplicaciones – Megger

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

**Megger**<sup>®</sup>  
Power on

# Presentador

## ■ 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), durante los años 2010 y 2017.

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



**Megger**  
Power on

# Contenido - Parte I: Fundamentos Básicos

- Introducción
- Clasificación de Interruptores
  - Medio de extinción
  - Mecanismo de operación
  - Construcción
  - Diseño
- Componentes de Interruptores
- Pruebas a Interruptores
- Normas Internacionales
  - IEC
  - IEEE



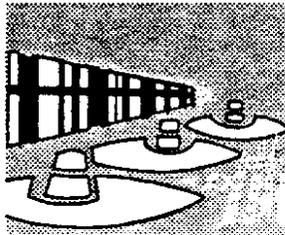


# Introducción

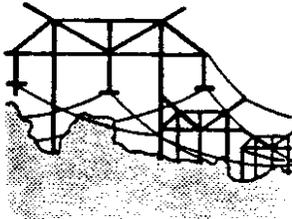
**Megger**<sup>®</sup>  
Power on

# Introducción

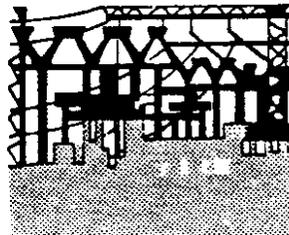
Generación



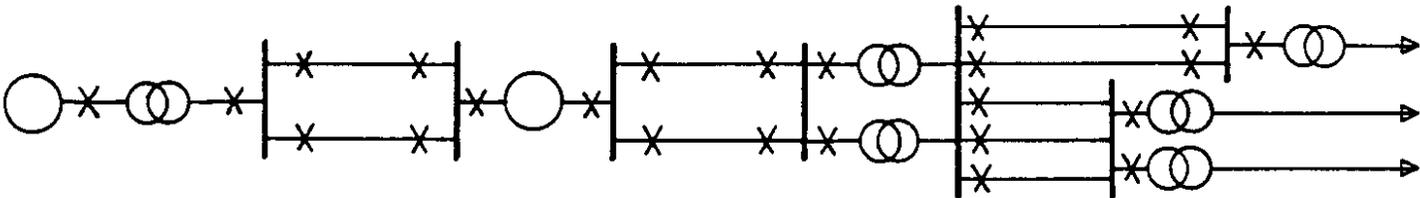
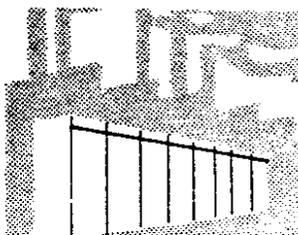
Transmisión



Distribución



Consumo



## ¿ Qué es un interruptor? (IEC 60050-441)

- Dispositivo de operación mecánica capaz de **soportar** e **interrumpir corrientes** bajo condiciones de circuito **normal** y también soportar sobrecorrientes (durante un tiempo específico), bajo condiciones de circuito **anormales especificadas**, como es el caso de los cortocircuitos.



# Introducción

- BT (< 1 kV, Industria, Residencial)
  - Aire Atmosférico
- MT (1 - 52 kV, Distribución, Industria Pesada)
  - Vacío (mayoría)
  - SF6
  - Aire (Soplado Magnético, Aire Comprimido)
  - Aceite
- AT (>52 kV, Transmision)
  - SF6
  - Aceite, Aire Comprimido





# Clasificación de Interruptores

**Megger**<sup>®</sup>  
Power on



# Clasificación de interruptores

## Medio de extinción

- Aire comprimido
- SF6
- Aceite
- Vacío

## Construcción

- Tanque vivo
- Tanque muerto

## Mecanismo de operación

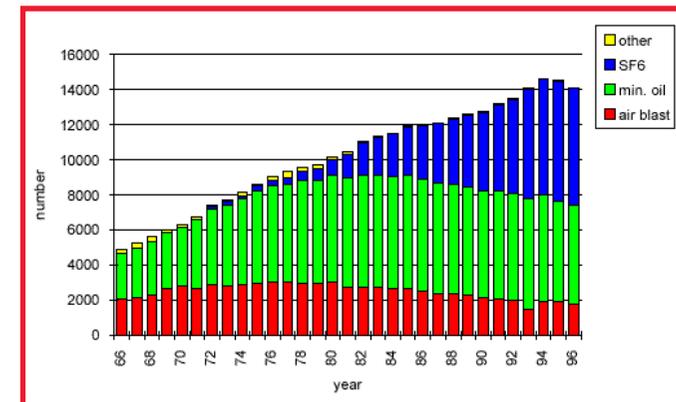
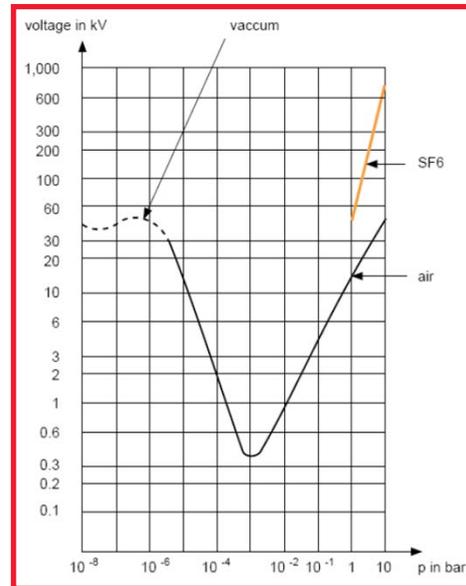
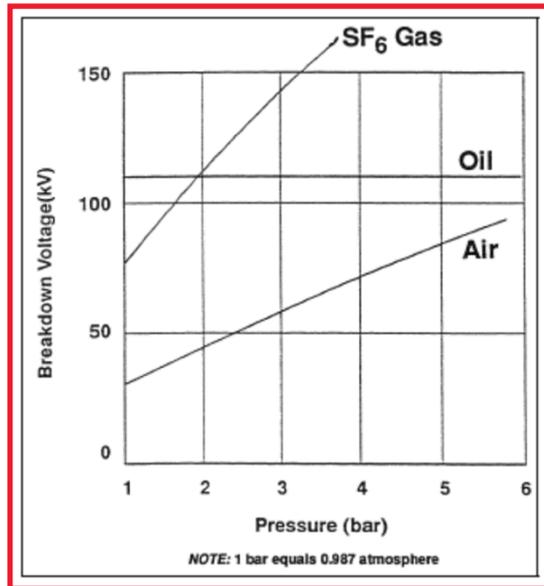
- Resorte
- Hidráulico
- Aire comprimido
- Motor

## Tecnología

- AIS
- GIS
- GCB

# Clasificación de interruptores

## Medio de extinción



# Clasificación de interruptores

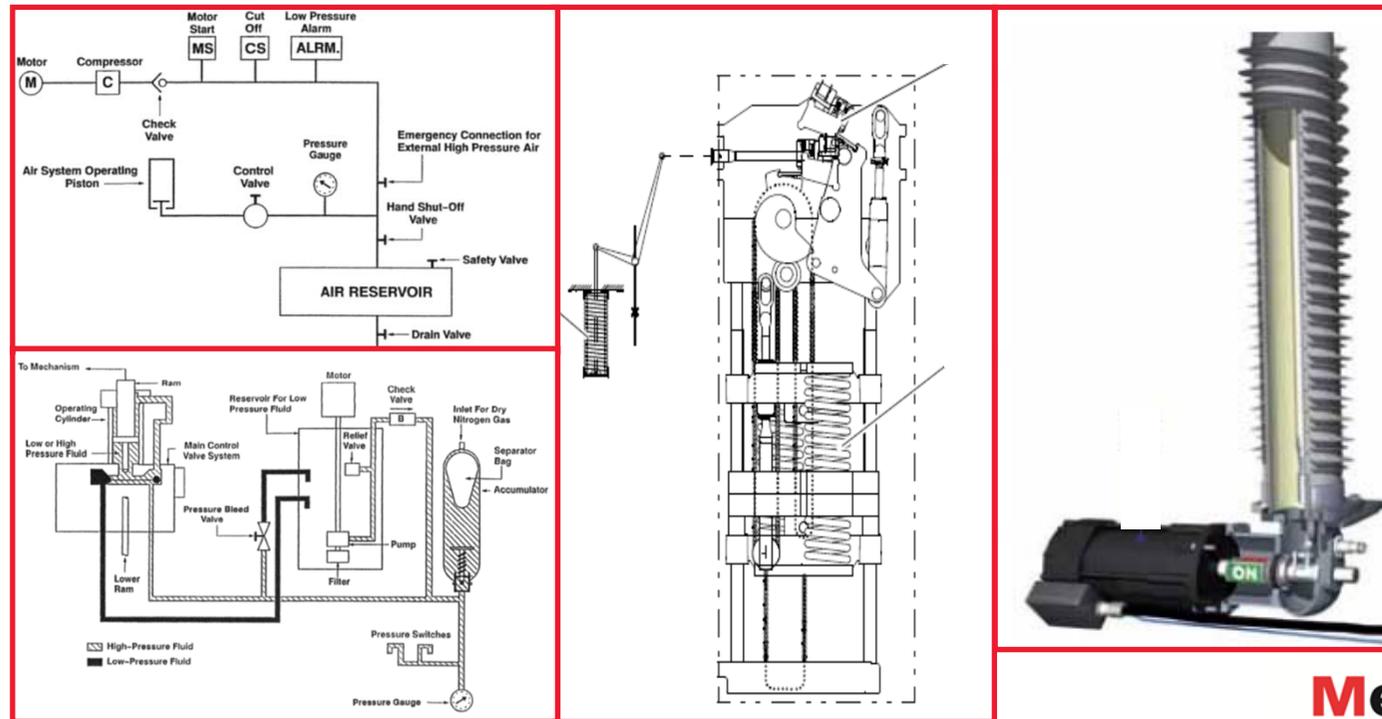
## Medio de extinción (Vacío)

- Comúnmente utilizados en distribución (15 kV)
- Tensiones de hasta 72 kV (92 en Asia)
- Amigables con el ambiente
- Los contactos se separan entre 12-17 mm
- Tecnología en uso desde los años 60s



# Clasificación de interruptores

## Mecanismo de operación



# Clasificación de interruptores

## Construcción

### Tanque Vivo



Tanque del interruptor presenta la tensión de línea

### Tanque Muerto



Tanque del interruptor aterrizado

# Clasificación de interruptores

## Tecnología

**AIS**  
(Air Insulated Switchgear)



**GIS**  
(Gas Insulated Switchgear)



**GCB**  
(Generator Circuit-Breaker)



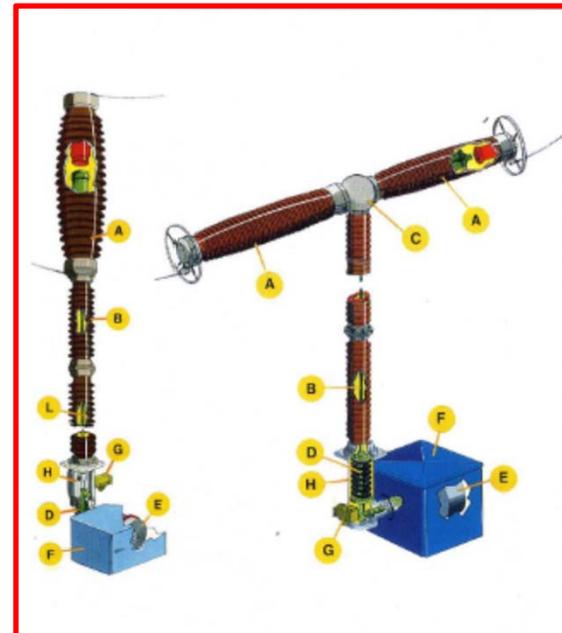


# Componentes de Interruptores



## Componentes de interruptores

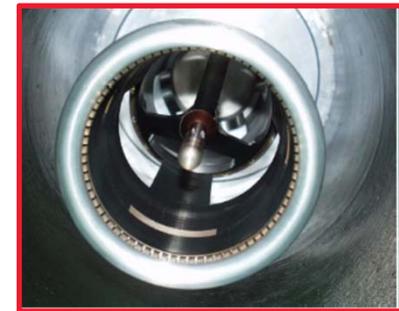
- Cámara de Interrupción
- Mecanismo de operación
- Gabinete de control
- Condensadores
  - Condensadores equipotenciales
  - Condensadores en paralelo
- Resistores
  - Pre-inserción
  - Post-inserción



# Componentes de interruptores

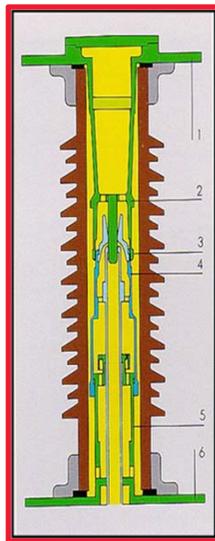
## Cámara de interrupción

- Encargada de extinguir el arco
- Generalmente compuesta por un contacto fijo y uno móvil
- En interruptores de vacío, el mismo contacto cumple las funciones de conductor y contacto de arco
- Interruptores SF<sub>6</sub> utilizan contacto principal y contacto de arco

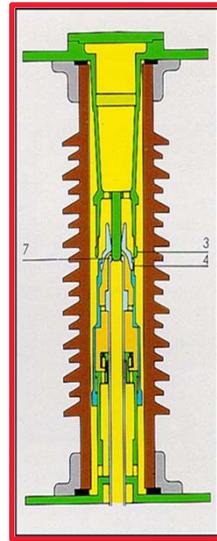


# Componentes de interruptores

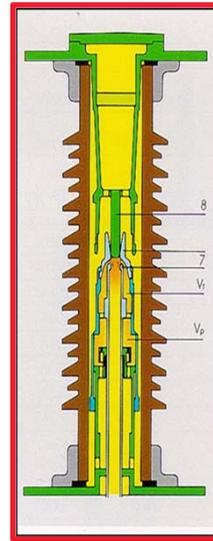
## Cámara de interrupción



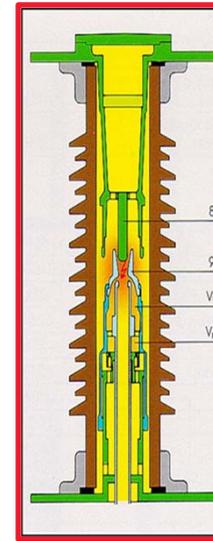
Cerrado



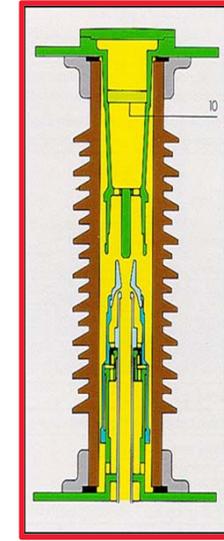
Separación  
contactos  
principales



Separación  
contactos  
de arco



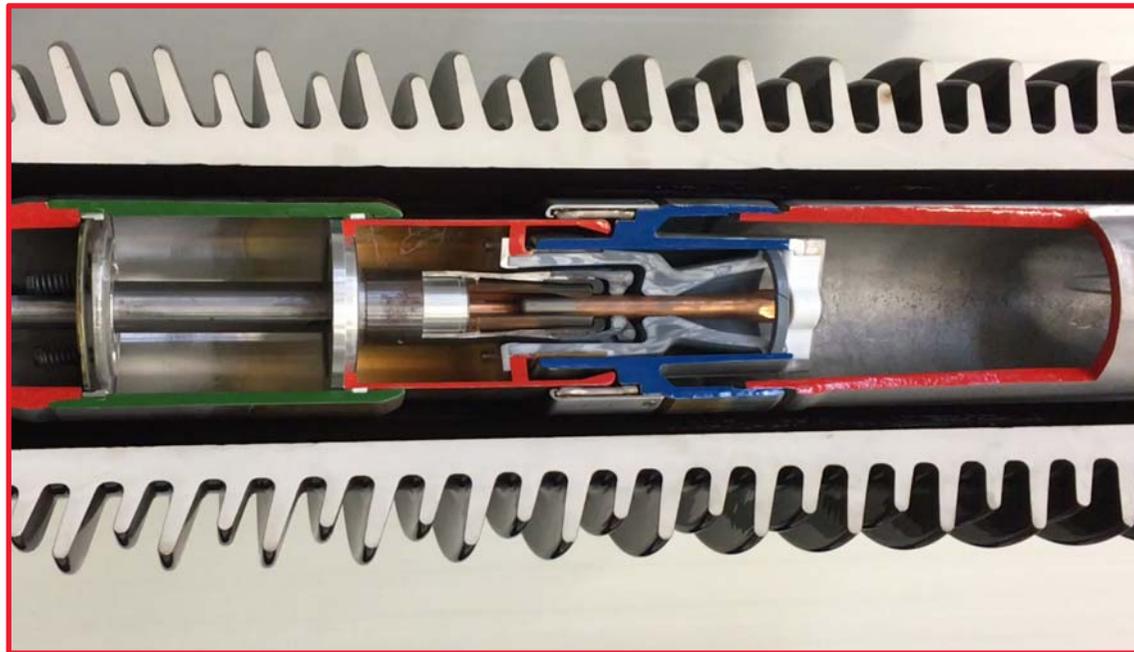
Interrupción  
del arco



Abierto

# Componentes de interruptores

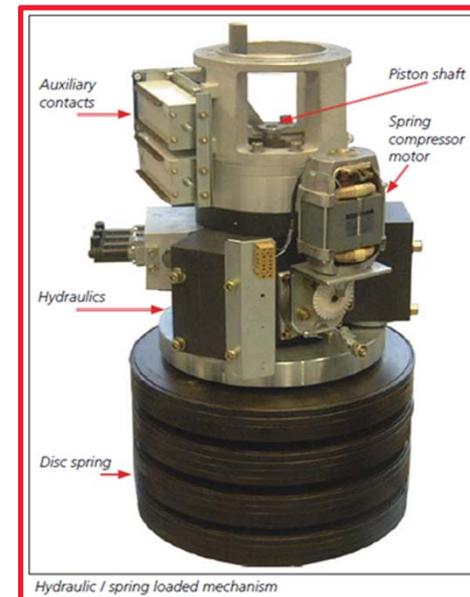
## Cámara de interrupción



# Componentes de interruptores

## Mecanismo de operación

- Genera y almacena energía necesaria para operar el interruptor
- Requiere estar listo para abrir interruptor cuando sea necesario
- Indicador de posición
- Contador de operaciones
- Indicador de carga
- Amortiguador



# Componentes de interruptores

## Mecanismo de operación

- Operación conjunta (Gang Operated)
  - Un mecanismo para las tres fases
  - Generalmente utilizado en 245 kV y menores
  - No puede abrir o cerrar una sola fase (falla monofásica)



# Componentes de interruptores

## Mecanismo de operación

- Operación de polo independiente (IPO)
  - Un mecanismo de operación por fase
  - Generalmente utilizado a partir de 245 kV
  - Puede abrir o cerrar una sola fase (falla monofásica)



# Componentes de interruptores

## Gabinete de control

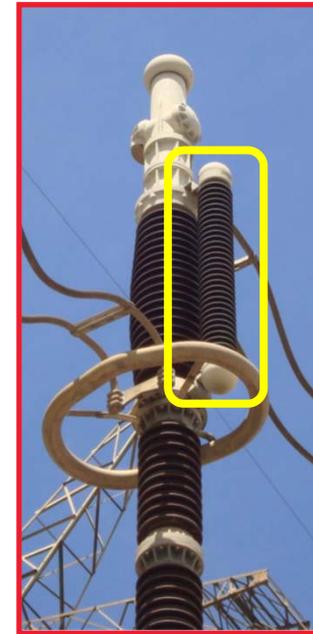
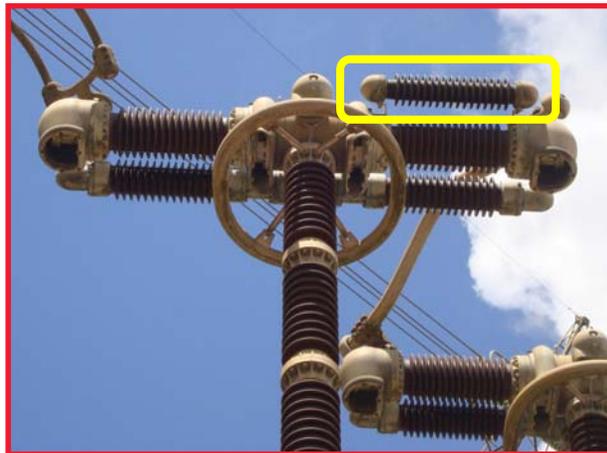
- Recibe las señales de cierre y apertura de los dispositivos externos
- Incorporan elementos como bobinas, contactos auxiliares, etc.
- Incluye el motor para cargar el mecanismo de operación
- Notifica situaciones anormales (gas insuficiente, fallas en el resorte)



# Componentes de interruptores

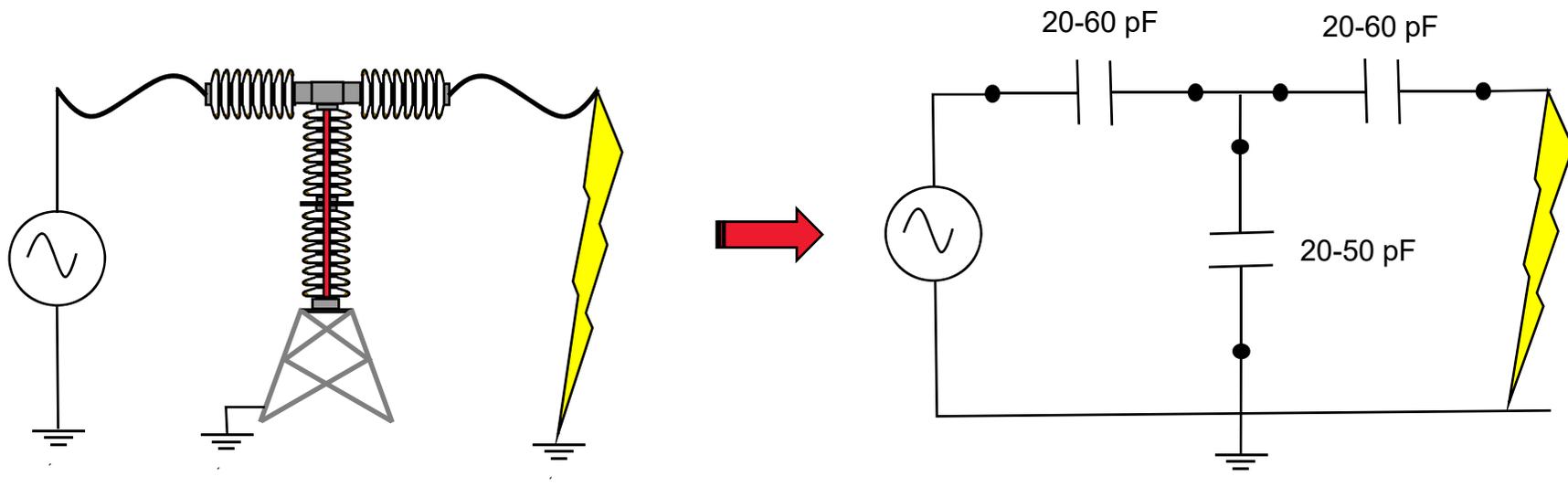
## Condensadores equipotenciales

- Ayudan a obtener una distribución uniforme de las tensiones que se presentan en los contactos abiertos cuando se utilizan varias interrupciones por fase.



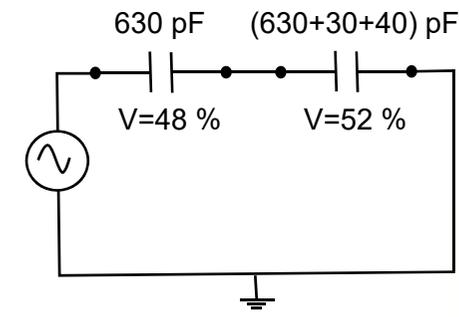
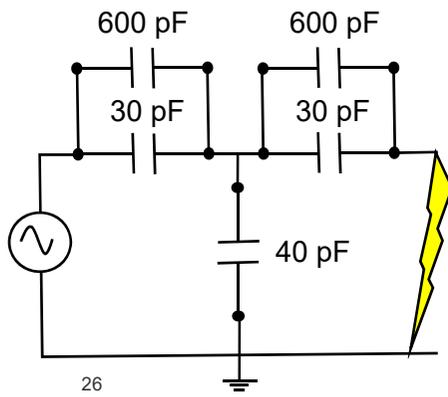
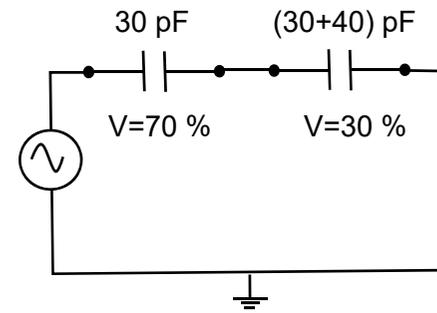
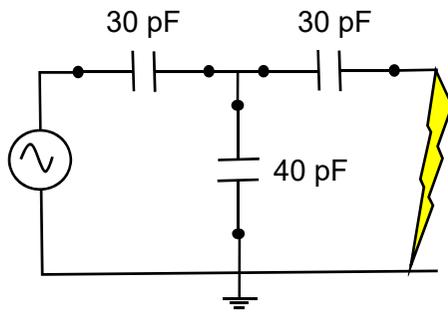
# Componentes de interruptores

## Condensadores equipotenciales



# Componentes de interruptores

## Condensadores equipotenciales



## Componentes de interruptores

### Condensadores en paralelo

- Incrementan la capacidad de cortocircuito de los interruptores. Son utilizados principalmente en interruptores de tanque muerto.



# Componentes de interruptores

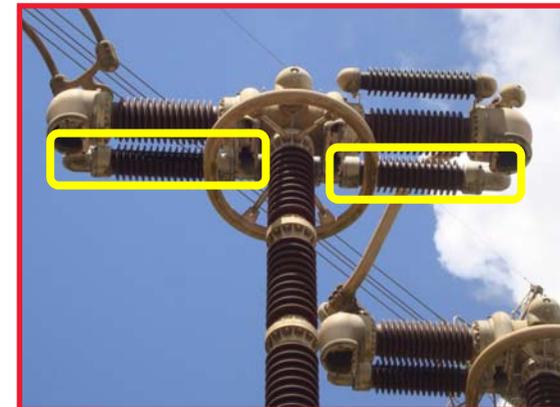
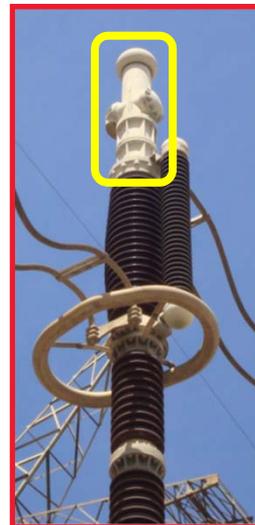
## Resistores

### ■ Pre-Insertión

- Limita los transitorios cuando se conecta la línea sin carga
- Una alternativa más económica que la conmutación síncrona

### ■ Post-Insertión

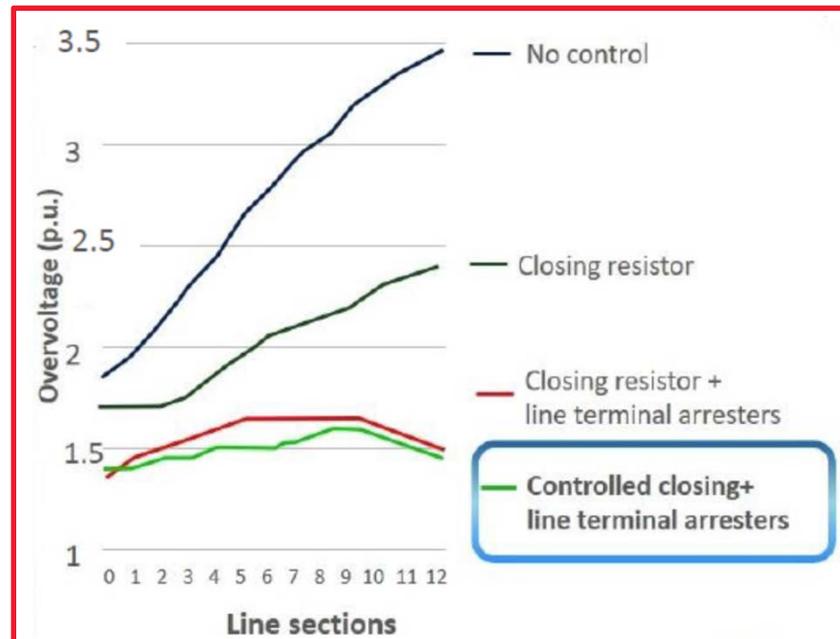
- Limita las tensiones en las operaciones de apertura
- Uso discontinuado (aire comprimido)



## Componentes de interruptores

### Resistores

- Su principal función es limitar las sobretensiones en la red eléctrica, durante las operaciones de conmutación.
- Los bloques de resistencia deben cerrar el circuito entre 8-12 ms, antes de los contactos de arco.





## Normas Internacionales

**Megger**<sup>®</sup>  
Power on

## Normas internacionales

### ¿Que son las normas internacionales?

- Documentos normativos creados conforme a procedimientos consensuales. La palabra “consensual” es importante, ya que significa que la norma internacional representa un punto de vista común de las partes implicadas (fabricantes, consumidores e investigadores).





# Normas internacionales

## Importancia de las normas internacionales

- Facilitan el comercio mundial y la transferencia de tecnología
- Garantizan la calidad de bienes y servicios
- Contribuyen a la seguridad y protección del medio ambiente
- Garantizan interoperatividad de equipos y sistemas
- Reflejan la mayor experiencia de los representantes de la industria, investigadores y consumidores
- Permite que los competidores compartan sus necesidades en un ambiente neutral

## Normas internacionales

### ■ IEC 62271

- -1 Common specifications for HV swichtgear
- -100 High voltage alternating current circuit-breakers
- -101 Sinthetic testing
- -108 High voltage alternating current disconnecting circuit-breakers for rated voltages of 72,5 kV and above
- -110 Inductive load switching
- -200 AC metal enclosed swichtgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

### ■ IEEE C37

- .100.1 Common requirements for power swichtgear
- .04 Ratings and requirements for AC HV circuit-breakers
- .06 Preferred ratings
- .09 Test procedure
- .010 Application guide for AC HV circuit-breakers
- 011. Guide for the application of transient recovery voltage for AC HV circuit-breakers

# Normas internacionales

Description	IEC	C37
Maximum interrupting time	Not required	50 and 83 ms
Short time duration	1 second	2 seconds
Operating duty (basic)	0-3m-CO-3m-CO	0-15s-CO-3m-CO
Electrical endurance	Short circuit only	800% of $I_t$
Normally touched parts	70°C	50°C
Abnormally touched parts	80°C	70°C
Copper contacts	80°C	75°C
Bare-copper connections	90°C	70°C
Silver connections	115°C	105°C
Silver to bare copper	115°C	70°C
PFVV/rated voltage ①	2.3	3.0
LIWV/rated voltage ①	4.4	7.9
Continuous current ratings	R10 series	Three listed ratings
Voltages specifically listed	World	North America
Single-phase asymmetrical test	Not required	Required
Cable capacitance switching	Not required	Required
Number of capacitor switch ratings	1	5
Load switching	Not required	Required
Double earth fault	Option	Not addressed
RRRV on outdoor breakers	Same as indoor	50% higher
Mechanical endurance	2000	1500 to 10,000

① PFVV and LIWV is the average of all ratings from 3.3 to 38 kV.

Description	IEC 62271-100	IEEE C37
Circuit time constant for asymmetry (%DC)	45 ms; options 50, 75, 120 ms	45 ms ②
Outdoor breakers TRV	Same as indoor	More severe
Peak value	$U_c = 1.715 \times U_r$	$U_c = 1.15 \times U_r$
RRRV—Class S1	Harmonized	Harmonized
RRRV—Class S2	—	Time to peak ~ 50% faster
Max. interrupting time	No limit ③	50 ms and 83 ms
Single-phase short circuit	0 is optional	0 and 0
Single-phase asymmetrical	Not required	0 and 0
Double-line-to-earth fault breaking current test	$0.87 \times I_{sc}$ @ $U_r$ is optional	Not required
Short-circuit endurance tests	Optional E2	800% x $I_t$ asymmetrical
Load current breaking		
3% to 7% of $I_r$	Not mandatory	(3) C-0
95% to 100% of $I_r$	Not mandatory	(3) C-0
Out-of-phase switching	Not mandatory	Not mandatory

① Table is for breakers less than 40 kV.  
 ② Generator breakers have different parameters.  
 ③ Interrupting time to be measured and reported.



# Pruebas a Interruptores

**Megger**<sup>®</sup>  
Power on

# Pruebas a 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 a interruptores

## IEC (62271-100)

### ■ Pruebas Tipo

- Pruebas dieléctricas en circuitos principales
- Ambientales
- Resistencia de contactos
- Incremento de temperatura
- Tiempos de operación
- Pruebas de corrientes de cierre y apertura
- Hermeticidad
- Mecánicas
- Pruebas de tensión mínima en las bobinas

### ■ Pruebas de Rutina

- Inspección visual
- Prueba de potencial aplicado al circuito de control
- Prueba al control y circuitos auxiliares
- Resistencia de contactos
- Hermeticidad
- Tiempos de operación

# Pruebas a interruptores

## IEEE (C37.09)

### ■ Pruebas de Diseño

- Máximo voltaje
- Prueba a frecuencia del sistema
- Corriente sostenida
- Pruebas dieléctricas
- Ciclo de operación
- Tiempos de interrupción
- Tensión de restablecimiento transitorio
- Interrupción de corriente de corto circuito
- Corriente de carga
- Resistencia mecánica

### ■ Pruebas de Producción

- Revisión de placa de datos
- Pruebas a las boquillas
- Pruebas al compartimiento de gas
- Pruebas de presión
- Prueba de hermeticidad
- Revisión de control y cableado
- Operación mecánica
- Tiempos de operación
- Resistencia de contactos
- Potencial aplicado al interruptor
- Conductividad de corriente



**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**<sup>®</sup>  
Power on