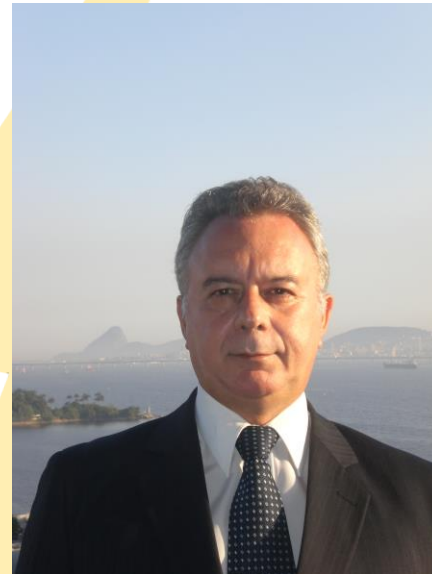


## CONCEPTOS DE DISEÑO + SOFTWARE SwitchgearDesign PARA TABLEROS, CELDAS, APARAMENTAS, DUCTOS DE BARRAS Y SUBESTACIONES



Ítem 1:  
Temas del curso  
completo  
y CV del autor



- Diseño y proyecto de equipos y laboratorios de ensayos de alta potencia e alta tensión
  - 25 años como proyectista, ingeniero de ensayos y gerente de los laboratorios de CEPEL
  - Consultor en la implantación de los nuevos laboratorios en Itajubá (ISI – CEDIIEE, SENAI, FIEMG – MG). Alta Potencia 2500 MVA, Alta Tensión hasta clase 500/765 kV, calentamiento 25 kA
- WG A3.24 - CIGRÉ International – Simulaciones de pruebas de arco interno (miembro)
  - Coautor de la brochura CIGRE 602 / 2014 : Simulation of Internal Arc in T&D Switchgear.
- WG A3.36 International – Simulaciones de pruebas de calentamiento (miembro)
- IEC SC 17 C / WG31 : coautor de la norma IEC 62271-307 (2015) : Guidance for the extension of validity of type tests of ac metal-enclosed switchgear and controlgear
- TC 32 de la IEC - International Electrotechnical Commission (Fusibles) – Chairman (1990-1994)
- Coordinador del Forum LinkedIn Switchgear, Substations & Superconductivity



**energía**  
INGENIERÍA ENERGÉTICA Y MEDIOAMBIENTAL

**SEGURFOC 381**  
Seguridad. Este artículo muestra los resultados de un estudio de seguridad realizado por un equipo de ingenieros de General Cable.

El más seguro y flexible en caso de incendio.

General Cable

**Simulação de ensaios em painéis e barramentos: metodologia e validação**

Engenheiro Sérgio Falcão Costa, da Cognitor

Este artigo apresenta uma técnica de simulação de ensaios de arco interno, forças eletromagnéticas e de ablação de temperatura em barramentos e painéis de baixa e média tensão. A metodologia pode reduzir alguns custos e evitar danos materiais causados por falhas. São descritos o método de análise completa e resultados de simulação, para comparação com resultados de testes reais.

Fig. 1 - Captura de tela de um teste em barramentos de 400V.

**Celdas, cuadros, canalizaciones y conexiones eléctricas**

Algo falta en las normas IEC y en las especificaciones de usuarios

calidad eléctrica

Por S. Helena Costa, director COGNITOR • Consultora, Investigación y Capacitación

62 • enero/febrero 2010

**602**

**Tools for the Simulation of the Effects of the Internal Arc in Transmission and Distribution Switchgear**

Working Group A3.24

December 2014

cigre

**o setor elétrico**

17

**Mercados de T&D faturam, cada um, mais de R\$ 300 milhões por ano**

É o que mostra levantamento exclusivo que revela ainda que setores prometem crescimento de 14% para 2010

Qualidade de energia

Resultados de estudo sobre impacto de interrupções nos negócios

Operação dinâmica de barramentos de capacitor

Previsão de desempenho térmico de painéis de distribuição

Estudo sobre limites de alimentação por interconexão de equipamentos

Previsão de desempenho térmico de painéis de distribuição

Estudo sobre limites de alimentação por interconexão de equipamentos

**Painéis, cuadros, barramentos e seus componentes: falta algo nas normas IEC**

Estudo sugere que normalização permita que técnicas de simulação sejam utilizadas como ferramenta auxiliar para a verificação de resultados

por Sérgio Falcão Costa

O usuário de equipamentos elétricos sempre sabe que os produtos comercializados possuem um certificado de conformidade emitido por um laboratório reconhecido. Esse é um processo que ocorre em países desenvolvidos, mas somente nos últimos 25 anos aconteceu em países como Brasil, China e Índia.

Brasil, em laboratório, como se de sua própria vida se trata. Assim, não há um produto produzido no Brasil que não tenha sido testado em um laboratório reconhecido. Isso ocorre porque, para que um produto seja considerado seguro, ele precisa passar por uma série de testes que são realizados em laboratórios reconhecidos. Isso ocorre porque, para que um produto seja considerado seguro, ele precisa passar por uma série de testes que são realizados em laboratórios reconhecidos.

**EM ELETRICIDADE MODERNA**

381

OS AVANÇOS E AS TENDÊNCIAS DA TECNOLOGIA ELETROELETRÔNICA

EDIÇÃO ESPECIAL

ENIE 2010 Encontro Nacional de Instalações Elétricas

Instalações Planejamento e projeto Verificação final das instalações Proteção contra raios

December 2014

Sensores de presença e controles na iluminação

O consumo standby dos aparelhos domésticos

Atenuamento atômico para redes de média tensão

Motores de relutância chaveados

Energias elétrica e térmica com painéis fotovoltaicos

Instrumentos de medição da qualidade da energia

Transformadores mais eficientes

Transmissão: conexão de parques eólicos

Guia de equipamentos de proteção para serviços em eletricidade

As perdas de energia no Brasil

Simulação de ensaios em painéis e barramentos

Degrade prematuro de motores





- Temas del curso completo (partes se pueden obtener por separado).
- La formación se centra en
  - fabricantes de equipos para subestaciones de alta y baja tensión
  - empresas de certificación y laboratorios de pruebas.
  - revisar conceptos de ingeniería necesarios a un buen diseño.
  - Aprender a utilizar el software SwitchgearDesign desarrollado por Sergio Feitoza
  - Permite desarrollar equipos a través de la simulación de las pruebas



# ESPECIFICACIONES DE CORRIENTES y TENSIONES

- Flujo de carga e definición das corrientes normáis.
- Estudios de curto-circuito (corrientes e duraciones)
- Conceptos del software libre ATP / ATPDRAW

The screenshot shows the ATPDRAW interface with a circuit diagram and several data tables. The circuit includes a 13.8 kV source, a reactor (Xeq), a capacitor (Capac), and a breaker (Disjunt). Three measurement points are marked with dashed green arrows: 1 (voltage), 2 (current), and 3 (voltage).

DATA	VALUE
R	0
L	0.1992
C	0

DATA	VALUE
R	0
L	38.088
C	0

DATA	VALUE
T-cl	0
T-op	0.001
Imar	10

File path: C:\0\_CD\_Conceitos\Curso\_2012\_SW\_SE\CD\_ATP\_CBUE\Exercicios\Abertura\_Reator\Project\reator.adp

The screenshot shows the MC's PlotXY plot window displaying three waveforms (voltage and current) over a 30 ms period. A data table is also visible.

DATA	VALUE
R	0
L	1
C	0

File path: C:\0\_CD\_Conceitos\Curso\_2012\_SW\_SE\CD\_ATP\_CBUE\Exercicios\Abertura\_Reator\Project\reator.adp

The screenshot shows the ATP software interface with a power system diagram. It includes a table with system parameters and cost data.

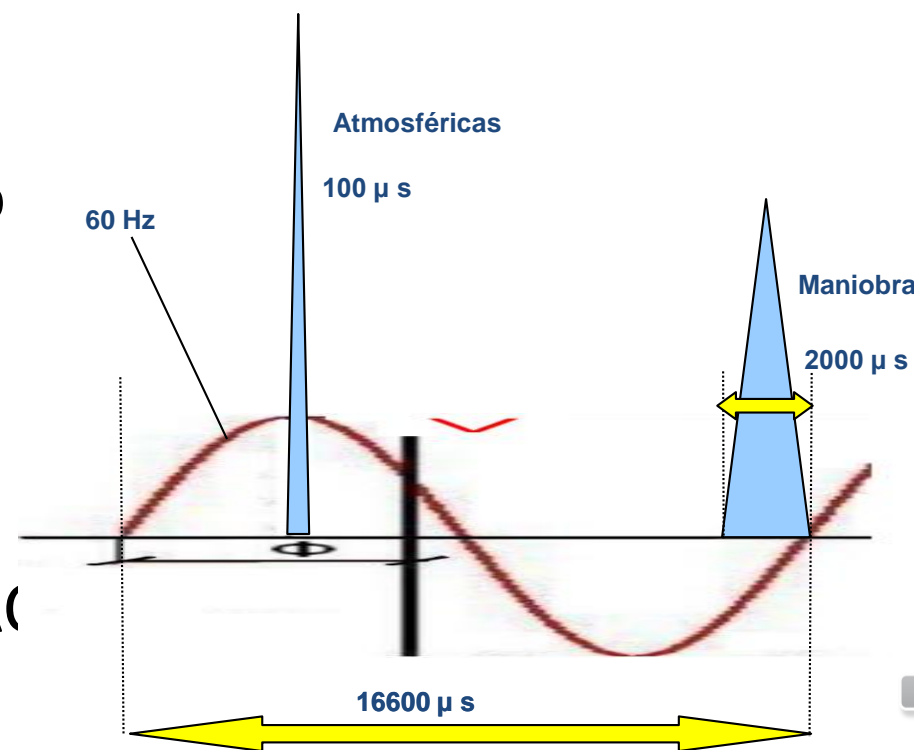
DATA	VALUE
T-cl	0
T-op	0.001
Imar	10

Case Hourly Cost: 16930 R\$/hr  
Top Area Cost: 8025 R\$/hr



## SOBRETENSIONES Y COORDINACION DEL AISLAMIENTO

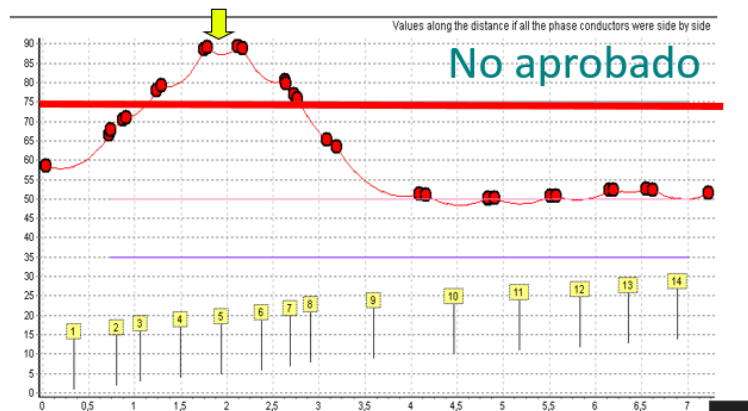
- Transitorios e coordinación des asilamiento.
- Técnicas para reducir sobretensiones (sincronizadores, resistores de pre-inserción, para-rayos)
- Niveles de tensión soportable CA y impulso
- Campos Eléctricos y distancias eléctricas
- Testes dieléctricos (impulso, tensión AC corona, RIV)



# CORTOS-CIRCUITOS, SOBRECARGAS, AMPACIDADES

- Contactos eléctricos y elevación de temperatura
- Reducción de la vida útil, capacidad de los materiales para soportar las temperaturas
- Ventilación y de resistencias de contactos
- Las sobrecargas en transformadores

Resistencia total por fase (interruptor + conexiones + conductores) = **72 μΩ**  
 Resistencia del interruptor = **30 μΩ**



Cálculo de la resistencia de un contacto

$$R_c = \frac{\rho}{2 \cdot \eta \cdot a} + \frac{\sigma_0}{\eta \cdot \pi \cdot a^2}$$

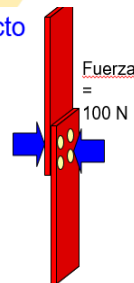
$$a = \sqrt{\frac{100}{18 \cdot \pi \cdot (0.45) \cdot (5.5 \times 10^8)}} = 8.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$n = 2.5 \times 10^{-5} \cdot (5.5 \times 10^8)^{0.625} \cdot 100^{0.2} = 18.2 = 18$$

$$\rho = 1.78 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

$$\sigma_0 = 5 \times 10^{-12} \text{ } \Omega \cdot \text{m}^2$$

$$R_c = 6 + 12 = 18 \text{ } \mu\Omega$$

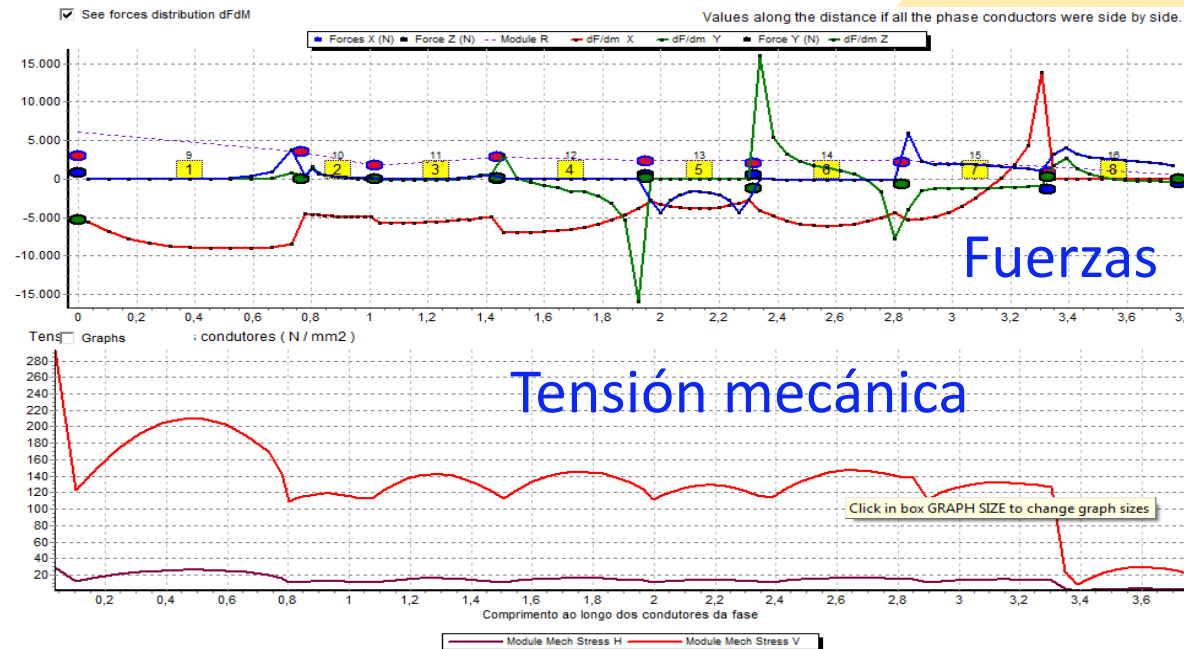
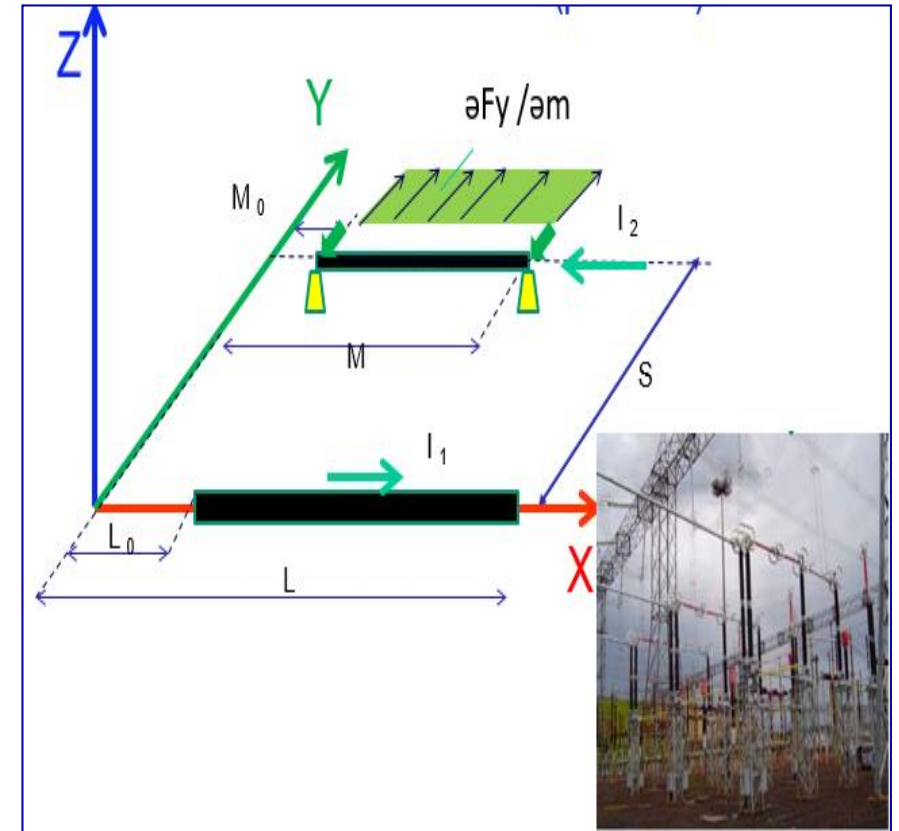


Parte	Material do contacto y medio donde sera utilizado	Elevación de temperatura máx. (K) amb 20°C	Temperatura máx. (°C) ambiente 40°C	Comentarios
CONTACTO DE MUELLE	Cobre y aleaciones, no revestido			
	- en aire	35		
	- en SF6	50		
	- en aceite	40		
MUELLE	Estañado, en aire, SF6 o aceite	50		
	Plateado o niquelado - en aire	65		
	- en aceite	50		
	Para contactores en aceite		105	Deteriora el aceite
CONTACTO ATORNILLADO	Cobre, aluminio e sus aleaciones no revestido en aire	50		
	no revestido en SF6	65		
	Estañado, en aire o SF6		105	"creep" estaño
	Plateado o niquelado en aire o SF6	75		
	Plateado o niquelado en aceite		100	Deteriora el aceite
	Para contactores en aceite		105	Deteriora el aceite
PARTES en METAL	Em contacto co aislamiento clase			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Y / A / E</li> <li>• B / F / H</li> <li>• Actuando como muelles</li> <li>• em posición de soldas</li> </ul>		90 / 105 / 120	Envejecimiento del aislamiento
			130 / 155 / 180	
			caso a caso	Deformación perm. Ruptura
			100	
SUPER-FÍCIAS	Pueden ser tocadas (metal/no met.)		70 / 80	Quemaduras
	Accesible pero no tocada		80 / 90	



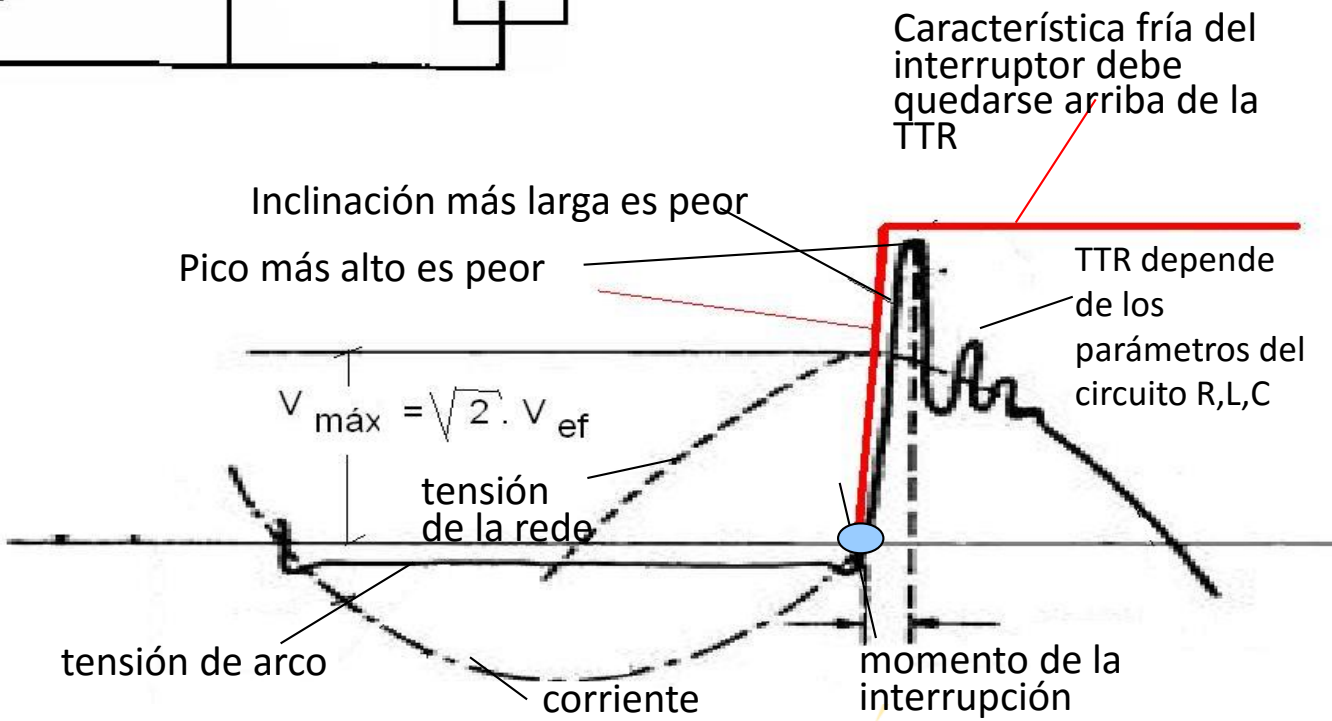
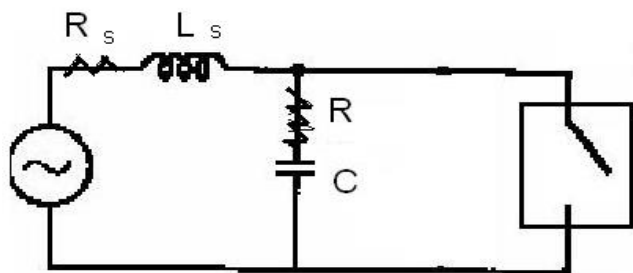
# CORTOS-CIRCUITOS, SOBRECARGAS, AMPACIDADES

- Esfuerzos electrodinámicos del cortocircuito
- Inducción magnética
- Cálculo de fuerzas y tensiones mecánicas
- Valores límite para aisladores y conductores.
- Pruebas de corriente de corta duración y de cresta
- Campos magnéticos en las instalaciones

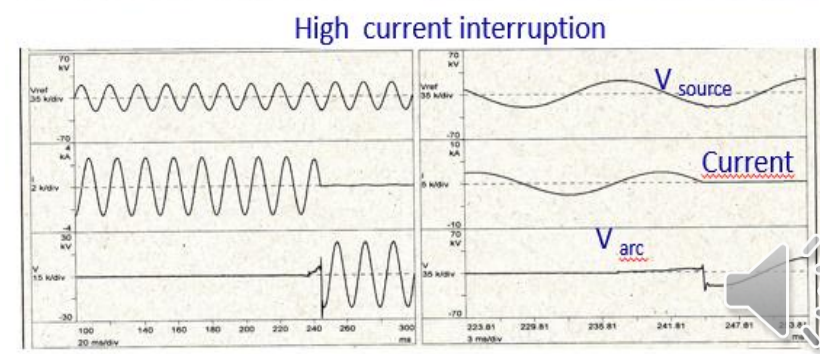
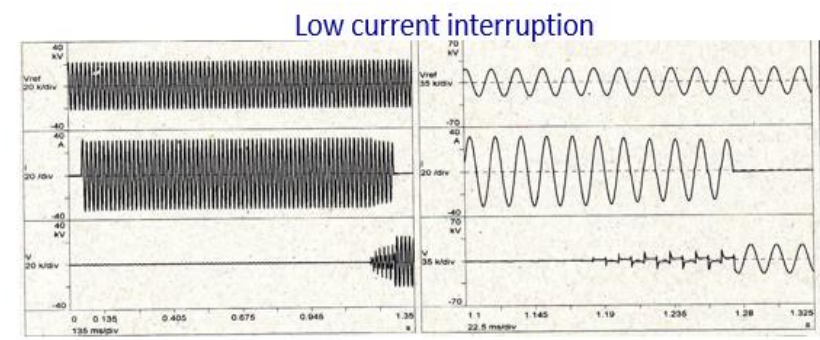




# TENSIONES DE RESTABELECIMIENTO TRANSITORIAS E PROCESOS DE INTERRUPCION



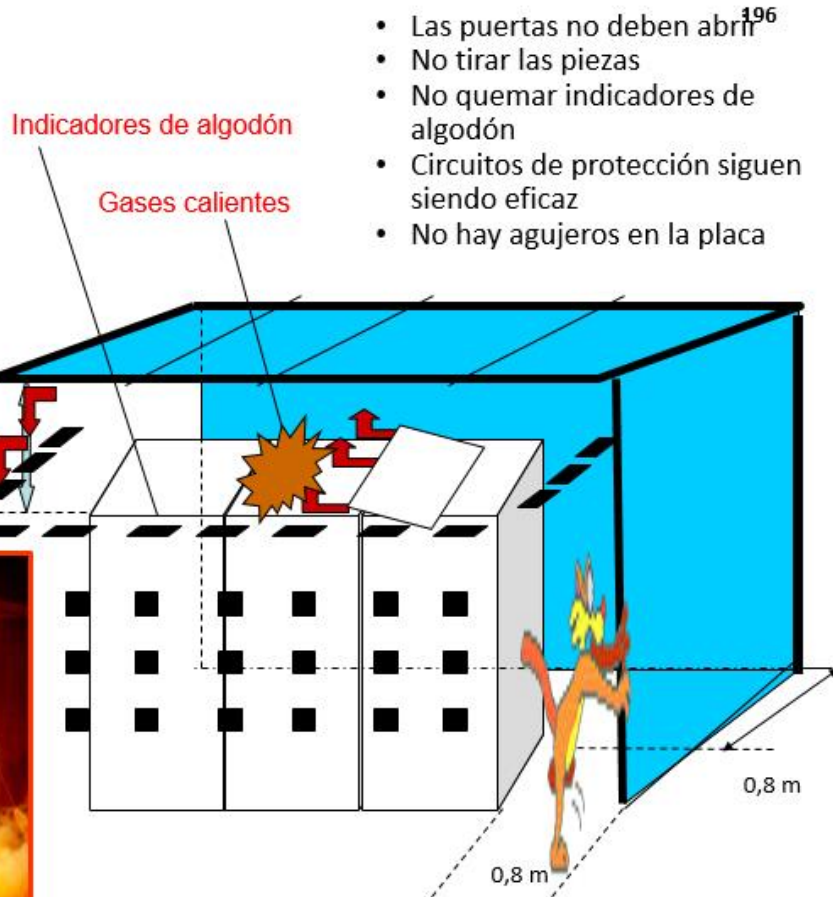
- Tecnologías: Interruptores, llaves y fusibles
- Pruebas de interrupción



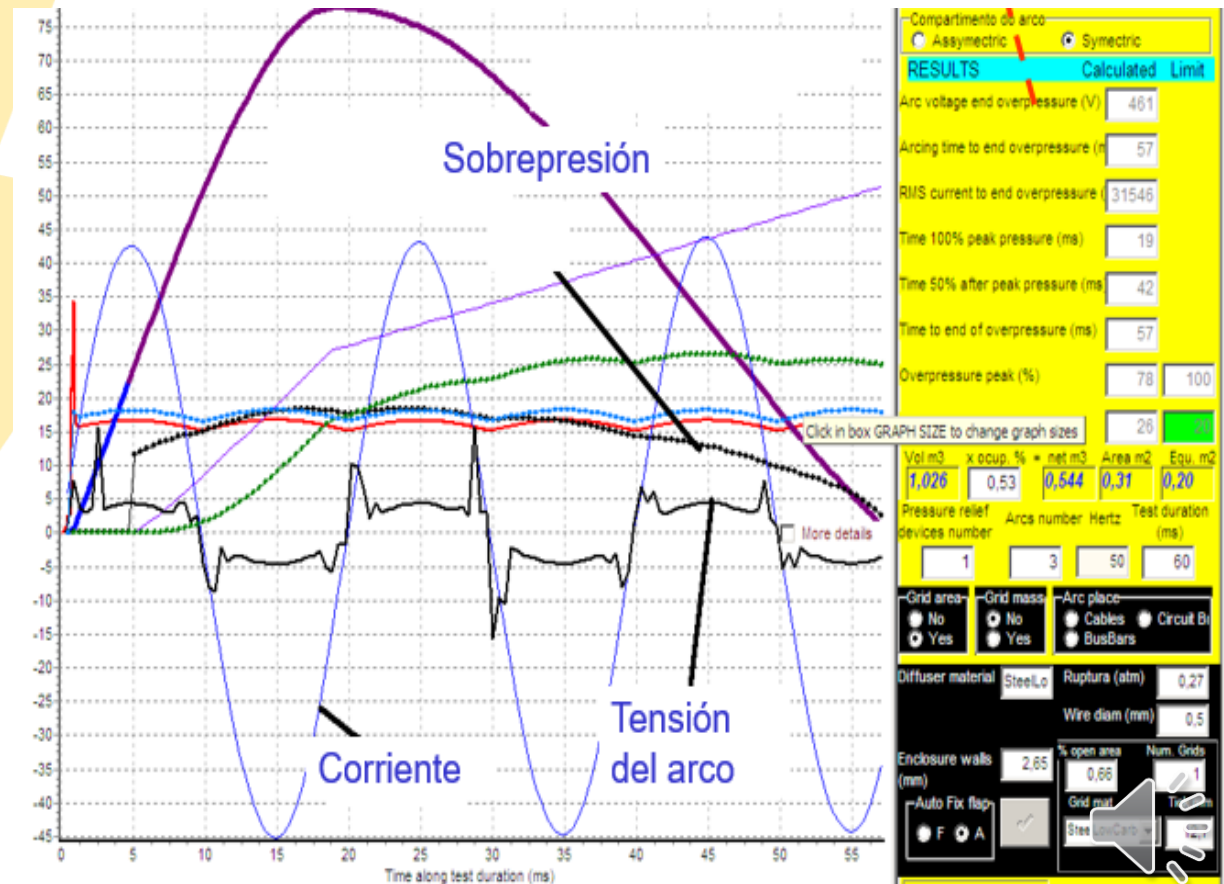
## ARCOS DE POTENCIA E SEGURIDAD DE PERSONAS Y INSTALACIONES

- Arco interno en celdas y apartamentos
- Tecnologías para controlar los efectos del arco

- Explosiones y fuego en transformadores
- Arcos de potencia en cadenas de aisladores



- Las puertas no deben abrir<sup>196</sup>
- No tirar las piezas
- No quemar indicadores de algodón
- Circuitos de protección siguen siendo eficaz
- No hay agujeros en la placa



## NORMAS TECNICAS PARA CELDAS Y APARAMENTAS

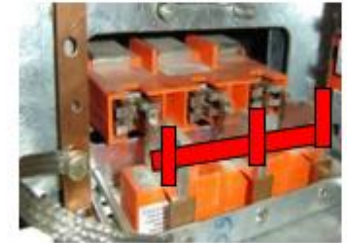
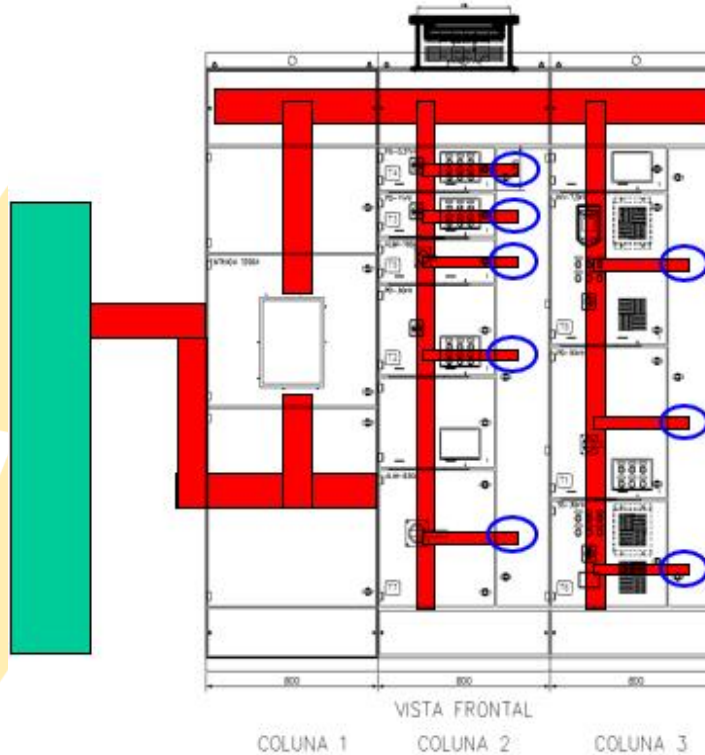
- IEC 62271-200 (media tensión)
- IEC 62271-307 - Parte 307: extensión de la validez de pruebas de tipo
- IEC 62271-1 (cláusulas comunes), IEC62271-100 (interruptores), IEC 60282-2 (fusibles expulsión), IEC 60076 (Transformadores de potencia).





# NORMAS TECNICAS PARA CELDAS Y APARAMENTAS

- IEC 61439 e IEC 60439  
(baja tensión)
- Planeando el uso de las reglas de diseño en IEC61439.



Ponto de curto circuit 65kA – 380V – 60Hz

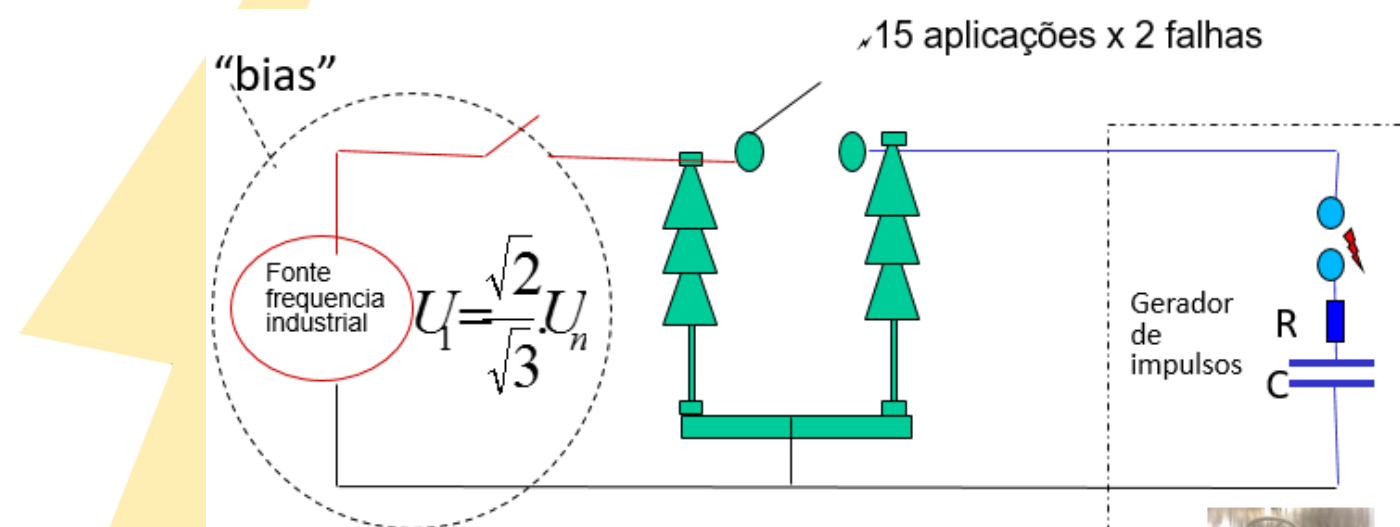




# ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS T&D

- La especificación más eficiente es la norma IEC
- Seccionadores y llaves
- Interruptores
- Pararrayos
- Transformadores y reactores

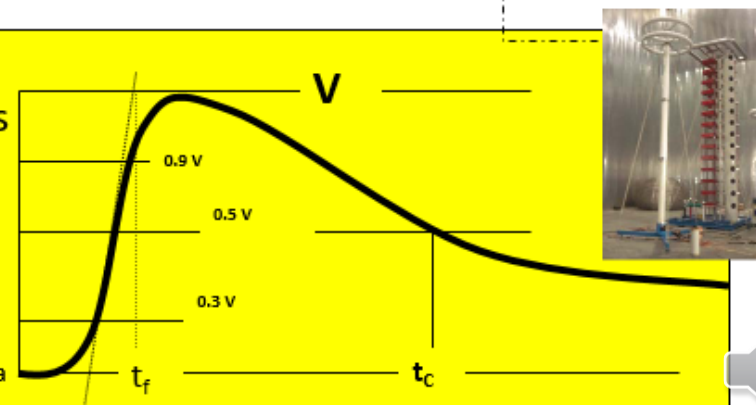
Datos técnicos		Requerimientos
	Otras especificaciones como en el seccionador	
Corrientes de corto circuito	Capacidad de interrupción Componente e CA (kA <u>eff</u> ) Componente CC (%) Duración nominal (s)	40 kA <sub>eff</sub> 50% 3 s
Interrupciones	Número de interrupciones sin mantenimiento	
TRT nominal para fallas en los terminales	Número de parámetros da curva TTR Factor de primero polo: Primera tensión ref. (U1) Tiempo para Tensión U1 (t1) Segunda Tensión ref. (Uc) Tiempo p/ atingir Uc (t2) Tiempo de retardo (td) Tensión coordinada U' Tiempo coordinado t' Tasa crecimiento (U1/t1)	4 1,5 296 kVcr 148 μS 415 kVcr 444 μS 2 μS 148 kVcr 76 μS 2 kV/ μS
Ciclo de operación		O - 0,3s - CO - 3min - CO



**Atmosférico**  
 $t_f = 1,2 \mu s$ ;  $t_c = 50 \mu s$

**Manobra:**  
 $t_f = 250 \mu s$ ;  $t_c = 2500 \mu s$

Polaridades positiva e negativa



## Software SWITCHGEAR\_DESIGN (utilización y estudios de caso)

- Estado del arte de la utilización de simulaciones para reemplazar pruebas
- Simulación de pruebas de corrientes soportables de corta duración y cresta (esfuerzos electrodinámicos y tensiones mecánicas)
- Simulación de pruebas de calentamiento y cómo optimizar el proyecto
- Simulación de las pruebas de arco interno (sobrepresión, burn-through y soportabilidad)
- Estudios de caso con el software
- Evaluación de los campos electromagnéticos

