

*estamos ahí.*

epm<sup>®</sup>

energía | gas natural | aguas

# ENSAYOS EN GENERADORES SINCRÓNICOS DE CENTRALES ELÉCTRICAS



**SANTIAGO DE CALI**  
**LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN**  
**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
M. Sc. Ing. Juan Carlos Toro Londoño

**GRUPO EMPRESARIAL EPM**  
**MEDELLÍN – COLOMBIA**



OCTUBRE 13 DE 2016

# ENSAYO EN GENERADORES

## ESTATOR

- Resistencia óhmica
- Corto entre espiras
- Resistencia de aislamiento (IP)
- $\text{Tan}\delta - \Delta \text{Tan}\delta$
- PDA
- Prueba aislamiento láminas estator
- Aflojamiento de cuñas (SWA)
- Localización de PD
- Alta tensión (HV)

# ENSAYO EN GENERADORES

## ROTOR

- **Corto entre espiras, caída de tensión**
- **Análisis Oscilográfico (RSO)**
- **Resistencia de aislamiento (IP)**
- **Resistencia óhmica**
- **Alta tensión (HV)**



## DIAGNOSTIC CHART AC Rotating Machinery

- A** = Synchronous - Cylindrical Rotor      **B** = Synchronous - Salient Pole Rotor  
**C** = Induction - Squirrel Cage              **D** = Induction - Wound Rotor  
 \* = Commonly Not Applicable

	A	B	C	D
Visual Inspection	7.1.1	7.1.1	7.1.1	7.1.1
Wedge Tightness	7.1.2	7.1.2	7.1.2	7.1.2
Winding Insulation Resistance	7.1.3	7.1.3	7.1.3	7.1.3
Controlled Direct Overvoltage Tests	7.1.4	7.1.4	7.1.4	7.1.4
Overvoltage Proof Test (AC, DC, 0.1 Hertz)	7.1.5	7.1.5	7.1.5	7.1.5
Dissipation Factor and Tip-Up	7.1.6	7.1.6	7.1.6	7.1.6
Turn to Turn	7.1.7*	7.1.7	7.1.7	7.1.7
Partial Discharge	7.1.8	7.1.8	7.1.8	7.1.8
Corona Probe Test	7.1.9	7.1.9	7.1.9	7.1.9
Winding Conductor Resistance	7.1.10	7.1.10	7.1.10	7.1.10
Detector (RTD/TC) Insulation Test	7.1.11	7.1.11	7.1.11	7.1.11
Detector (RTD/TC) Continuity/Calibration	7.1.12	7.1.12	7.1.12	7.1.12
Tube to Tube Insulation	7.1.13	-	-	-
Tube to Copper Insulation	7.1.14	-	-	-
Group Transpositions	7.1.15	7.1.15*	7.1.15*	7.1.15*
Modal Analysis (Bump Test)	7.1.16	7.1.16*	7.1.16*	7.1.16*
Bushing/Dielectric Loss	7.1.17	-	-	-
Visual Inspection	7.2.1	7.2.1	7.2.1	7.2.1
Low Energy Core Test	7.2.2	7.2.2*	7.2.2	7.2.2
High Energy Core Test	7.2.3	7.2.3	7.2.3	7.2.3
Core Tightness	7.2.4	7.2.4	7.2.4	7.2.4
Through Bolt Insulation Resistance	7.2.5	-	-	-
Flux Shield Insulation Resistance	7.2.6	-	-	-
Visual Inspection	7.3.1	7.3.1	7.3.1	7.3.1
Gas Cooling Passage Pressure Drop and Flow	7.3.2	-	-	-
Water Cooling Passage Leak and Flow Tests	7.3.3	7.3.3	-	-
Water Flow Verification	7.3.4	7.3.4	-	-

Winding

Core

Coolant Passage

Stator



# ENSAYO EN GENERADORES

## ¿Al Qué?

**Los ensayos aplican a núcleos y dieléctricos sólidos de máquinas sincrónicas.**

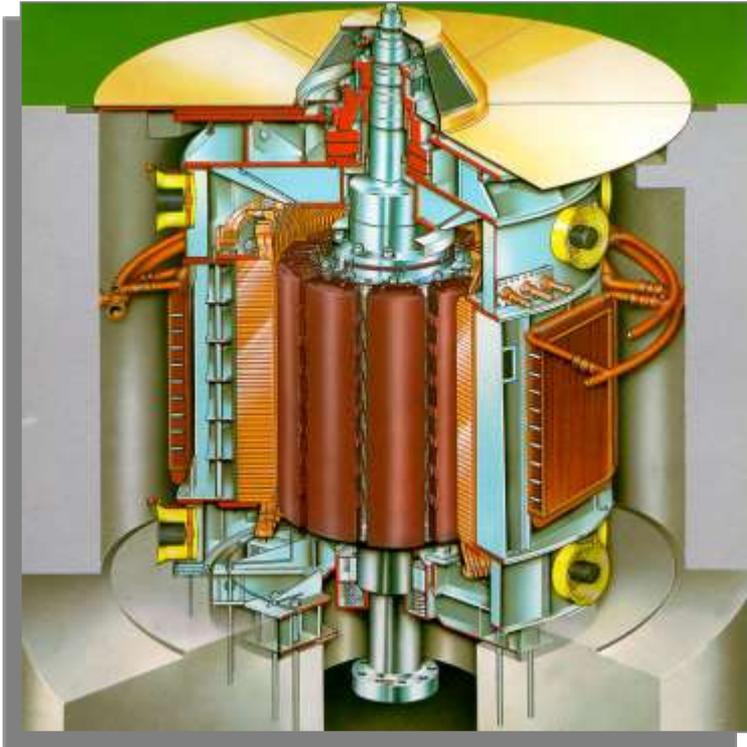
**En los dieléctricos aplica a devanados de armadura y de campo.**

**Los ensayos son con equipo des-energizado y fuera de servicio.**

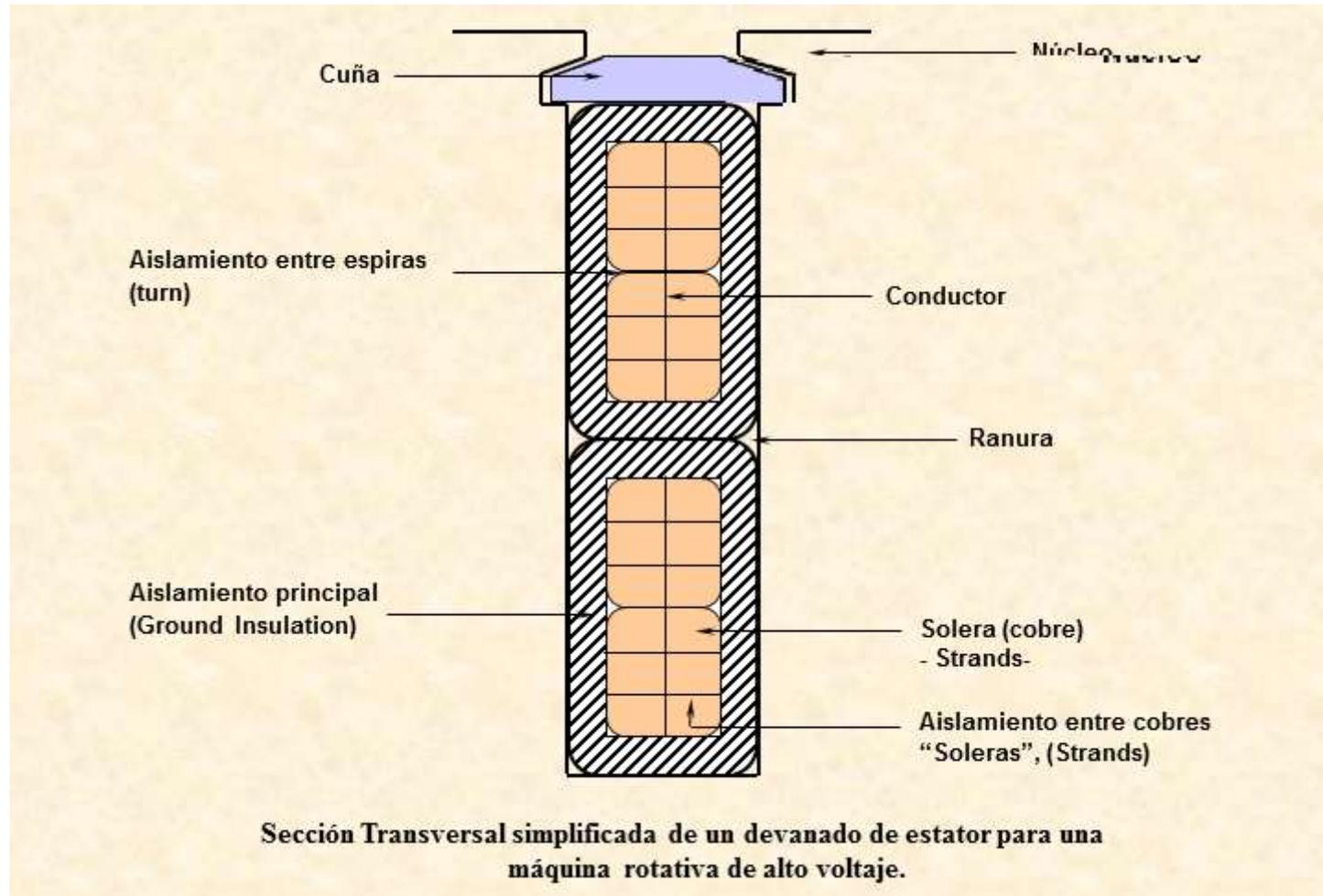
# BARRAS DEL INDUCIDO



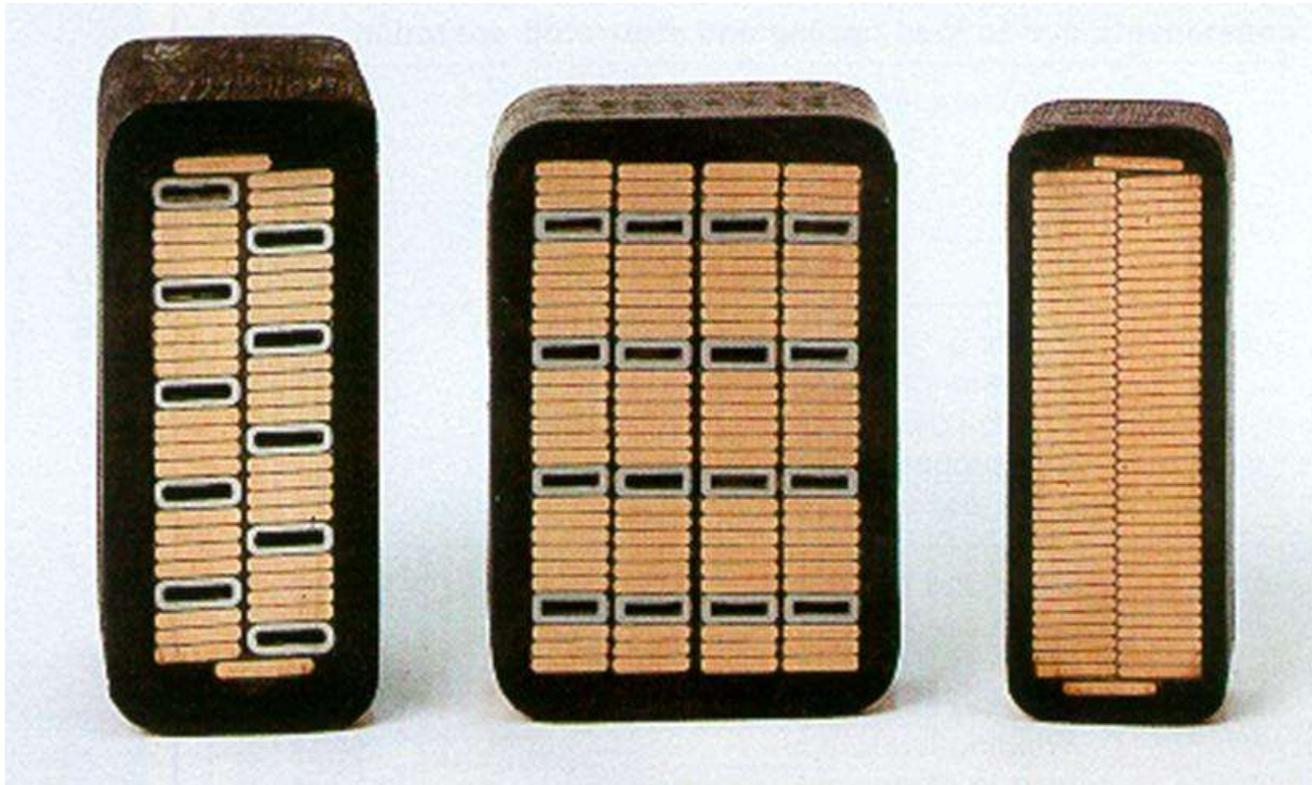
# GENERADORES SINCRÓNICOS



# DETALLE DE UNA RANURA



# DETALLE DE BOBINAS



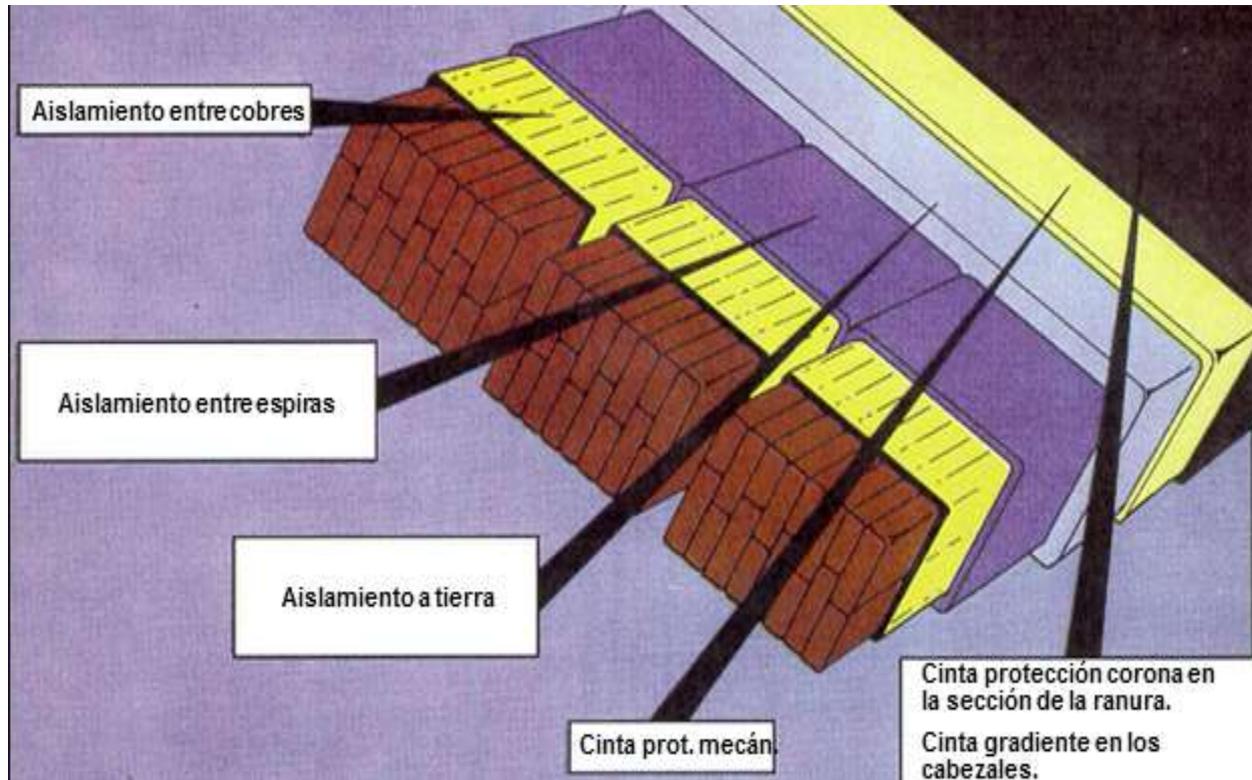
# BOBINAS EN FABRICACIÓN



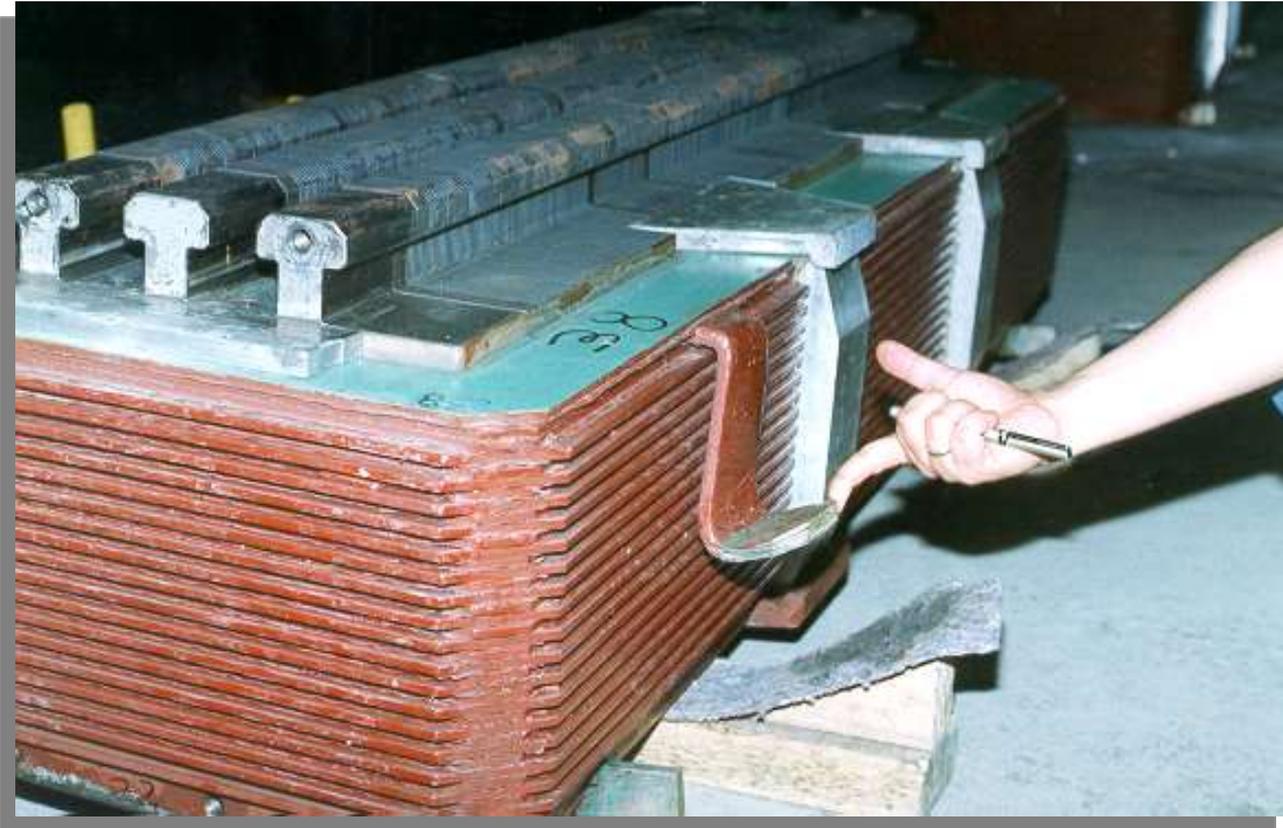
# CORTE TRANSVERSAL BOBINA



# ENSAYO EN GENERADORES



# BOBINA DE CAMPO



# NUCLEO Y CUÑAS



# ROTOR DESARMADO TURBO



# 1. RESISTENCIA ÓHMICA

## ALCANCE

Se usa para chequear la continuidad del devanado y las uniones soldadas



# 1. RESISTENCIA ÓHMICA

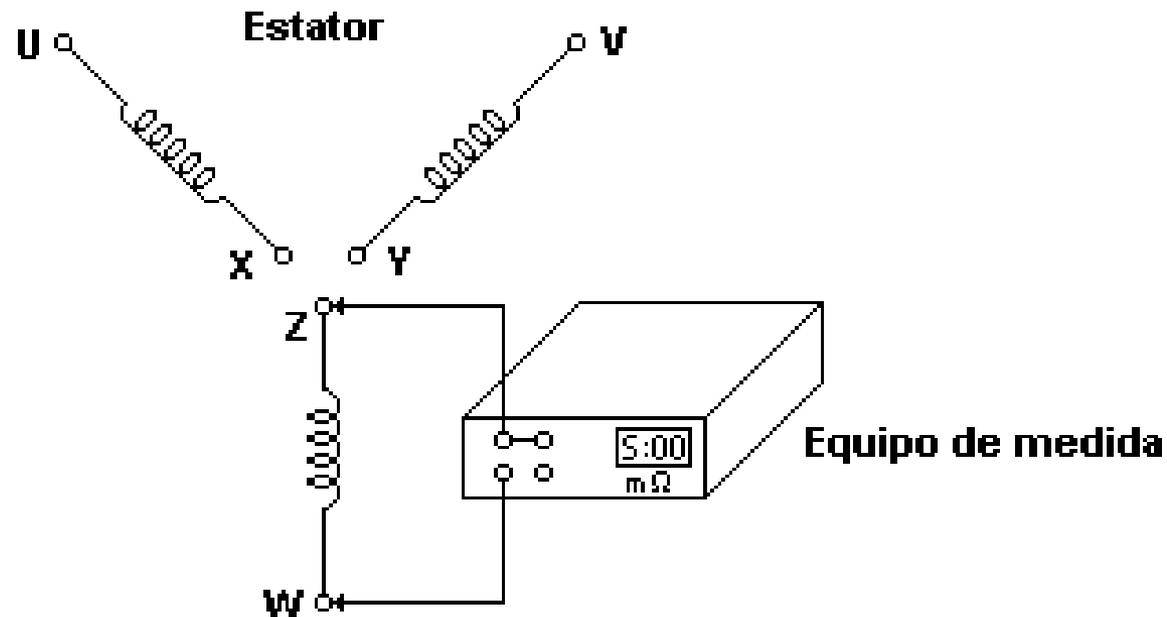


## PREPARACIÓN

- Se desconecta el lado del barraje y el lado del neutro
- Se mide temperatura y humedad relativa
- Medición por fase independiente (estator)
- Se corrige la lectura a  $20^{\circ}\text{C}$  y  $75^{\circ}\text{C}$ .

# 1. RESISTENCIA ÓHMICA

## DIAGRAMA DE CONEXIÓN (MÉTODO DIRECTO)



# 1. RESISTENCIA ÓHMICA

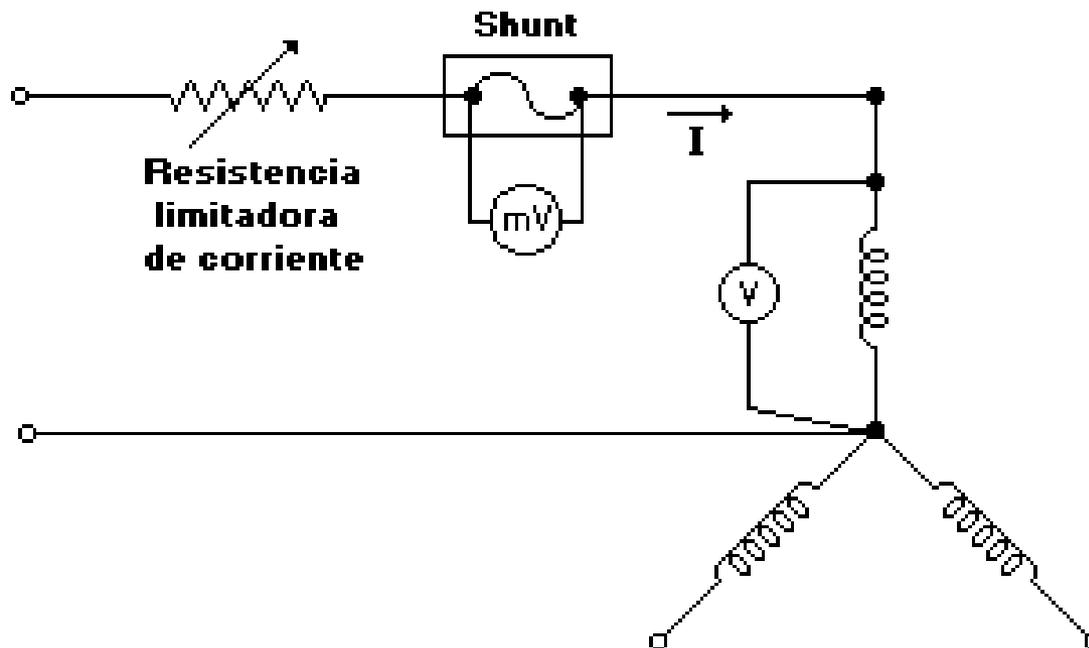


## EQUIPOS

- **Puente de Wheastone:** (De 1 a 100000 ohm)
- **Puente doble Kelvin:** (De 0.0001 a 11 ohm)
- **Ducter:** ( $\leq 1$  micro-ohm)

# 1. RESISTENCIA ÓHMICA

## MÉTODO DE CAÍDA DE TENSIÓN



# 1. RESISTENCIA ÓHMICA



## MÉTODO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Una fuente de corriente continua, dos mili-voltímetros, un shunt y medidor de temperatura

$I_p = 10\%$  de la corriente nominal

# 1. RESISTENCIA ÓHMICA

## CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = R_T \frac{T_{\text{base}} + 20}{T_{\text{base}} + T^{\circ}\text{C}} (\Omega)$$

$$T_{\text{base}} = 235 \Rightarrow \text{Cobre}$$

$$T_{\text{base}} = 245 \Rightarrow \text{Aluminio}$$

$R_t$  = Resistencia medida en el ensayo a la temperatura  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

# 1. RESISTENCIA ÓHMICA



## CRITERIO

Tres lecturas y los valores corregidos se comparan entre si y con datos del fabricante

El rango entre cada valor y el promedio de las tres mediciones deberá estar entre +/- 5% del valor medio.

## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### ESTATOR (SURGE TEST)

Se aplica una serie de ondas tipo Impulso de voltaje con características en tiempo de subida (rise time) muy corto y un tiempo de cola con un decaimiento característico del tipo exponencial.

## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### **SURGE TEST**

- Se realiza por fase del devanado del estator y se comparan las ondas
- La prueba solo indica si existe un cortocircuito franco entre vueltas
- Es una prueba del tipo “PASA” o “NO PASA”

## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### VOLTAJE DE PRUEBA

#### MÁQUINA NUEVA

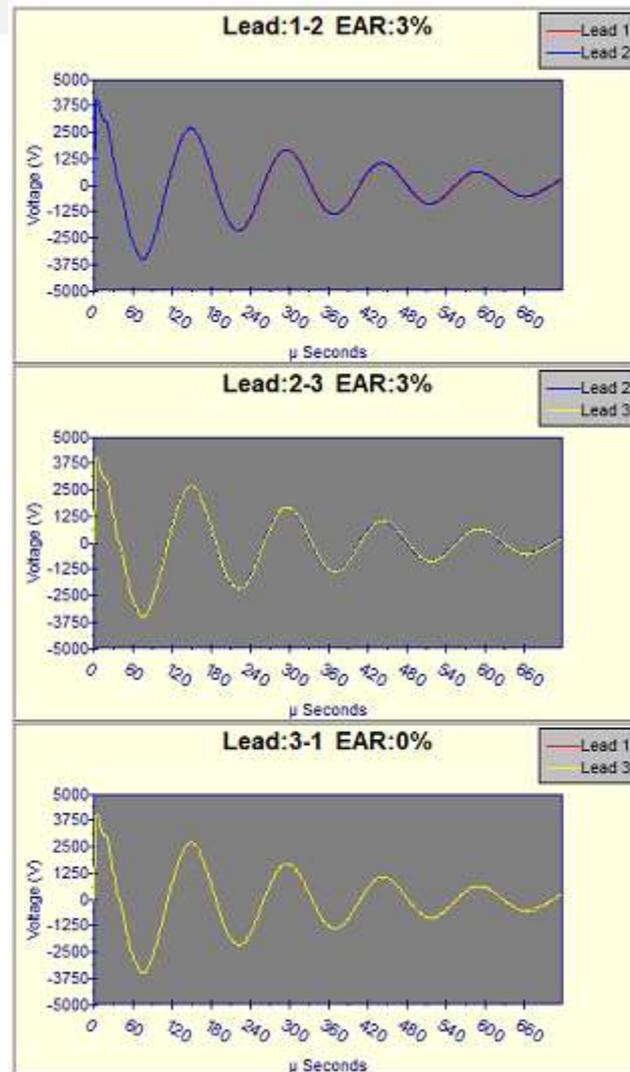
$$V_{\min} = N^{\circ} \text{ espiras} \times 500 \text{ voltios}$$

$$V_{\max} = V_f \times 1.5$$

#### MÁQUINA USADA

$$V = (125 - 150) \% V_n$$

## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS



## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### ROTOR (ANÁLISIS OSCILOGRÁFICO)

- **NORMA:** IEEE 522-2004
- Se aplica en cada extremo del devanado, un impulso con el extremo opuesto en circuito abierto y se comparan las señales

# 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

## RSO (ANÁLISIS OSCILOGRÁFICO)

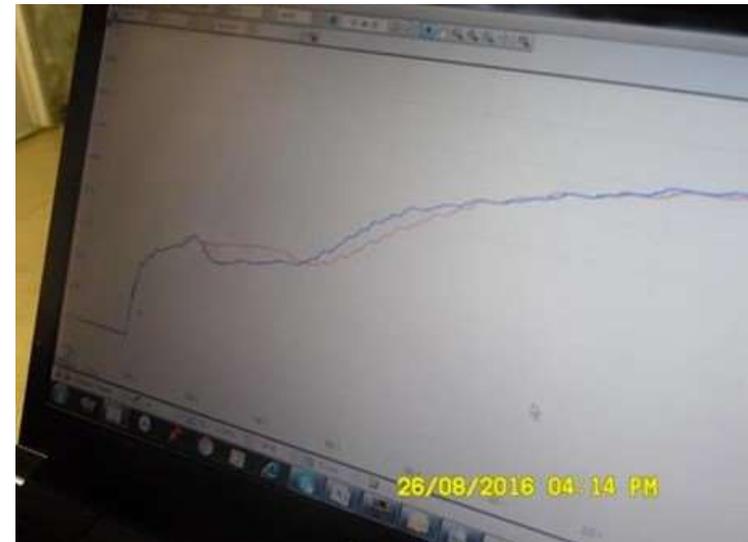


# 2. CORTO ENTRE ESPIRAS



# 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

## RSO (EMULACIÓN DE UN CORTO ENTRE ESPIRAS)



## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### ROTOR (CAÍDA TENSION EN POLOS CC)

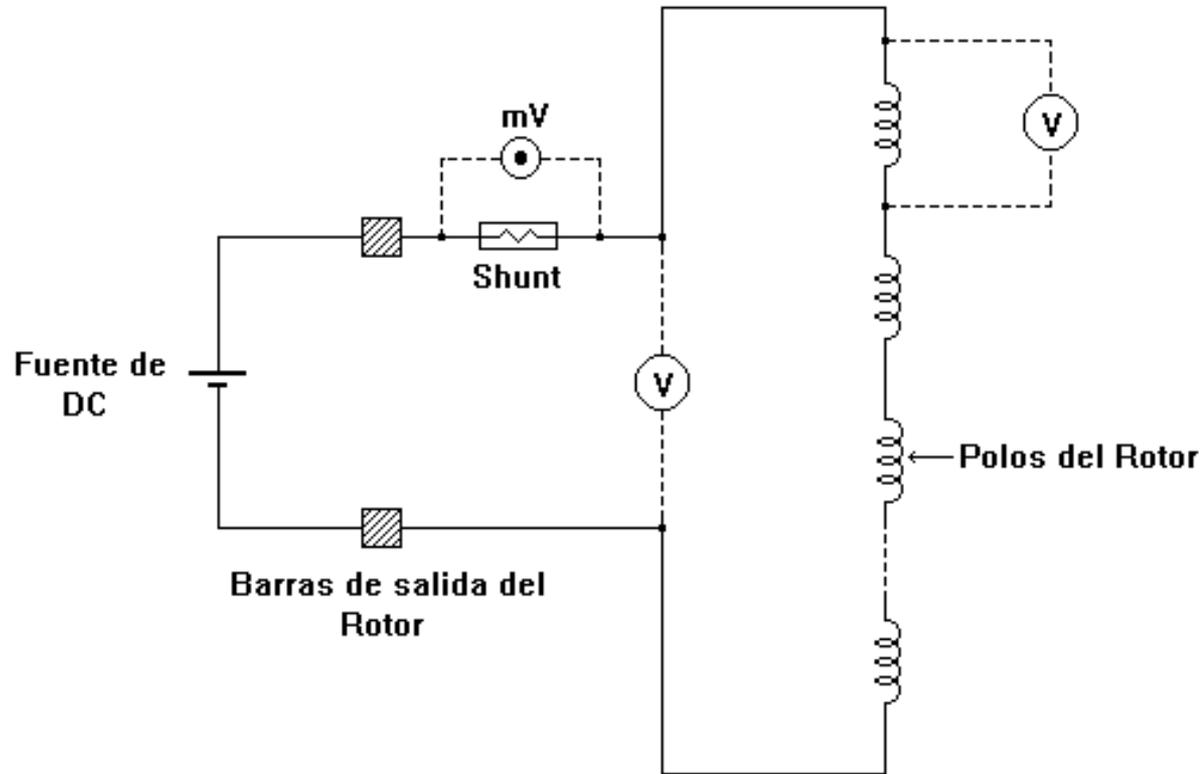
Se requiere una fuente de tensión D.C (soldador rotativo, con capacidad superior a 250 A)

Se recomienda usar una corriente mínima de  $1/3$  de la corriente nominal de excitación.

- Shunt y medidores de temperatura y humedad

## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### ROTOR (CAÍDA TENSIÓN EN POLOS CC)



## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

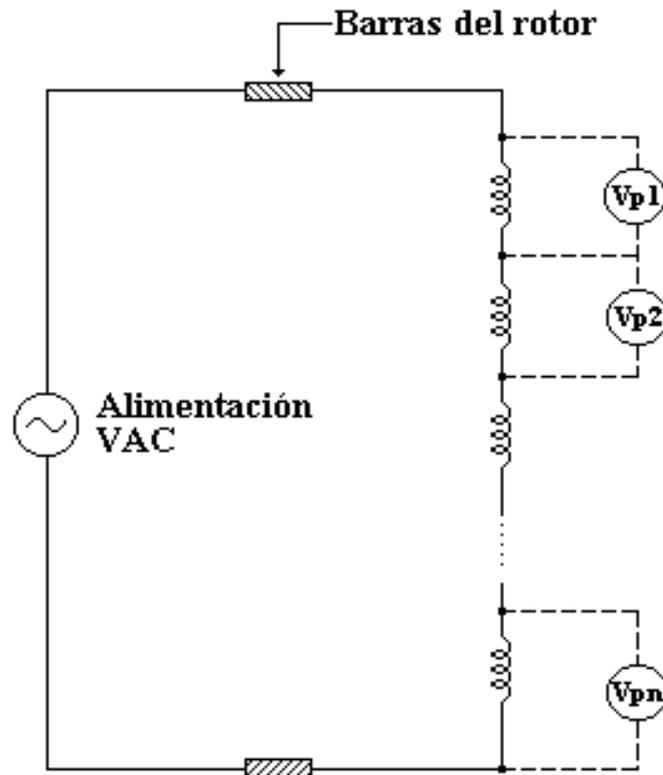
$$V_{\text{corregido por polo}} = \frac{(\text{Caida de tensión media por polo})(\text{Voltaje promedio por polo})}{\text{Voltaje total medido}}$$

$$\text{Desviación en \%} = \frac{(\text{Voltaje corregido por polo}) - (\text{Voltaje corregido por polo promedio})}{(\text{Voltaje corregido por polo promedio})}$$

**DESVIACIÓN ≤ 2%**

## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### ROTOR (CAÍDA TENSIÓN EN POLOS CA)



## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

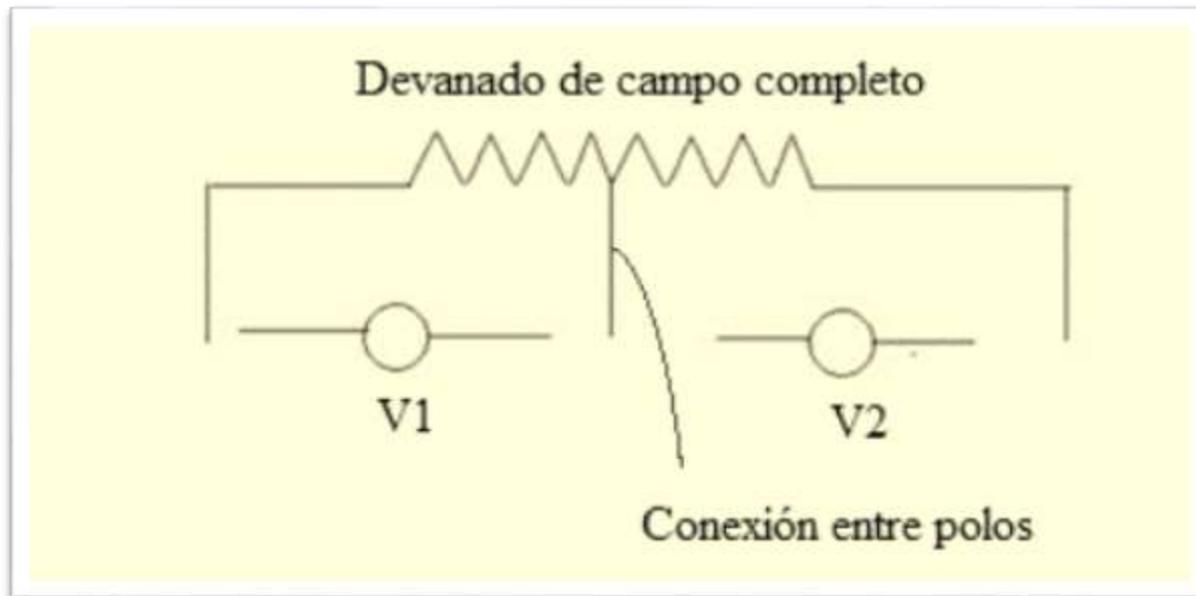
### ROTOR (CAÍDA TENSIÓN EN POLOS CA)

Se requiere una fuente regulada de AC que permita un voltaje equivalente al número de polos x 5 voltios como mínimo

DESVIACIÓN  $\leq 5\%$

## 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

### ROTOR (TURBOGENERADOR)



$$\left( \frac{V1 - V2}{(V1 \text{ ó } V2)_{Max}} \right) \leq 3\%$$

# 2. CORTO ENTRE ESPIRAS

## ROTOR (TURBOGENERADOR)



# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



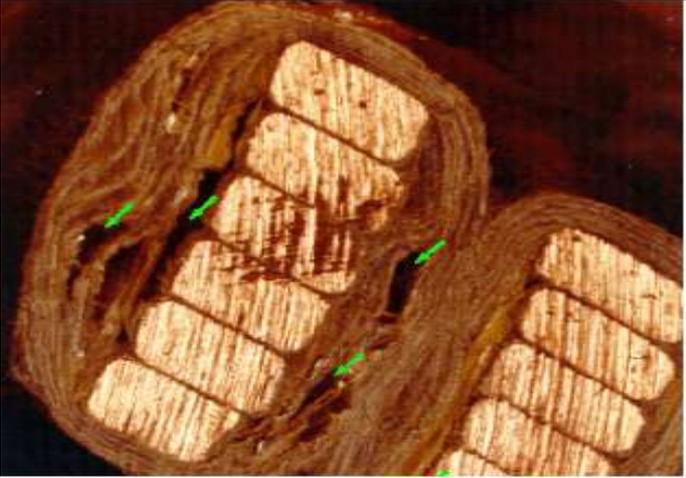
**NORMA: IEEE Std 43 – 2000**



## **PRUEBA INDICA PROBLEMAS DE:**

- Nivel de Polución y Contaminación en Devanados.
- Grado de Humedad Presentes en los Devanados.
- Deterioro del Aislamiento en Devanados Más Viejos.

# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

La **resistencia de aislamiento** es el cociente entre el voltaje de corriente directa (dc) aplicado a través del aislamiento dividido por la corriente resultante total a un tiempo dado, ley de Ohm, es decir:

$$R_t = V / I_t$$

Donde:

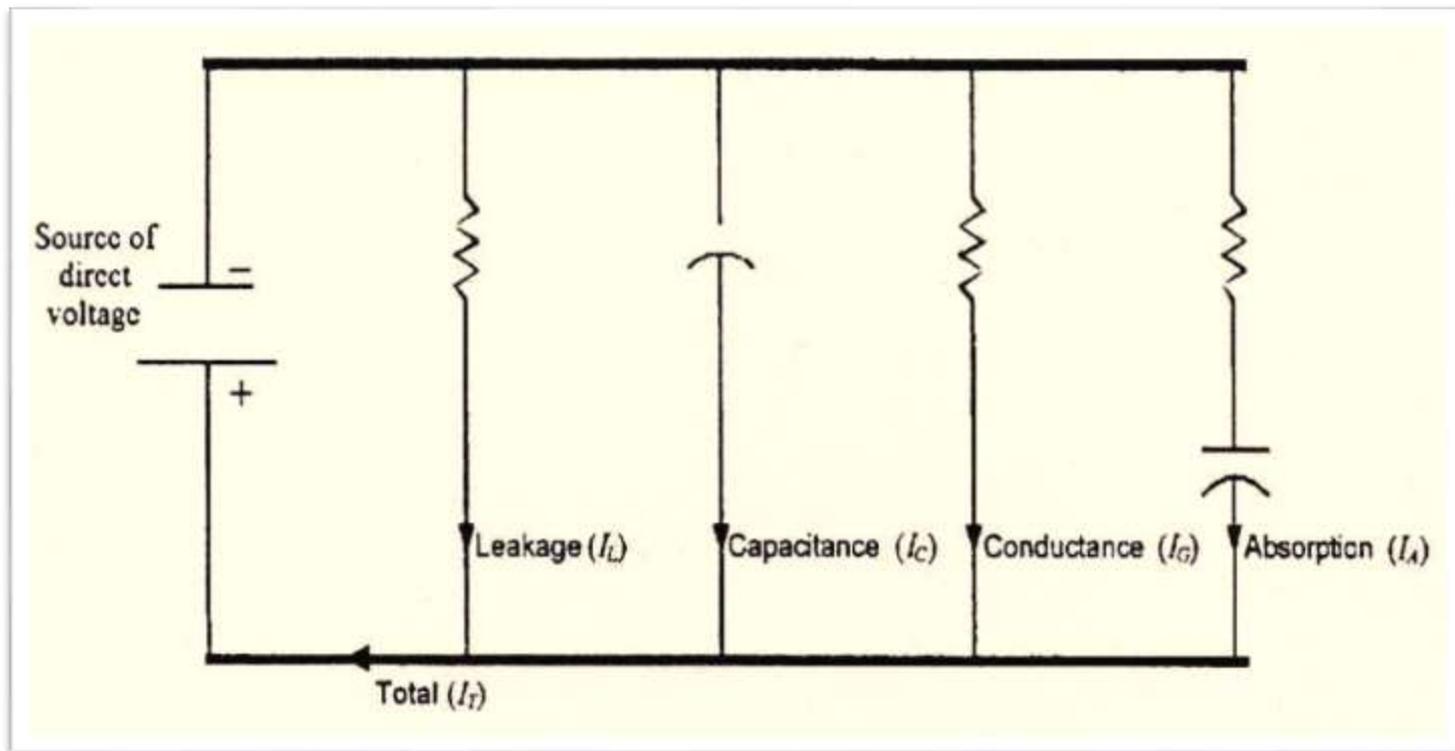
$R_t$  : Resistencia de aislamiento en el tiempo t.

V : Voltaje dc aplicado a través del aislamiento.

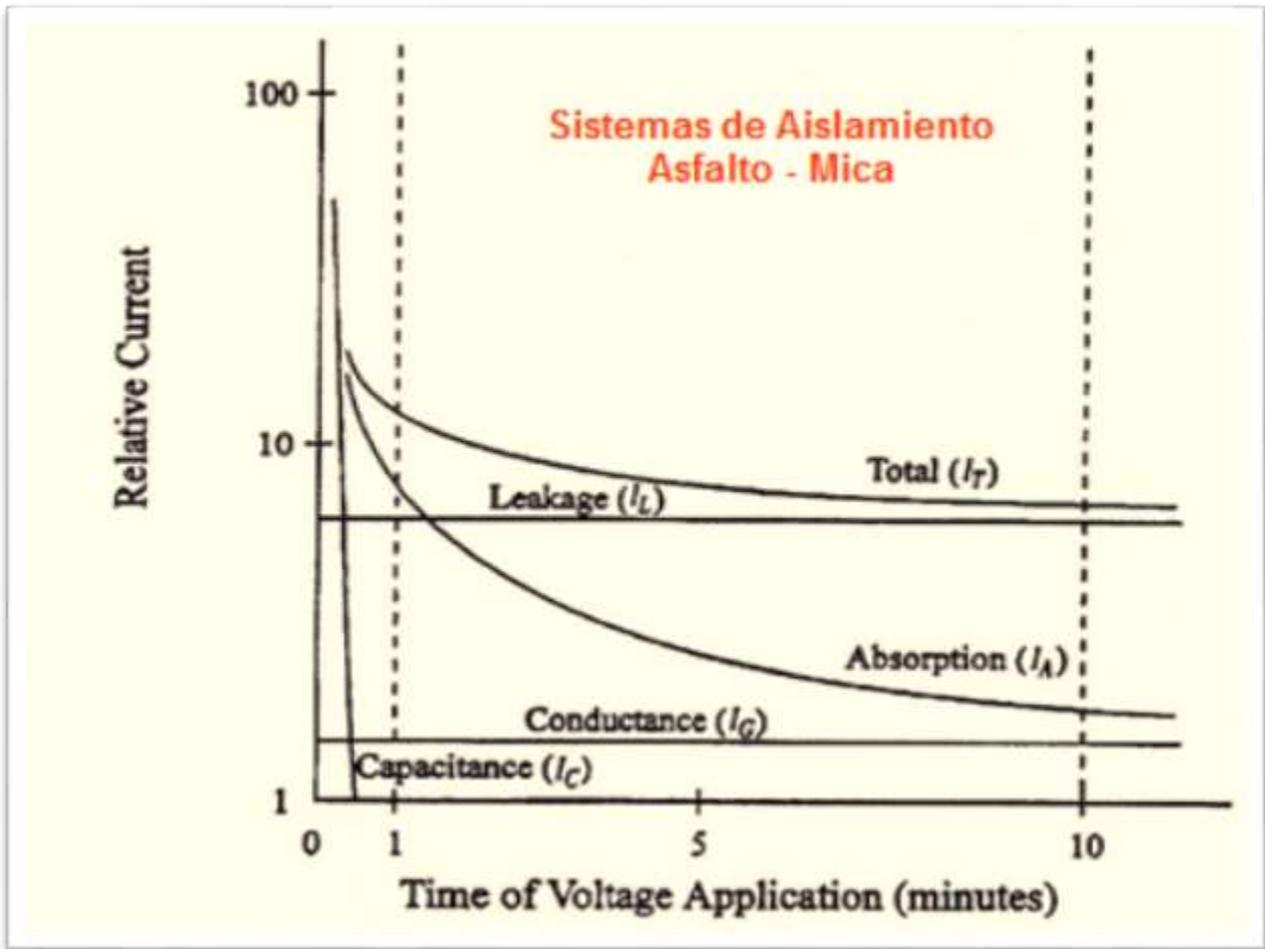
$I_t$  : Corriente resultante total en el tiempo t.

# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

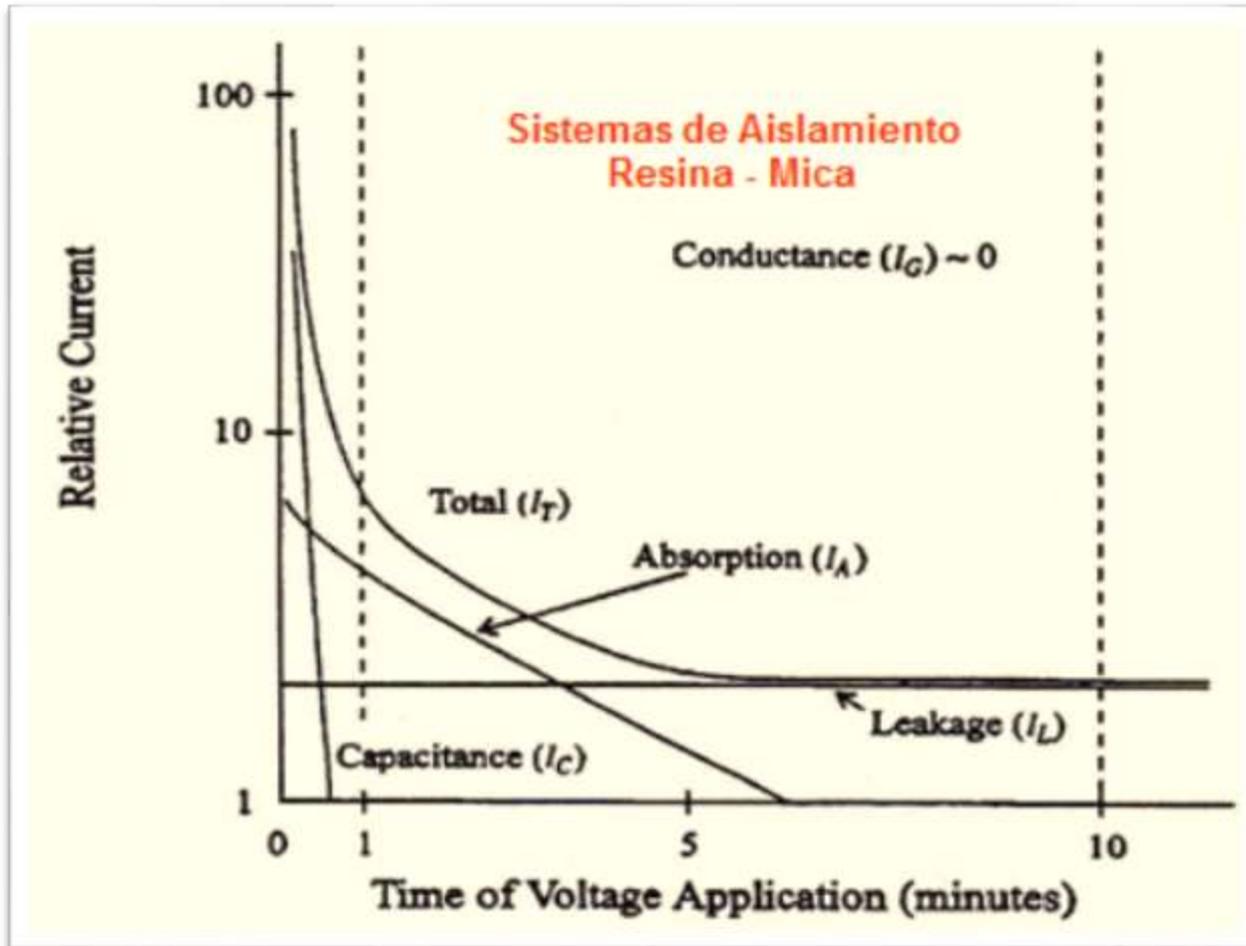
## CIRCUITO EQUIVALENTE



# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



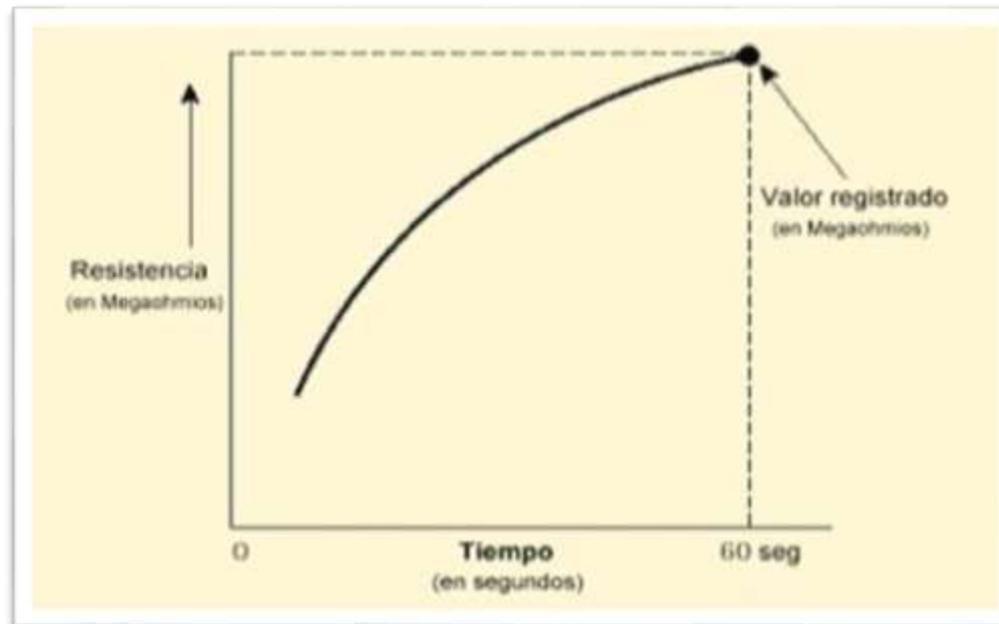
# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

La medida de RESISTENCIA DE AISLAMIENTO es tomada a un (1) Minuto.

Las corrientes que son de interés, por el gravamen de la condición de un devanado, son las CORRIENTES DE FUGA SUPERFICIAL ( $I_L$ ) Y LAS CORRIENTES DE CONDUCCIÓN ( $I_G$ )



# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



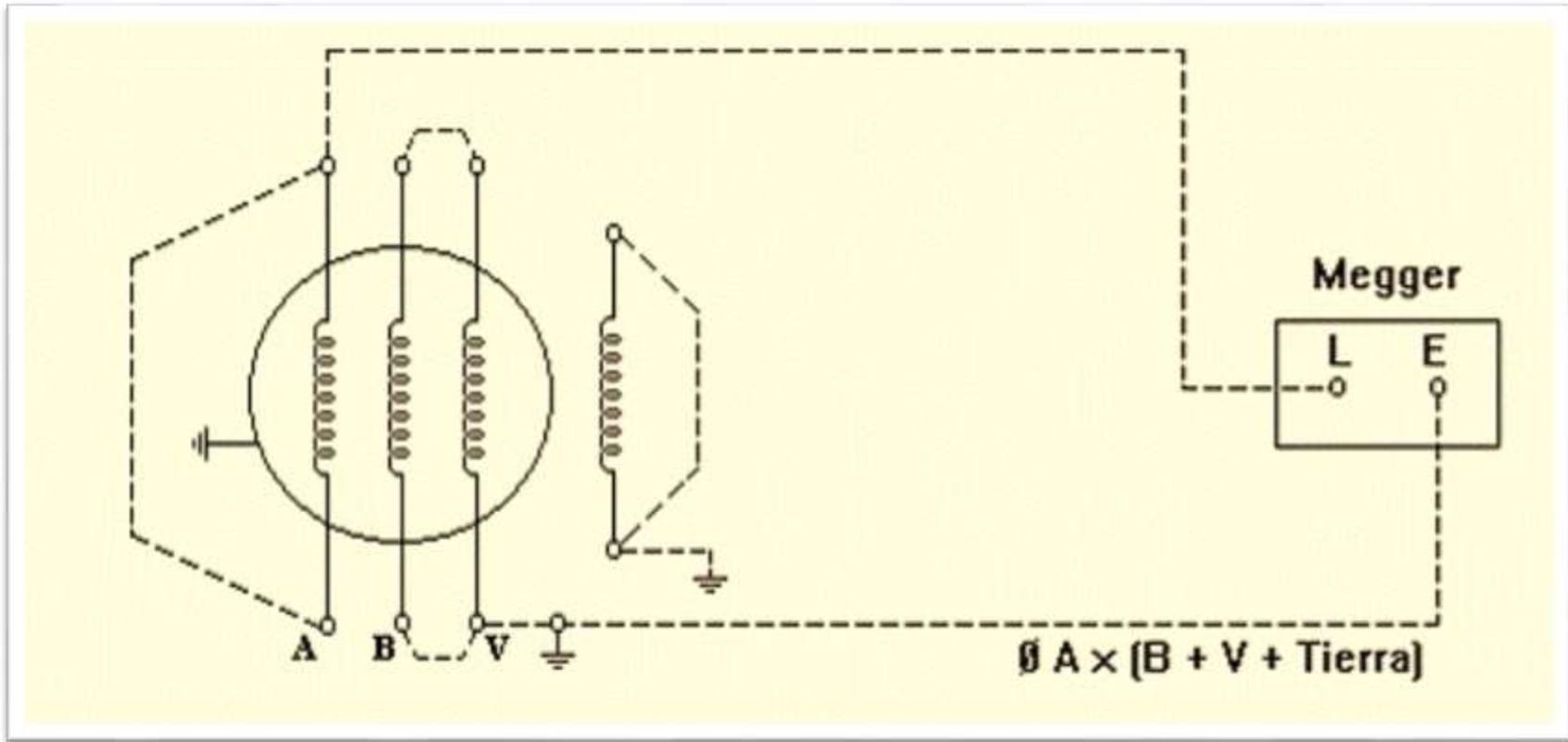
## VOLTAJE DC PARA SER APLICADO DURANTE LA PRUEBA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Voltaje Nominal del Devanado <sup>a</sup>	Voltaje dc de Prueba de Resistencia de Aislamiento
< 1000	500
1000 – 2500	500 – 1000
2501 – 5000	1000 – 2500
5001 – 12000	2500 – 5000
> 12000	5000 – 10000

<sup>a</sup> Voltaje nominal línea – línea para máquinas ac trifásicas, Voltaje nominal línea – tierra para máquinas monofásicas, y Voltaje nominal dc para máquinas dc o devanados de campo.



# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO





# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

$$R_c = K_t \times R_t$$

$R_c$ : Resistencia de aislamiento ( $M\Omega$ ) corregida a  $40^\circ\text{C}$

$R_t$ : Resistencia de aislamiento medida ( $M\Omega$ ) a la temperatura  $T$

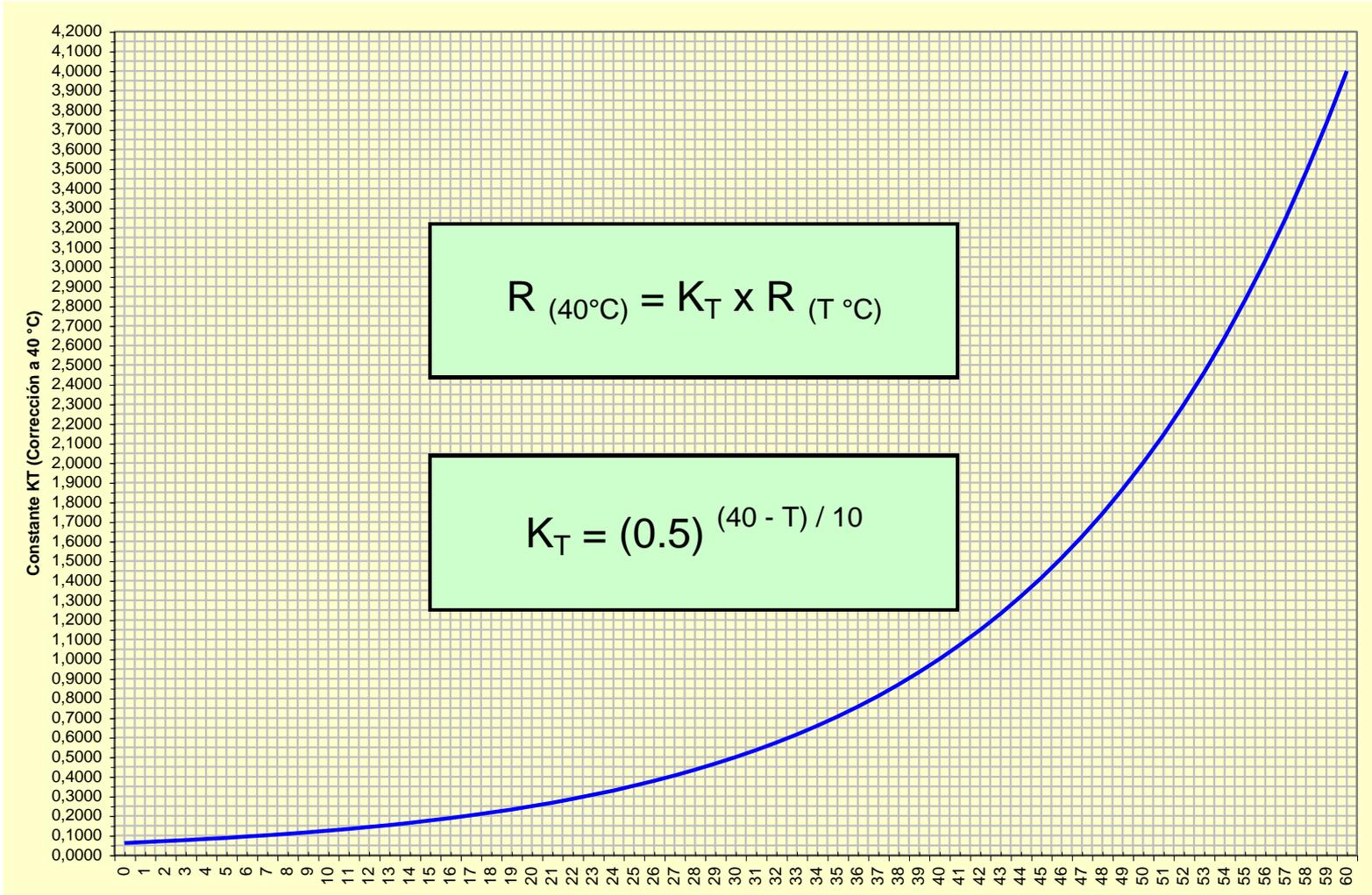
$K_t$ : Coeficiente de temperatura de la resistencia de aislamiento a la temperatura  $t$ .

Para obtener  $K_t$  use la figura No. 1 (Norma IEEE43/74).

# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

## FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Método de Aproximación para  $K_T$



$$R_{(40^{\circ}\text{C})} = K_T \times R_{(T^{\circ}\text{C})}$$

$$K_T = (0.5)^{(40 - T) / 10}$$

# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



## CRITERIO

$$R_m = KV + 1$$

$R_m$  = Valor mínimo resistencia  
aislamiento a 40°C

$KV$  = Tensión nominal devanado

# 3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

$$IP = \frac{(M\Omega)10'}{(M\Omega)1'}$$

## CRITERIO DE ACEPTACION

Aislamiento Clase A	≥	1.5
Aislamiento Clase B	≥	2.0
Aislamiento Clase C	≥	2.0

## 4. $\tan\delta$ - $\Delta \tan\delta$

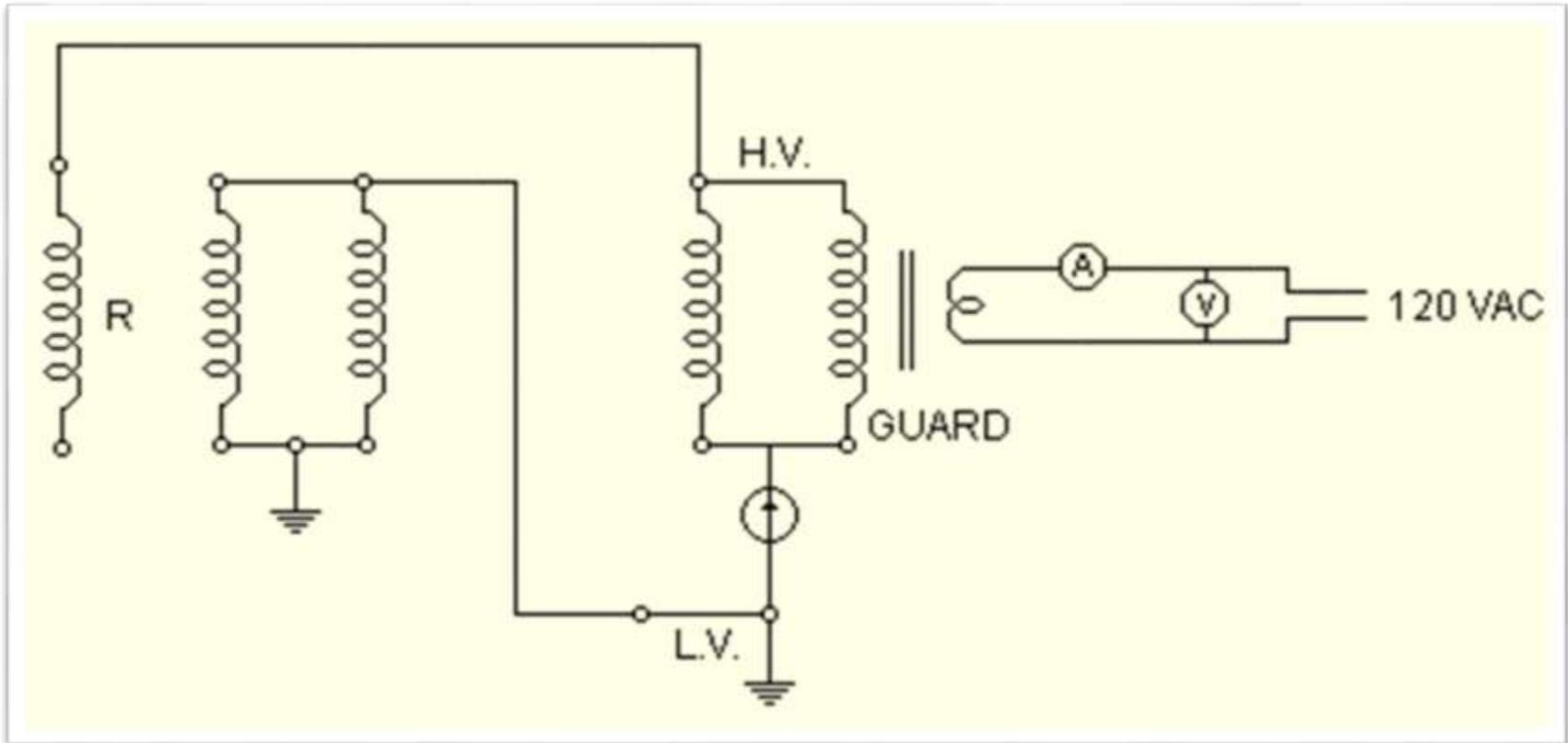
**NORMA:** IEEE 286/1975

**ALCANCE:** Devanados con  $V_n$  6000 V

$$\Delta \tan\delta = (\tan\delta (V1\text{-kV}) - \tan\delta (V2\text{-kV}))$$

La diferencia entre los factores de potencia medidos con dos voltajes diferentes aplicados a un aislamiento es lo que se conoce como: **FACTOR DE POTENCIA TIP-UP**

# 4. $\tan\delta$ - $\Delta \tan\delta$



## 4. Tanδ - Δ Tanδ

### RECOMENDACIÓN DE LA DOBLE ENGINEERING COMPANY

#### FACTOR DE POTENCIA

#### TENSIÓN DE LA MÁQUINA EN KV

F.P. < 1.0%

13.8 - 14.4

F.P. < 1.5%

15 - 18

F.P. < 2.0%

19 - 26

Para generadores con **aislamiento clase B (Mica - Asfalto)** el F.P. debe ser menor o igual al 4.0%

TIP -UP < 1.0%.

# 4. $\tan\delta$ - $\Delta \tan\delta$

Company: EMT LTDA Division: Test Date: 26/08/2016

Location: GECELCA 3 CCT Designation: GENERADOR Test Time: 01:48:01 p.m. **1 of 1**

Special Id: UNIDAD 1 Serial Num: 3-60887 Reason: ROUTINE

Rotor Diagnostic Visual Insp

Dielectric Abs High Pot Winding Res Elec Mag Prb Stator Coils

Nameplate **Overall** Bush C1/C2 Hot Collar Ins. Res.

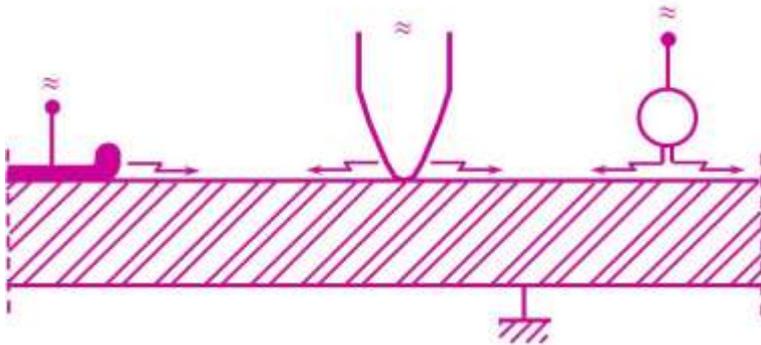
	N	ENG	GND	UST	Test kV	mA	Watts	% PF Meas.	Cap. (pF)	TipUp	RIV/pc	Rtg	Rtc
1	<input type="checkbox"/>	A	B,C		2.499	2270.7	195.23	0.86	602318				
2	<input type="checkbox"/>	A	B,C		4.002	2276.5	228.25	1.00	603527	0.140			
3	<input type="checkbox"/>	A	B,C		6.004	2281.0	281.53	1.23	605197	0.370			
4	<input type="checkbox"/>	A	B,C		7.995	2287.9	333.32	1.46	607319	0.600			
5	<input type="checkbox"/>	A	B,C		10.404	2299.0	380.29	1.65	609543	0.790			

# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

- **¿Qué es?**
- Es una descarga eléctrica incompleta que ocurre entre el aislamiento y el conductor (IEEE Std. 1439-1999)

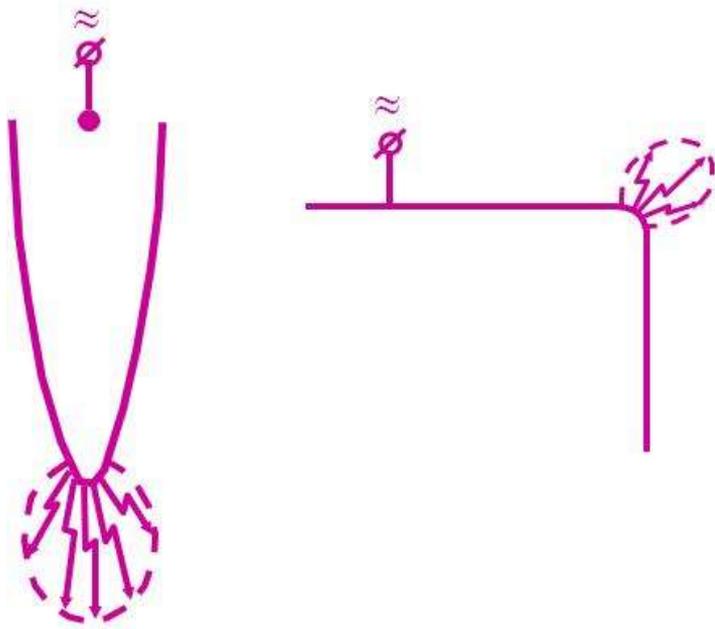


# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)



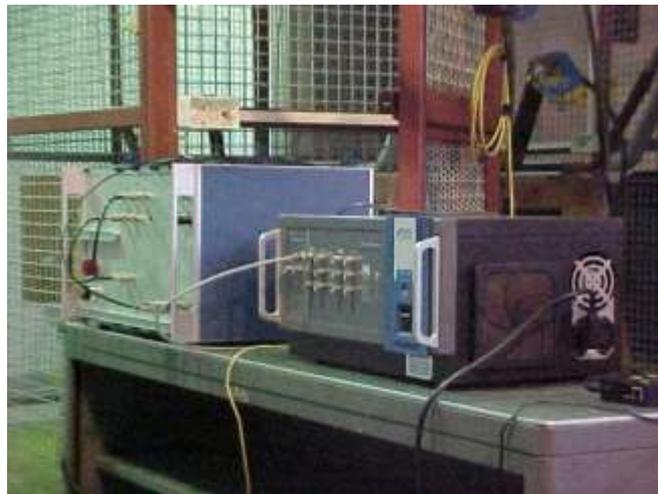
**Descargas Parciales Superficiales, debidas a la presencia de un componente del campo eléctrico, paralelo a la superficie del material aislante.**

# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)



**Descargas Parciales de Tipo Corona, debidas a la presencia localizada de un campo eléctrico intenso.**

# 5. DESCARGAS PARCIALES (PDA)



# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

- **¿CÓMO SE MANIFIESTA EN LAS PD?**
- En un aumento de la actividad de las descargas parciales.

**Incrementa el número  
Su amplitud**

- La ausencia de variaciones significativas en el tiempo de las distribuciones de amplitud de las descargas parciales en un aislamiento es una indicación positiva.

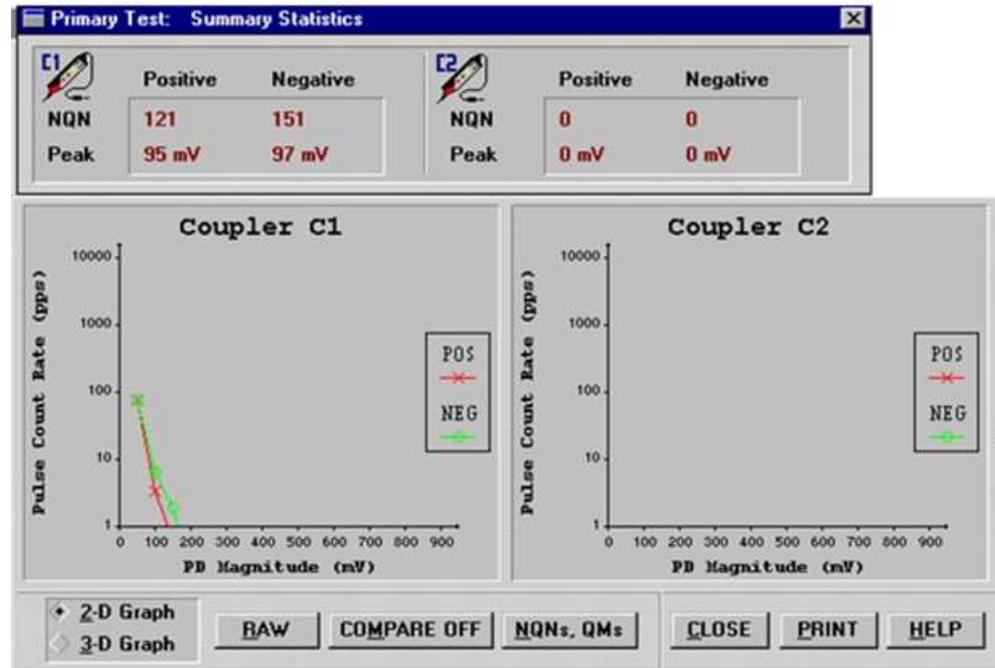
# 5. DESCARGAS PARCIALES (PDA)



## Análisis de altura de pulsos

En dos dimensiones (2-D)

Representa el número de descargas parciales por segundo contra la magnitud



# 5. DESCARGAS PARCIALES (PDA)



## ¿QUÉ SIGNIFICADO TIENE LA CANTIDAD Y LA AMPLITUD DE PD?

Cantidad	Estado de deterioro que posee el devanado
Magnitud	Severidad del deterioro

## ¿QUÉ SIGNIFICA UN DESPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA HACIA LA ESQUINA SUPERIOR DERECHA EN UN DESPLIEGUE?

La presencia de un rápido deterioro en el aislamiento.

La inclinación de la línea (pendiente), da una idea del grado de deterioro que posee el devanado bajo prueba.

# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

Las gráficas 2D se pueden resumir bajo dos cantidades:

- **La magnitud del pico de PD ( $Q_m$ )**
- **El total de actividad de PD (NQN)**

**$Q_m$**  Da una idea de la magnitud correspondiente a la repetición de las descargas parciales a razón de 10 pulsos por segundo.

Indica que tan severo es el deterioro en el peor punto del devanado.

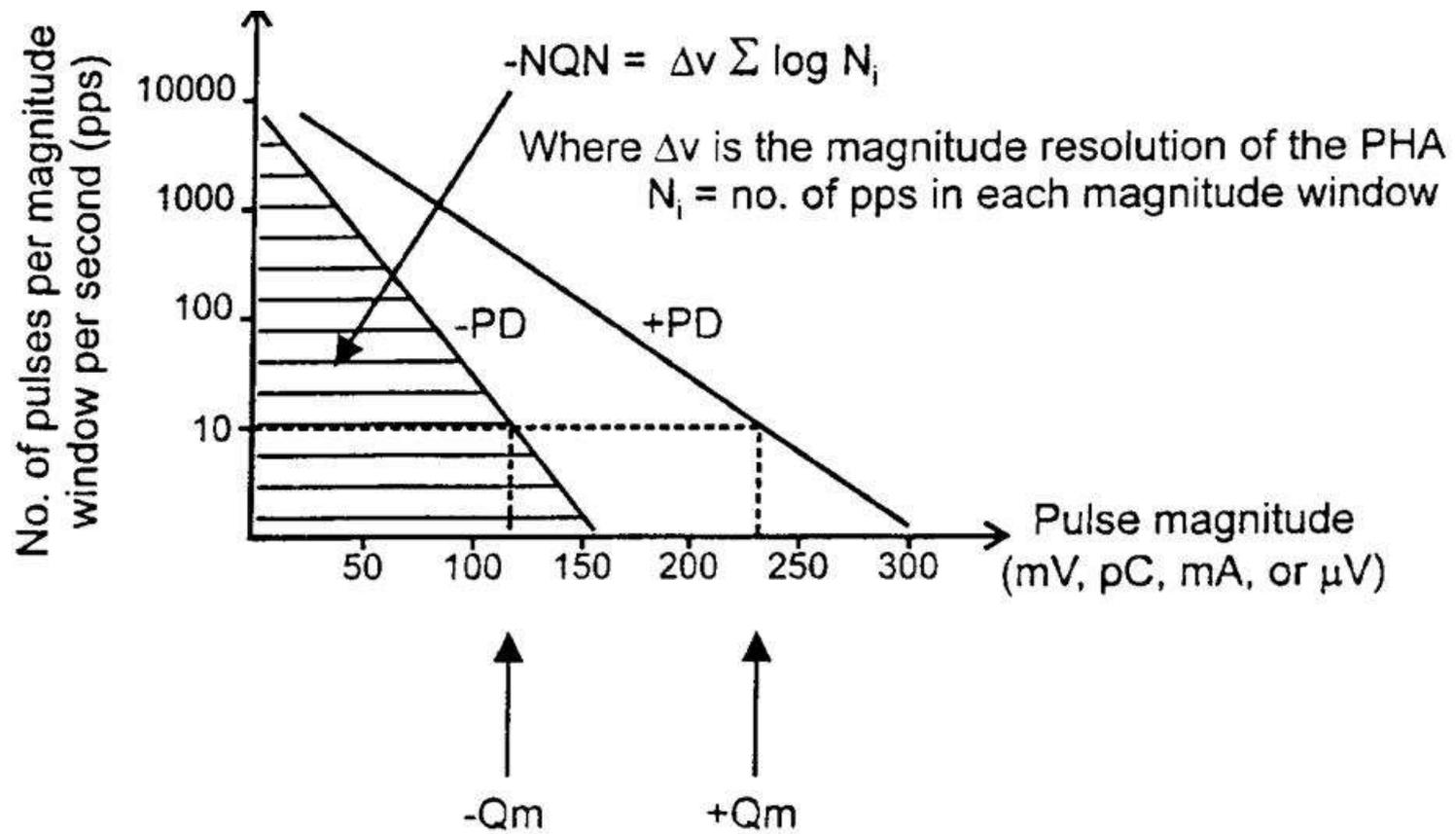
# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

## NQN

Da una idea de la cantidad de cavidades presentes en el aislamiento, similar al tip-up.

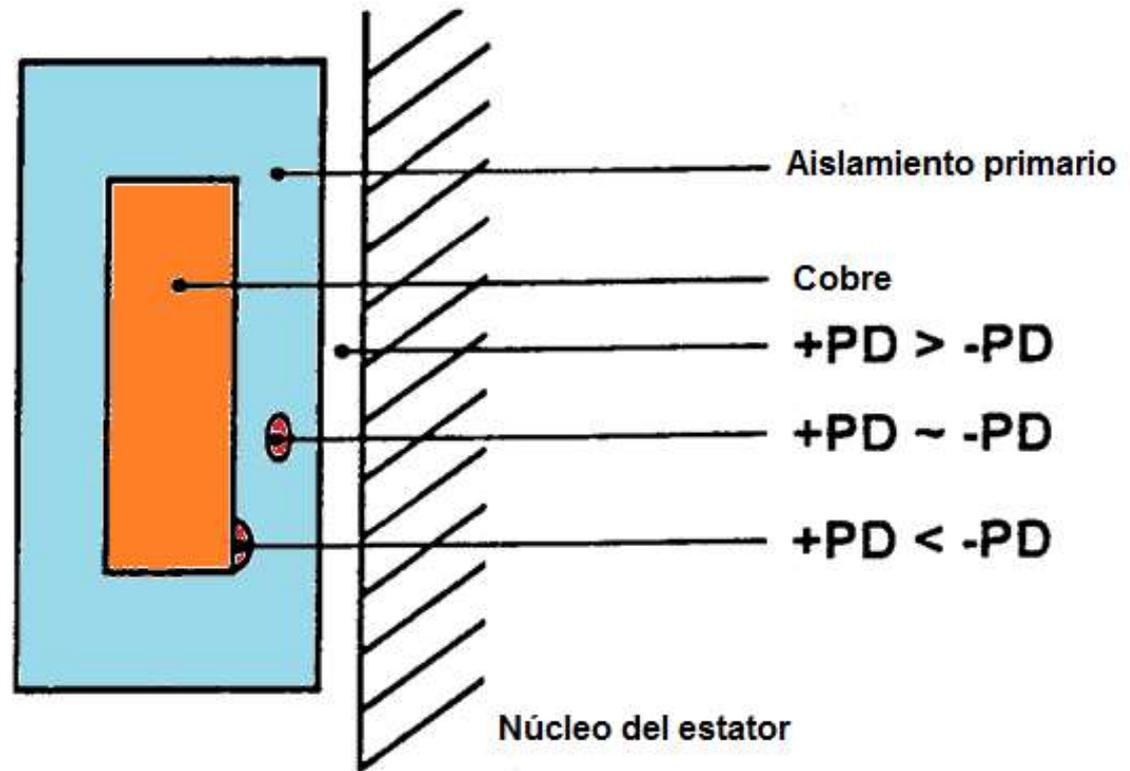
El instrumento calcula los factores  $Q_m$  y  $NQN$ , para ambos tipos de descargas, positivas y negativas.

# 5. DESCARGAS PARCIALES (PDA)



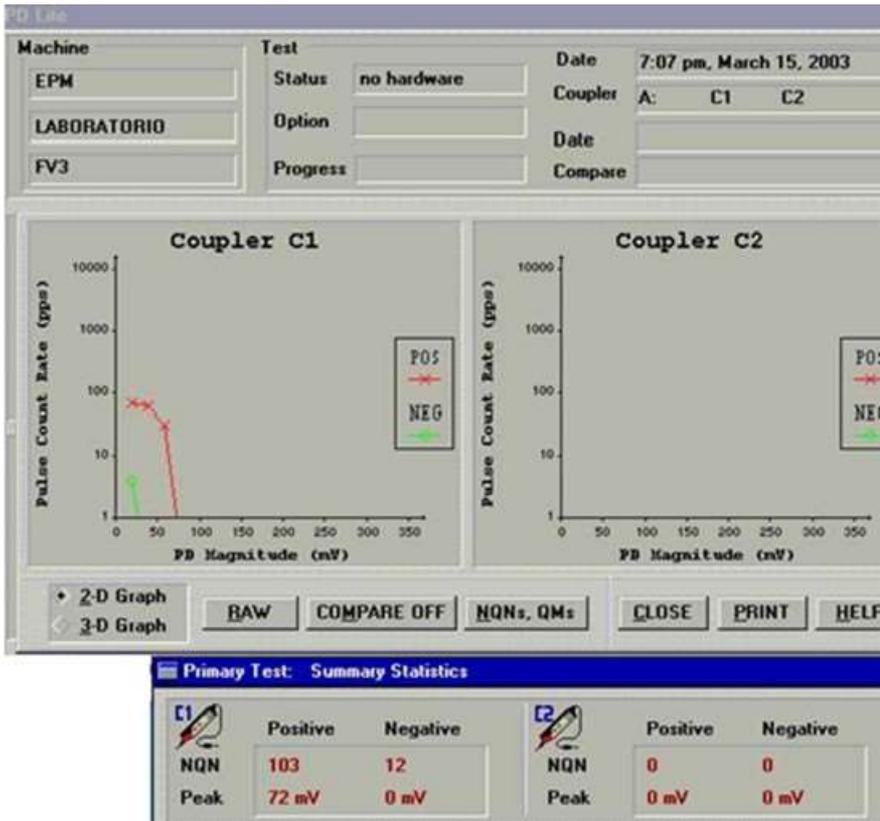
# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

## PREDOMINIO DE POLARIDAD



# 5. DESCARGAS PARCIALES (PDA)

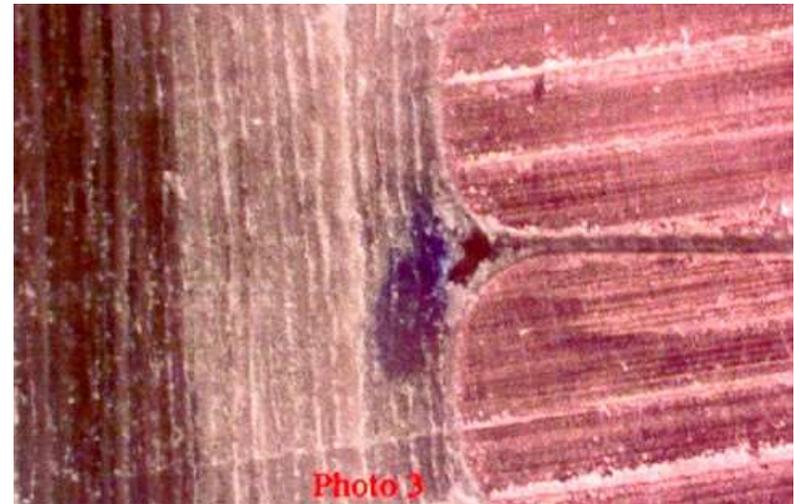
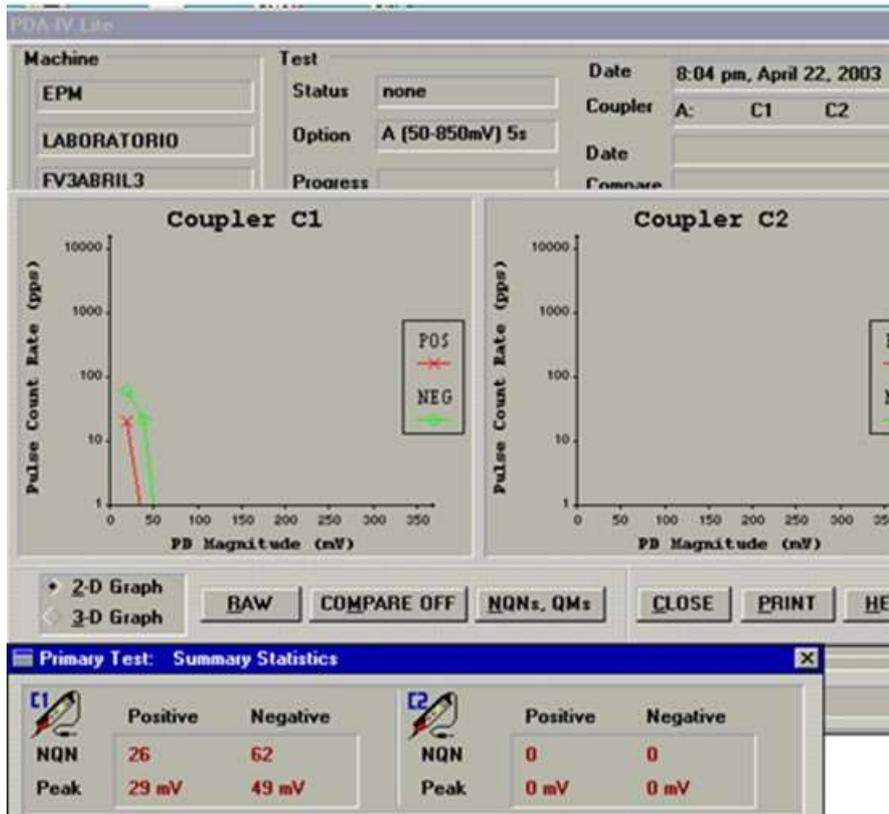
## PREDOMINIO POLARIDAD POSITIVA



# 5. DESCARGAS PARCIALES (PDA)

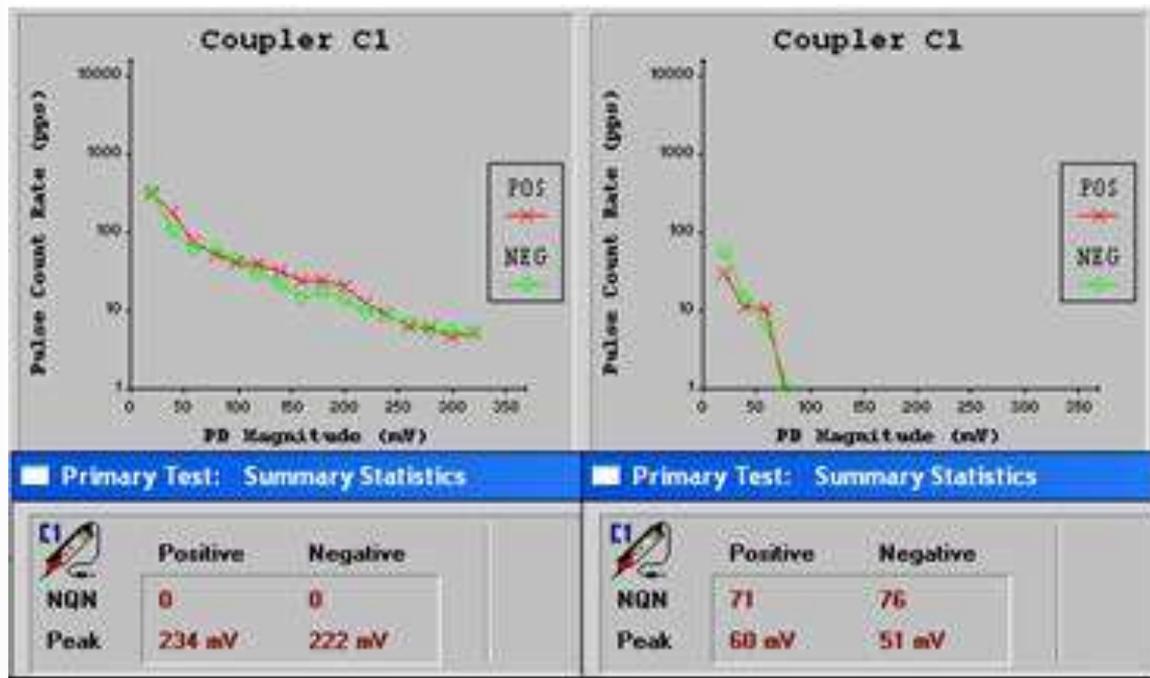


## PREDOMINIO POLARIDAD NEGATIVA



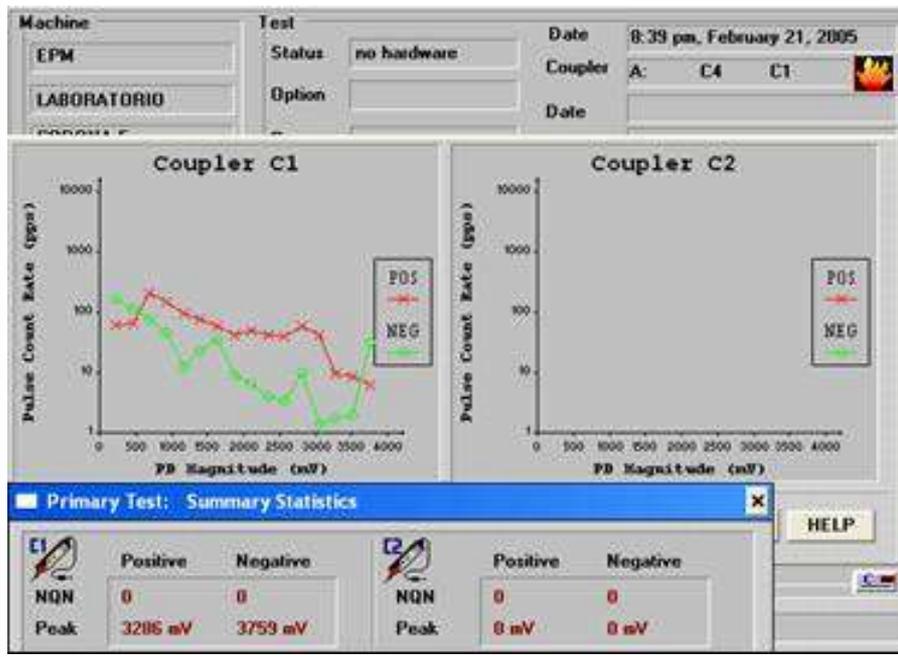
# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

## SIN PREDOMINIO DE POLARIDAD



# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

## DESCARGA TIPO ENDWINDING



# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

## Localización de descargas parciales

**Norma:** IEEE 1434-2000

**Equipo:** Probador Corona PPM97

**Voltaje de prueba:** Tensión de fase

Sonda de ferrita diseñada para medir pulsos negativos.

Ancho de banda de 0.5 -10 MHz



# 5. DESCARGAS PARCIALES (PD)

## LOCALIZACIÓN DE DESCARGAS PARCIALES



### CRITERIO

Los pulsos de corriente detectados como PD corona deben ser inferiores a 20 mA.

# 6. VERIFICACIÓN DEL AFLOJAMIENTO DE CUÑAS ESTATOR



# 6. VERIFICACIÓN DEL AFLOJAMIENTO DE CUÑAS ESTATOR



## EQUIPO (SWA)

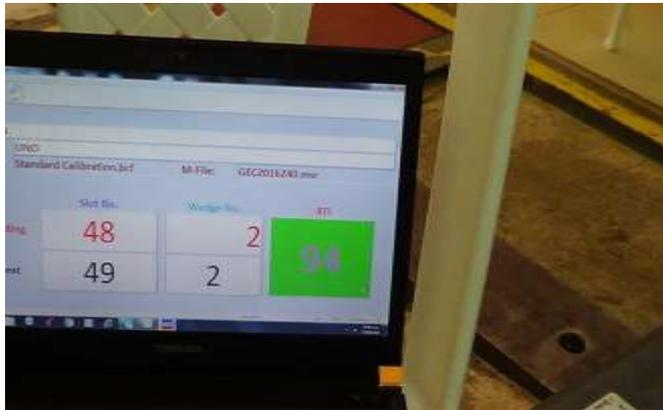
Acelerómetro electrónico que permite golpear y medir automáticamente cada cuña unas 30 veces en tres (3) segundos y transmitir los datos al SWA



# 6. VERIFICACIÓN DEL AFLOJAMIENTO DE CUÑAS ESTATOR



## DESPLIEGUES (SWA)



# 6. VERIFICACIÓN DEL AFLOJAMIENTO DE CUÑAS ESTATOR



## SWA

Un mapa codificado por color suministrado por el software, facilita la identificación de las zonas sospechosas.

El grado de aflojamiento de una cuña se representa en el mapa con un color distintivo.

<b>Rojo:</b>	<b>Cuña muy floja</b>
<b>Amarillo:</b>	<b>Cuña floja</b>
<b>Verde:</b>	<b>Cuña ajustada</b>



# 6. SWA

Station Name:	GECELCA 3
Unit Name:	UNIDAD UNO
Note:	The first wedge is located at Excitor End

		WEDGE																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	92	95	88	95	97	91	93	96	28	78	95	92	97	95	95	97	94	4	97	44	
2	83	96	73	96	96	97	97	96	49	45	61	28	39	69	74	79	95	42	90	93	
3	90	34	91	83	87	93	94	57	4	38	97	0	93	94	94	98	91	28	95	45	
4	85	94	43	70	95	25	96	95	44	83	87	39	98	75	85	93	95	73	96	61	
5	87	95	24	97	98	30	75	32	35	12	7	0	80	97	96	86	94	86	67	79	
6	88	37	90	35	86	39	98	76	33	81	48	81	81	48	96	48	95	63	62	93	
7	91	50	90	91	91	90	97	74	93	65	84	33	96	94	95	94	85	96	63	41	
8	48	44	32	84	37	43	97	61	25	69	93	68	74	38	84	92	90	91	33	95	
9	91	92	91	95	92	40	94	97	29	28	44	7	68	90	86	97	94	68	93	93	
10	88	89	74	93	70	83	94	88	31	45	42	49	88	94	0	93	95	94	94	53	
11	85	94	55	92	30	86	91	97	13	50	32	27	95	54	62	93	97	75	93	71	
12	88	82	43	91	35	92	94	44	34	41	93	48	81	55	72	95	97	35	93	90	
13	89	93	91	97	90	85	72	91	40	30	95	0	96	90	24	92	97	96	45	71	
14	95	96	93	96	87	91	88	94	24	89	94	35	96	93	52	81	37	82	93	87	
15	92	90	95	95	92	21	89	90	31	90	94	49	94	89	30	32	0	94	92	66	
16	83	88	91	95	89	94	94	92	23	37	62	66	84	42	74	93	29	47	94	70	
17	92	93	91	95	46	92	93	92	22	38	95	0	35	90	44	94	79	94	94	83	
18	91	90	62	95	78	93	93	92	40	0	90	28	53	92	95	91	29	96	96	93	
19	84	94	85	97	88	92	80	33	35	61	90	38	97	92	87	54	60	78	94	90	
20	92	89	88	95	16	95	90	93	21	90	95	78	93	49	26	97	97	75	95	94	
21	91	74	86	92	32	90	26	94	7	11	95	65	8	36	49	88	31	60	97	82	
22	89	85	96	86	94	85	62	96	25	20	93	0	85	88	47	10	41	35	94	94	
23	96	47	92	89	93	22	32	47	33	0	60	24	96	51	6	75	32	72	96	90	
24	94	97	31	32	35	18	88	92	14	6	94	93	96	96	40	95	97	88	92	84	
25	94	94	90	91	94	97	94	94	35	86	95	12	94	92	85	85	77	82	92	95	
26	92	95	95	96	96	91	96	93	21	90	95	37	92	95	87	93	81	83	94	97	
27	88	90	92	95	95	97	95	95	54	87	93	40	92	96	51	93	82	94	97	94	
28	83	95	95	87	95	84	94	95	82	72	96	93	7	93	93	52	89	93	95	95	
29	64	96	95	70	94	64	93	92	88	23	95	0	98	92	15	14	30	35	97	94	
30	64	92	94	94	93	94	95	97	86	95	37	54	97	97	48	98	97	94	86	83	

## 6. VERIFICACIÓN DEL AFLOJAMIENTO DE CUÑAS EN EL APILADO DEL ESTATOR

### CRITERIOS DE DECISIÓN

- En una ranura 60% de las cuñas muy flojas: *Recuñar completamente la ranura aún si están dispersas a lo largo de la ranura*
- Una cuña muy floja en los extremos del núcleo: *Debe ser removida*
- Una ranura con 4 o más cuñas juntas muy flojas: *Reemplazo de todas las cuñas*

## 6. VERIFICACIÓN DEL AFLOJAMIENTO DE CUÑAS EN EL APILADO DEL ESTATOR

### CRITERIOS DE DECISIÓN

- En los extremos de una ranura, las dos primeras cuñas muy flojas:

*Reemplazo de todas las cuñas de la ranura*

- Una cuña floja, seguida de una cuña muy floja en los extremos:

*Cambiar las dos cuñas*

# 7. ELCID - CORE IMPERFECTION DETECTOR



## NORMAS:

IEEE 62.2 / IEC 34 / IEEE 56  
IEEE TRANS 2005 (IEEE 383)

## CIRCUITO DE EXCITACIÓN (TOROIDE):

5 a 20 vueltas

## VOLTAJE:

FUENTE VARIABLE ( $\emptyset = 4\% \emptyset n$ )



# 7. ELCID - CORE IMPERFECTION DETECTOR



# 7. ELCID - CORE IMPERFECTION DETECTOR



## SENSOR:

BOBINA CHATTOCK  
(ROGOWSKY)



## CALIBRACIÓN:

UNIDAD DE CALIBRACIÓN (0 mA, 100 mA y 200 mA)

## CRITERIO DE DECISIÓN

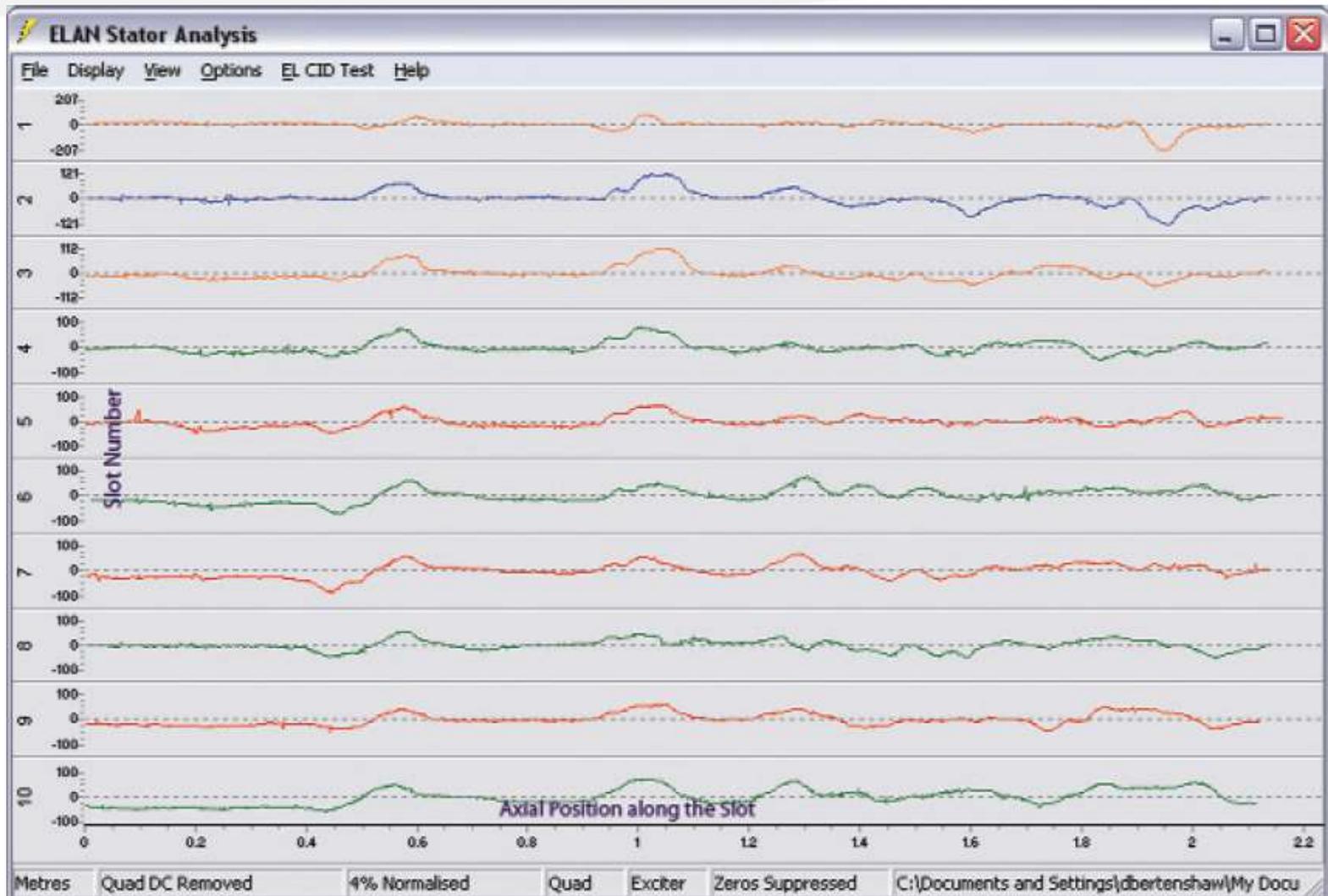
El valor máximo de corriente en cuadratura no debe ser mayor de 100 mA.

# 7. ELCID - CORE IMPERFECTION DETECTOR

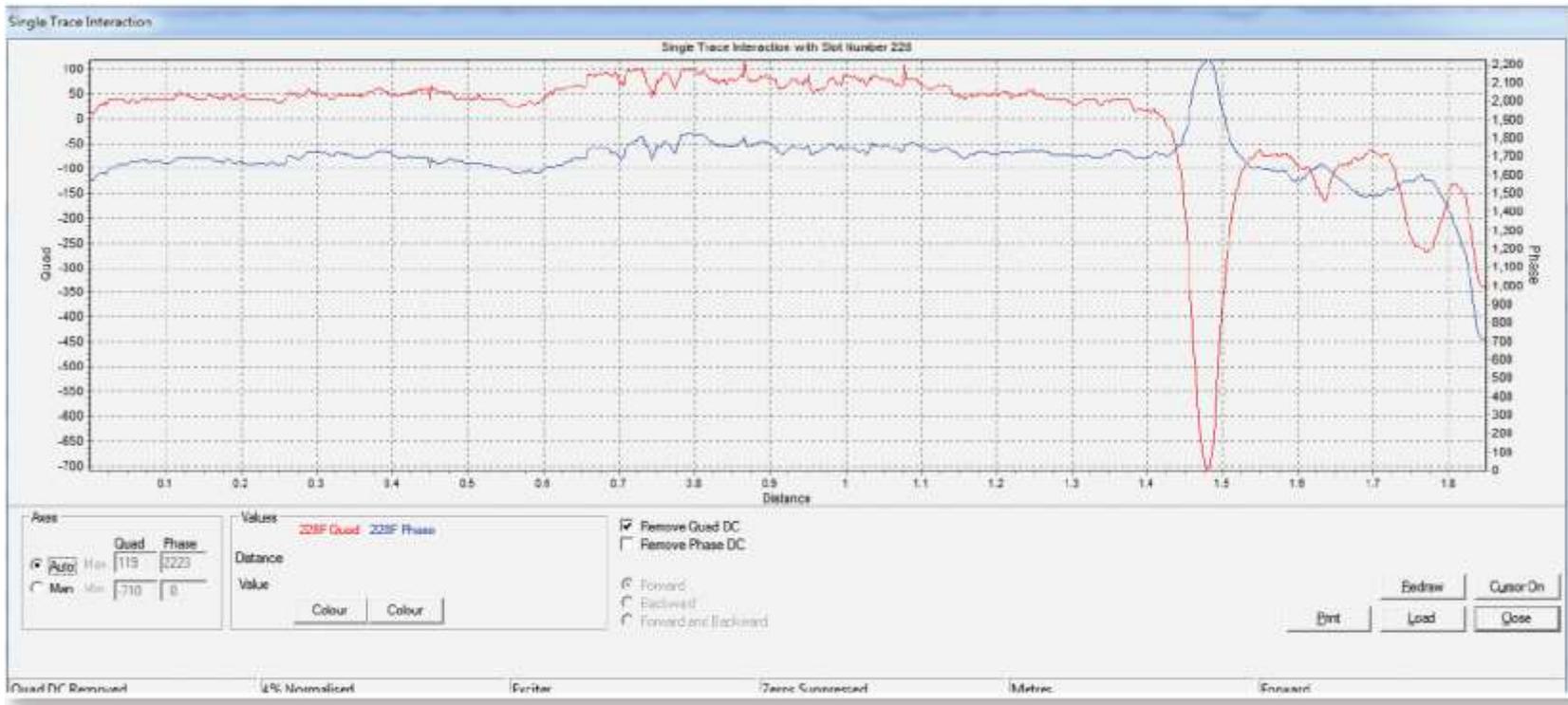


CRITERIO DE EVALUACIÓN			
VALOR DE LA CORRIENTE EN CUADRATURA (mA)			
ACEPTABLE	VERIFICAR	INVESTIGAR	REPARAR
0-100	100-200	200-400	> 400
<5°C	5 a 15 °C	15 - 25°C	> 25°C

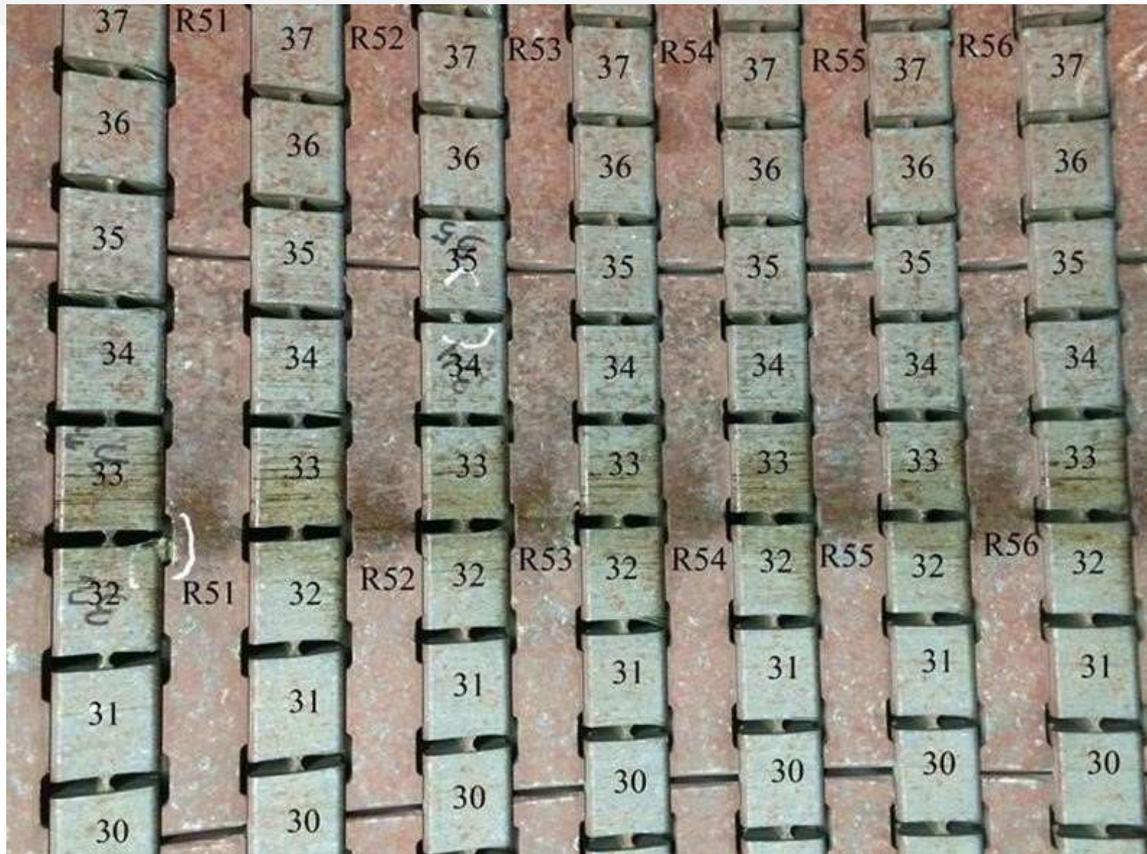
# 7. ELCID - CORE IMPERFECTION DETECTOR



# 7. ELCID - CORE IMPERFECTION DETECTOR



# 7. LOOP TEST



**Si la prueba del CID da valores superiores a 100 mA**

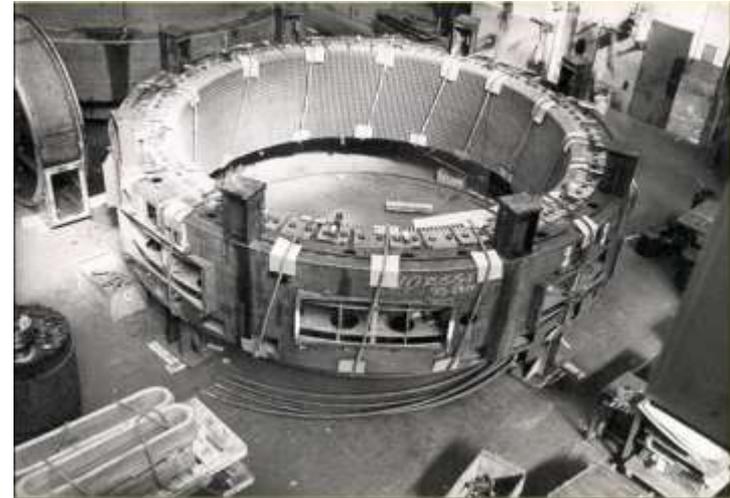
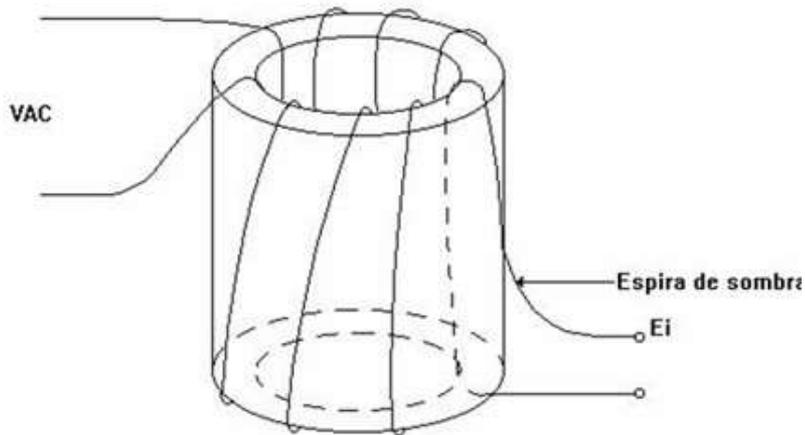
# 7. LOOP TEST



## 7. LOOP TEST



# 7. LOOP TEST



$$Ei = \frac{E}{2NTkdp}$$

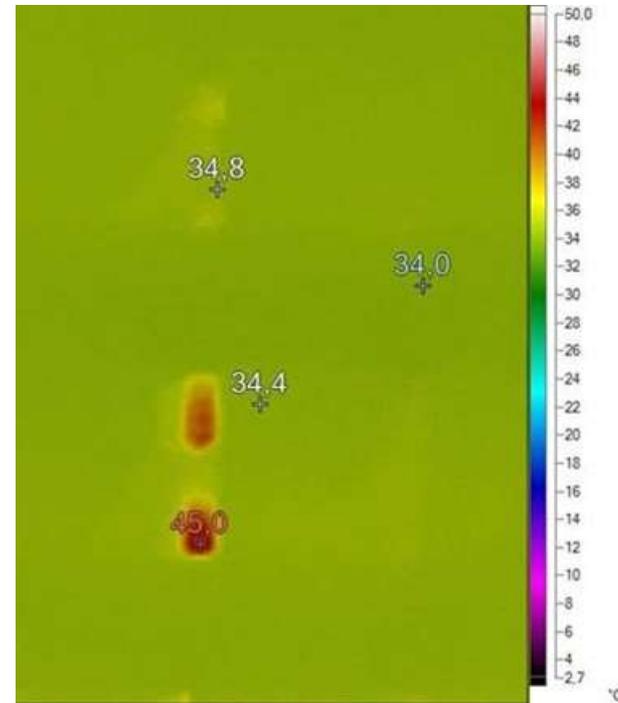
## 7. LOOP TEST

$$E_i = \frac{E_t}{N_t} \quad N_t = \frac{E_t}{E_i}$$

$$I = \frac{14Dm}{N_t}$$

$$E_i = \frac{U \times a}{3.3 \times p \times q \times N_r}$$

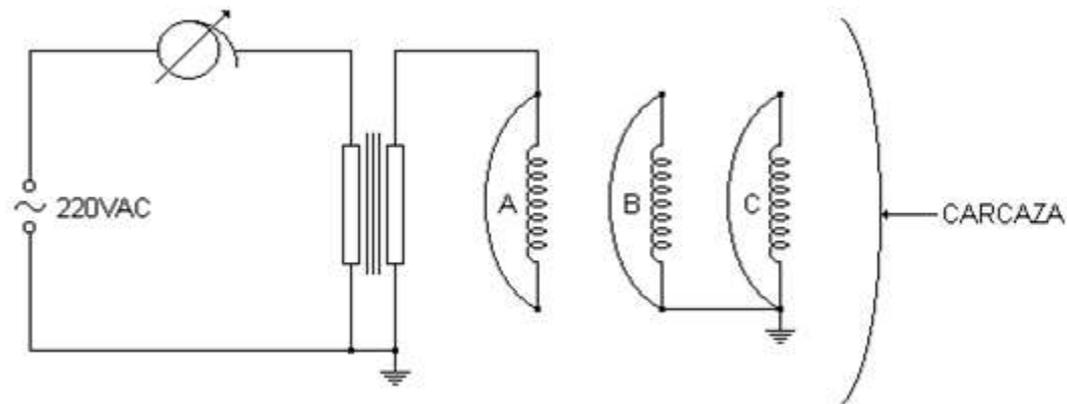
# 7. LOOP TEST



# 8. ENSAYO DE ALTA TENSION

## ESTATOR

### DIAGRAMA DE CONEXIÓN



# 8. ENSAYO DE ALTA TENSION



## CRITERIO:

### MÁQUINAS NUEVAS

$$V \text{ aplicado} = (2 \times U_n) + 1KV$$

### MÁQUINAS USADAS

$$V \text{ aplicado} = (2 \times U_n) + 1KV \times 0.75$$

V aplicado: Tensión aplicada al devanado durante un minuto (kV)

Un: Tensión nominal de la máquina (kV)

# CONCLUSION

NO EXISTE UNA PRUEBA ELÉCTRICA  
SIMPLE DISPONIBLE, QUE PROPORCIONE  
UNA EVALUACIÓN COMPLETA DE LOS  
SISTEMAS AISLANTES

**¡ G R A C I A S !**

JCT ASESORÍAS S.A.S  
Juanc.torol1@gmail.com

Juan.toro.londono@contratista.epm.co

Medellín – Colombia

574-3415417

3014102333

**epm**<sup>®</sup>

estamos ahí

**62.2™**

**IEEE Guide for Diagnostic Field Testing  
of Electric Power Apparatus—  
Electrical Machinery**

---

**IEEE Instrumentation and Measurement Society**

Sponsored by the  
Electric Machinery Committee



3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA

8 June 2005

Print: SH95305

PDF: SS95305

IEEE Standards