

INFORME TÉCNICO

Nº 007.1 - 2006

PRUEBAS TIPO EN SECCIONADOR TRIPOLAR

A23kV / 550 Kv BIL / 800 Amp

Grupo 1: Pruebas Dieléctricas

Radio Interferencia

Grupo 2: Incremento de Temperatura

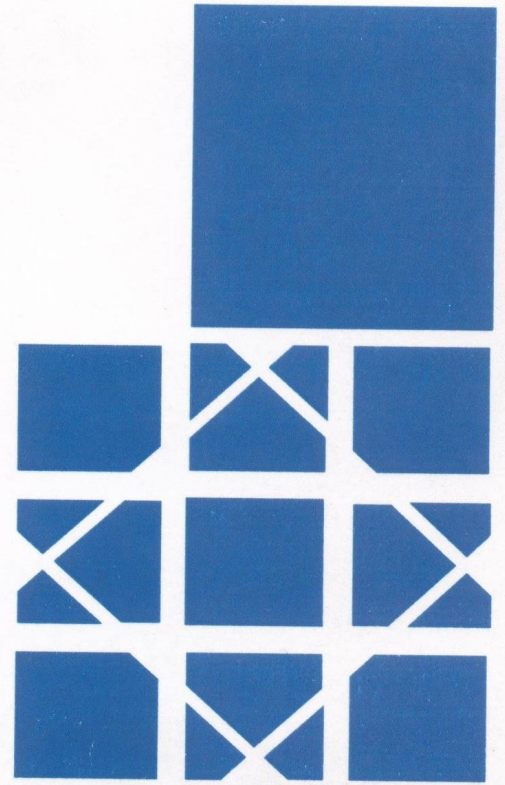
EMPRESA SOLICITANTE: EQUIWELD ANDINA, C.A.

RESPONSABLES: Prof. Juan Carlos Rodríguez

LABORATORIO: Lab "A"

SECCIÓN: Alta Tensión

SARTENEJAS - BARUTA, ABRIL 2006



**FUNINDES
USB**





CERTIFICADO DE PRUEBA

Por medio de la presente, se certifica que el equipo con las siguientes características:

Equipos: Seccionador Tripolar 123 kV / 550 kV BIL / 800 Amp.

Marca: EQUIWELD ANDINA S.A.

N° muestras: (1) Una Unidad Tripolar

**PRUEBAS TIPO EN
SECCIONADOR TRIPOLAR
123 kV / 550 kV BIL / 800 Amp.**

**Grupo 1: Pruebas Dieléctricas
Radio interferencia**

Grupo 2: Incremento de Temperatura

MARCA: EQUIWELD ANDINA C.A.

EMPRESA SOLICITANTE: EQUIWELD ANDINA C.A.

SARTENEJAS - BARUTA

Marzo 2006





CERTIFICADO DE PRUEBA

Por medio de la presente, se certifica que el equipo con las siguientes características:

Equipo: Seccionador Tripolar 123 kV / 550 kV BIL / 800 Amp.

Marca: EQUIWELD ANDINA C.A.

Nº muestras: (1) Una Unidad Tripolar

fue sometido a los requerimientos establecidos por las normas IEC 60694 – 2002 correspondientes a las pruebas de:

Grupo 1:

1.1.- Pruebas Dieléctricas

- Aislamiento al Impulso Atmosférico (Onda de Choque 1.2/50 μ seg.)
(Lightning Impulse Voltage Test)
- Aislamiento a Frecuencia Industrial en condiciones ambientales secas.
(Power Frequency Dry Voltage Test)
- Aislamiento a Frecuencia Industrial en condiciones ambientales húmedas.
(Power Frequency Wet Voltage Test)

1.2.- Radio interferencia

(Radio Interference Voltage (R.I.V.) Test)

Grupo 2:

2.1.- Elevación de Temperatura

(Temperature Rise Test)

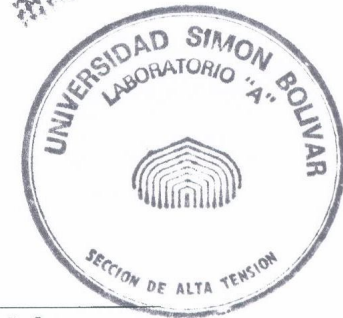




realizada en el Laboratorio de Alta Tensión - Universidad Simón Bolívar, durante los meses de Febrero y Marzo de 2006.

Sartenejas, 15 de Marzo de 2006

Por la Universidad Simón Bolívar (USB)



Ing. Juan Carlos Rodríguez
Jefe del Laboratorio de Alta Tensión

NOTA: Se anexa protocolo de prueba número 010306, con detalles técnicos de las pruebas y resultados.





OBJETO DE ENSAYO: PROTOCOLO DE PRUEBA No. 010306

FECHA: 15 de Marzo de 2006

PROTOCOLO: 010306

TIPOS DE ENSAYOS:

Grupo 1:

1.1.- Pruebas Dieléctricas

- Aislamiento al Impulso Atmosférico (Onda de Choque 1.2/50 μ seg.)
(Lightning Impulse Voltage Test)
- Aislamiento a Frecuencia Industrial en condiciones ambientales secas.
(Power Frequency Dry Voltage Test)
- Aislamiento a Frecuencia Industrial en condiciones ambientales húmedas.
(Power Frequency Wet Voltage Test)

1.2.- Radio interferencia

(Radio Interference Voltage (R.I.V.) Test)

Grupo 2:

2.1.- Elevación de Temperatura

(Temperature Rise Test)





OBJETO DE ENSAYO: Seccionador Tripolar 123 kV / 550 kV BIL / 800 Amp.

MARCA: EQUIWELD ANDINA C.A.

MUESTRA: Una (1) unidad trifásica prototipo

RESPONSABLES: Prof. Juan Carlos Rodríguez.
Prof. Jorge Ramírez

NORMA APLICADA:

IEC 60694-2002: "COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS",

EVALUACIÓN PRELIMINAR:

En el anexo 1 se muestra las características de las muestras dadas por el fabricante.

En el anexo 2 se indican los asistentes a las pruebas.

OBSERVACIONES:

El seccionador presenta simetría longitudinal (misma configuración para cada fase) y simetría axial (misma configuración en cada polo de cada fase, tanto en posición cerrada como abierta), por lo cual las pruebas dieléctricas solo se van a evaluar sobre dos fases del seccionador.

Las pruebas dieléctricas se aplican en cuatro posibles configuraciones operativas del seccionador:

- 1.- Voltaje aplicado en la fase (A), en posición cerrada, con los restantes puntos no sometidos a voltaje puestos a tierra.





- 2.- Voltaje aplicado en la fase (B), en posición cerrada, con los restantes puntos no sometidos a voltaje puestos a tierra.
- 3.- Voltaje aplicado en uno de los terminales de la fase (A), en posición abierta, con los restantes puntos no sometidos a voltaje puestos a tierra.
- 4.- Voltaje aplicado en uno de los terminales de la fase (B), en posición abierta, con los restantes puntos no sometidos a voltaje puestos a tierra.

Las pruebas de aislamiento longitudinal (seccionador en posición abierta), se realizarán utilizando el método alternativo reseñado por la norma respectiva.

La norma especifica los siguientes valores de prueba:

Posición Cerrada: 150 kV

Posición Abierta: 60 kV

En la figura 1 se muestra el esquema básico de prueba.



Figura 1. Esquema básico prueba de impulso





DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS

GRUPO 1:

1.1. - PRUEBAS DIELECTRICAS: AISLAMIENTO AL IMPULSO ATMOSFÉRICO (ONDA DE CHOQUE 1.2/50 μ seg.) / (LIGHTNING IMPULSE VOLTAGE TEST)

PROCEDIMIENTO:

Consiste en la aplicación de quince impulsos de polaridad positiva y quince impulsos de polaridad negativa, al valor especificado por su nivel de aislamiento, corregido de acuerdo a las condiciones ambientales del sitio de prueba. Esta secuencia de prueba se aplica sobre cada conexión operativa del seccionador.

La norma especifica los siguientes valores de prueba:

- Posición Cerrada: 550 kV
- Posición Abierta: 630 kV

En la figura 1 se muestra el esquema básico de prueba utilizado.

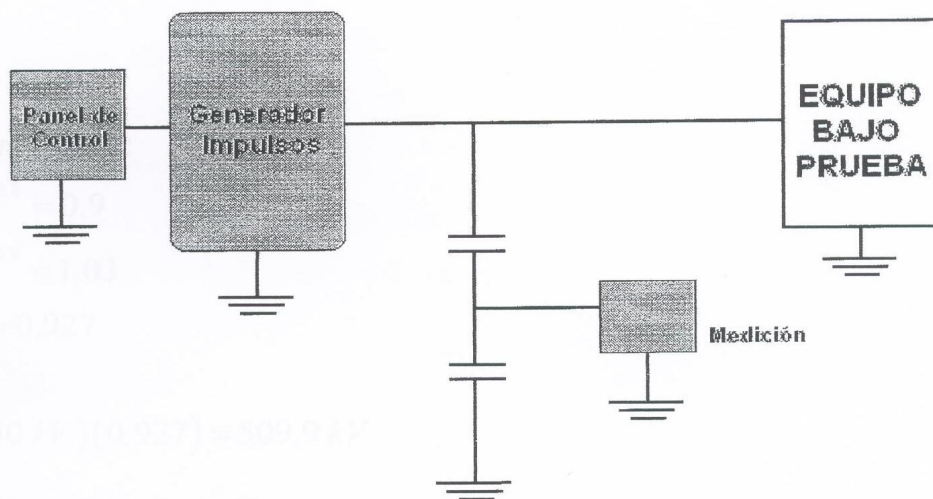


Figura 1. Esquema básico prueba de impulso



**RESULTADOS:**

Condiciones Ambientales:

- Presión Ambiental: 669.0 mmHg
- Temperatura ambiental: 21.0 °C
- Temperatura bulbo seco: 70 °F
- Temperatura bulbo húmedo: 63 °F

Voltaje de Prueba en Posición Cerrada:

$$\delta = \left(\frac{669 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{273 + 20 \text{ °C}}{273 + 21 \text{ °C}} \right) = 0.877$$

$$k = 1.033 \left(\text{correspondiente a } h = 12.5 \frac{\text{grs}}{\text{m}^3} \right)$$

Factor espinterométrico:

- Voltaje de prueba: 550 kV

- Distancia aislamiento: 1.37 m

$$g = 0.89$$

$$m = w = 0.8$$

Factor de corrección:

$$K_1 = (0.877)^{0.8} = 0.9$$

$$K_2 = (1.033)^{0.8} = 1.03$$

$$K_T = K_1 K_2 = 0.927$$

$$U_{PRUEBA} = (550 \text{ kV})(0.927) = 509.9 \text{ kV}$$





Voltaje de Prueba en Posición Abierta:

$$\delta = \left(\frac{669 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{273 + 20^\circ\text{C}}{273 + 21^\circ\text{C}} \right) = 0.877$$

$$k = 1.033 \left(\text{correspondiente a } h = 12.5 \frac{\text{grs}}{\text{m}^3} \right)$$

Factor espinterométrico:

– Voltaje de prueba: 630 kV

– Distancia aislamiento: 1.55 m

$$g = 0.9$$

$$m = w = 0.8$$

Factor de corrección:

$$K_1 = (0.877)^{0.8} = 0.9$$

$$K_2 = (1.033)^{0.8} = 1.03$$

$$K_T = K_1 K_2 = 0.927$$

$$U_{PRUEBA} = (630 \text{ kV})(0.927) = 584.0 \text{ kV}$$

Secuencia de Impulsos Aplicados:

a) Evaluación Fase Central:

- Posición Cerrada: Polaridad Positiva / Polaridad Negativa (Tabla 1)
- Posición Abierta: Polaridad Positiva / Polaridad Negativa (Tabla 2)

b) Evaluación Fase Lateral:

- Posición Cerrada: Polaridad Positiva / Polaridad Negativa (Tabla 3)
- Posición Abierta: Polaridad Positiva / Polaridad Negativa (Tabla 4)



**TABLA 1: Fase Central / Posición Cerrada**

Calibración de la forma de onda:

- Tiempo de formación de cresta ($1.2 \pm 30\%$): $1.17 \mu\text{seg}$ (registro 1)
- Tiempo de semiamplitud ($50 \pm 20\%$): $46.6 \mu\text{seg}$ (registro 2)

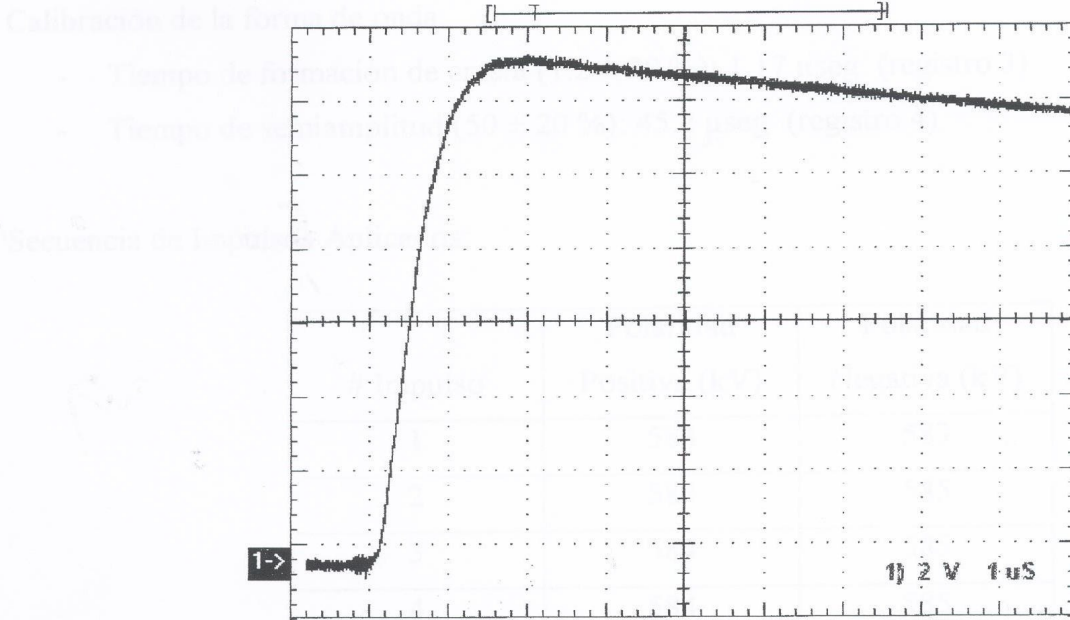
Secuencia de Impulsos Aplicados:

# Impulso	Polaridad Positiva (kV)	Polaridad Negativa (kV)
1	517	519
2	513	519
3	512	519
4	512	519
5	512	519
6	512	519
7	512	519
8	512	519
9	512	520
10	512	519
11	512	519
12	512	519
13	512	519
14	512	519
15	512	519

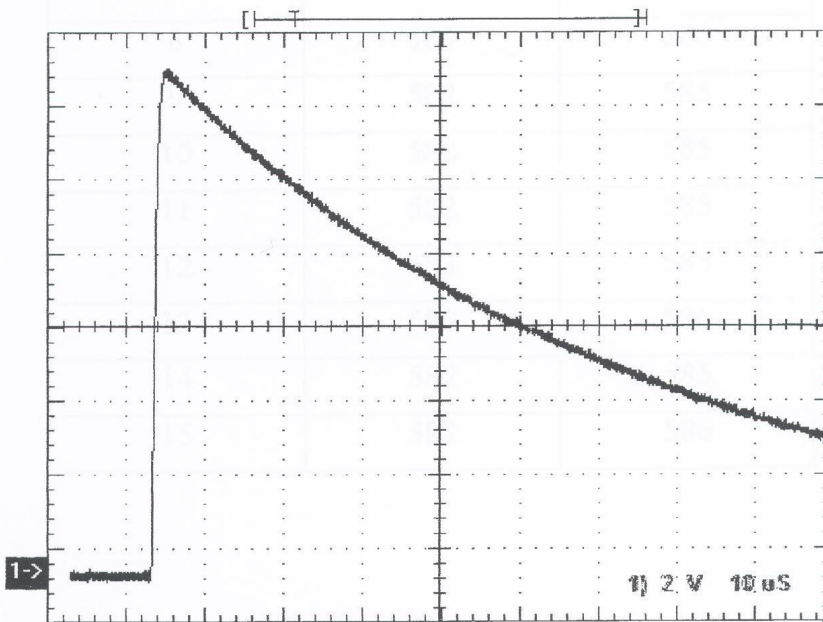




TABLA 2: Parte Central / Posición Abierta



Registro 1. Tiempo de Formación de Cresta



Registro 2. Tiempo de Semiamplitud





TABLA 2: Fase Central / Posición Abierta

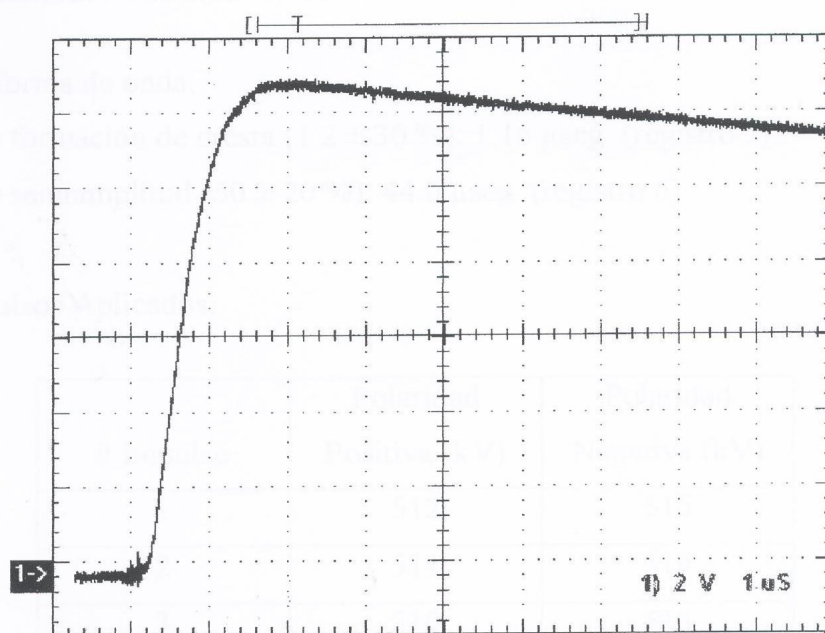
Calibración de la forma de onda:

- Tiempo de formación de cresta ($1.2 \pm 30\%$): 1.17 μseg (registro 3)
- Tiempo de semiamplitud ($50 \pm 20\%$): 45.2 μseg (registro 4)

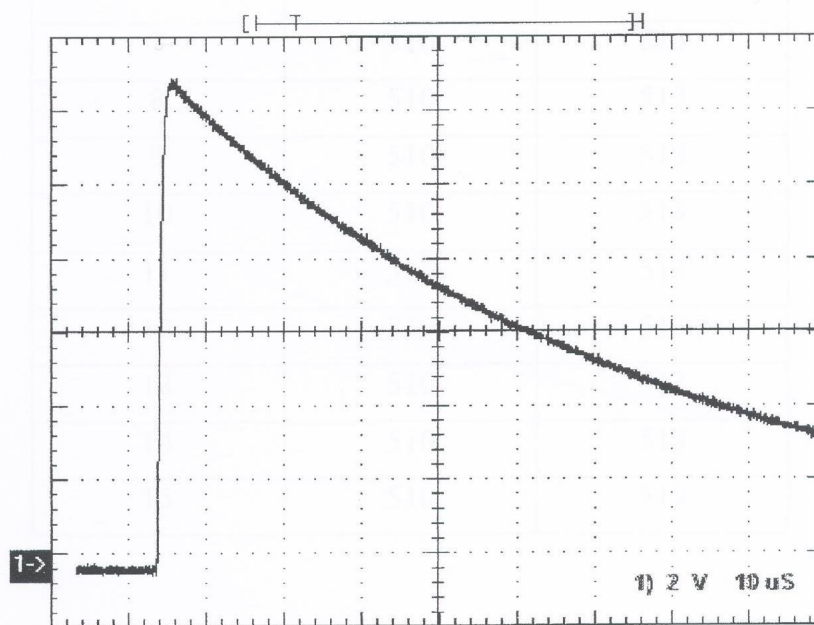
Secuencia de Impulsos Aplicados:

# Impulso	Polaridad Positiva (kV)	Polaridad Negativa (kV)
1	584	583
2	584	585
3	584	585
4	584	585
5	582	584
6	583	585
7	583	586
8	583	586
9	582	585
10	582	585
11	582	585
12	583	585
13	583	586
14	582	585
15	582	586





Registro 3. Tiempo de Formación de Cresta



Registro 4. Tiempo de Semiampplitud



**TABLA 3: Fase Lateral / Posición Cerrada**

Calibración de la forma de onda:

- Tiempo de formación de cresta ($1.2 \pm 30\%$): 1.16 μseg (registro 5)
- Tiempo de semiamplitud ($50 \pm 20\%$): 44.0 μseg (registro 6)

Secuencia de Impulsos Aplicados:

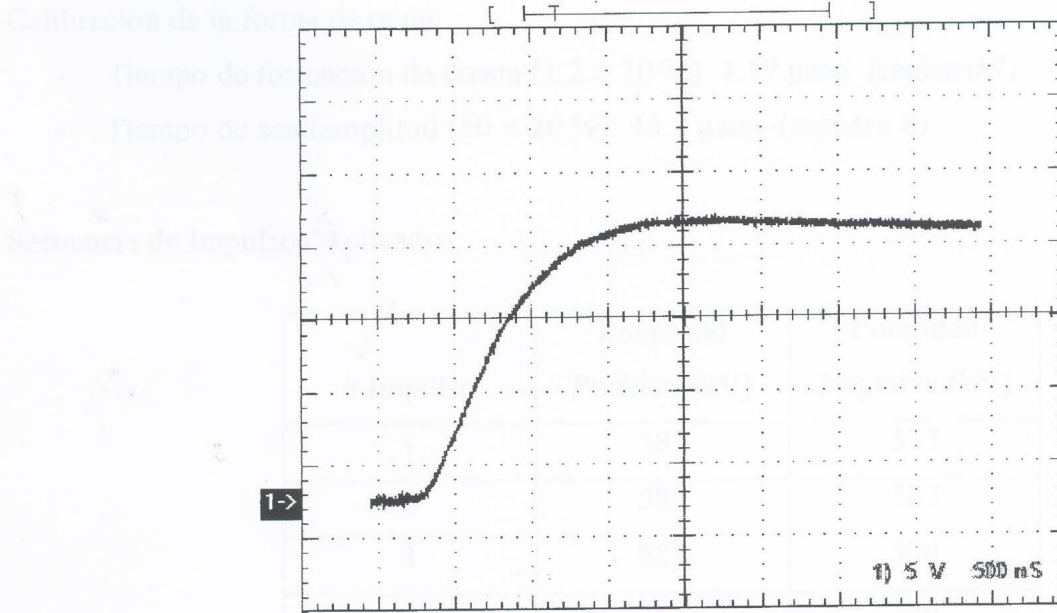
# Impulso	Polaridad Positiva (kV)	Polaridad Negativa (kV)
1	512	515
2	511	514
3	510	513
4	511	513
5	510	513
6	510	513
7	510	513
8	510	513
9	510	513
10	510	513
11	510	513
12	510	513
13	510	513
14	510	513
15	510	513

Registro 6, Tiempo de Semiamplitud

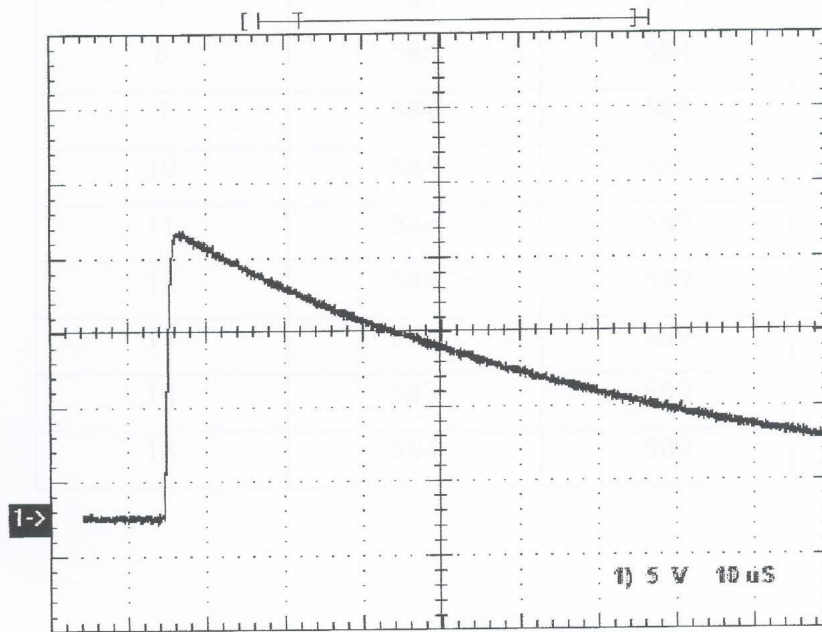




TABLA 4: Fase Lateral / Posición Abierta



Registro 5. Tiempo de Formación de Cresta



Registro 6. Tiempo de Semiamplitud





TABLA 4: Fase Lateral / Posición Abierta

Calibración de la forma de onda:

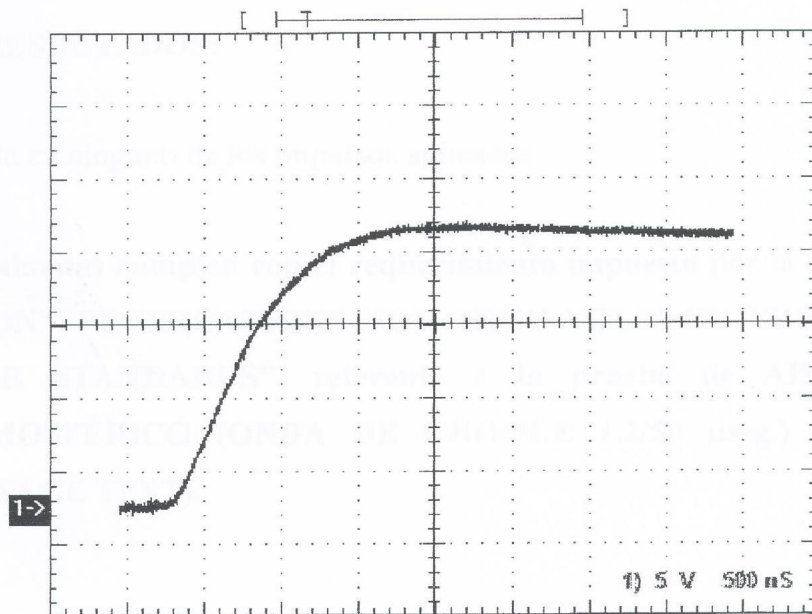
- Tiempo de formación de cresta ($1.2 \pm 30\%$): 1.17 μ seg (registro 7)
- Tiempo de semiamplitud ($50 \pm 20\%$): 45.2 μ seg (registro 8)

Secuencia de Impulsos Aplicados:

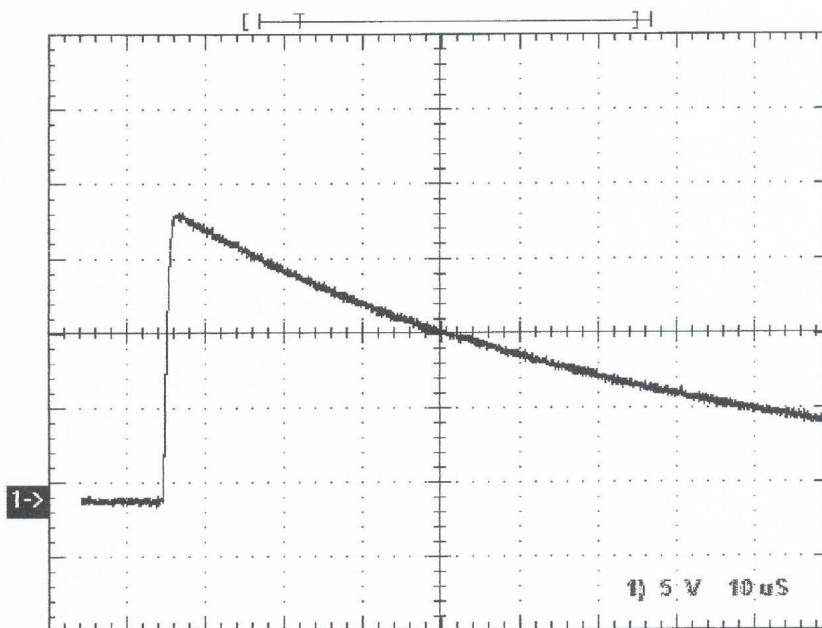
# Impulso	Polaridad Positiva (kV)	Polaridad Negativa (kV)
1	587	577
2	587	582
3	582	594
4	583	570
5	584	583
6	584	584
7	584	584
8	584	584
9	584	589
10	584	589
11	584	589
12	584	589
13	584	589
14	583	589
15	584	589

Registro 8. Tiempo de Semiamplitud





Registro 7. Tiempo de Formación de Cresta



Registro 8. Tiempo de Semiamplitud





ANÁLISIS DE RESULTADOS:

No se observó falla en ninguno de los impulsos aplicados.

Las muestras evaluadas cumplen con el requerimiento impuesto por la norma IEC 60694-2002: "COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS", referente a la prueba de AISLAMIENTO AL IMPULSO ATMOSFÉRICO (ONDA DE CHOQUE 1.2/50 $\mu\text{seg.}$) / (LIGHTNING IMPULSE VOLTAGE TEST).



**GRUPO 1:****RESULTADOS:**

1.1. - PRUEBAS DIELECTRICAS: AISLAMIENTO A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN CONDICIONES AMBIENTALES SECAS (POWER FREQUENCY DRY VOLTAGE TEST).

PROCEDIMIENTO:

Se aplica tensión alterna hasta el valor especificado de prueba y se mantiene durante un (1) minuto. Esta secuencia de prueba se aplica sobre cada conexión operativa del seccionador.

La norma especifica los siguientes valores de prueba:

- Posición Cerrada: 230 kV
- Posición Abierta: 265 kV

En la figura 2 se muestra el esquema básico de prueba utilizado.

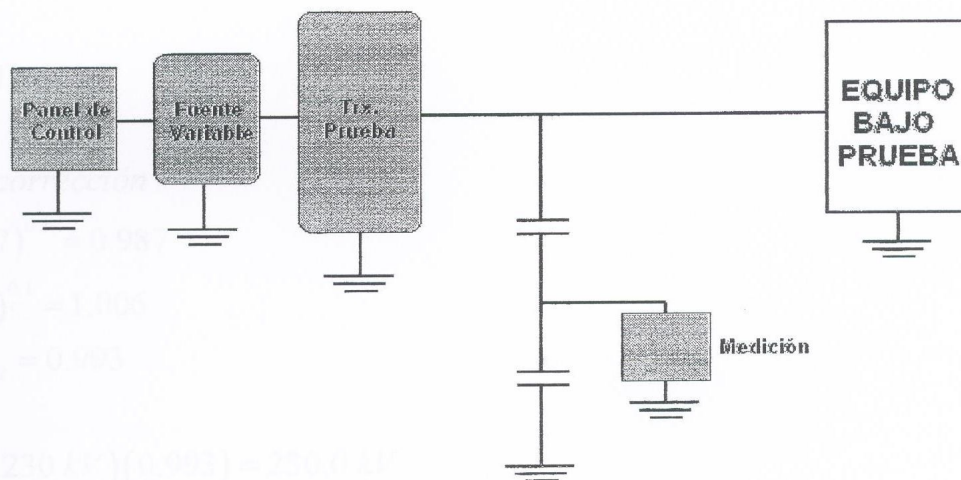


Figura 2. Esquema básico de prueba de tensión aplicada



**RESULTADOS:**

Condiciones Ambientales:

- Presión Ambiental: 669.0 mmHg
- Temperatura ambiental: 21.0 °C
- Temperatura bulbo seco: 70 °F
- Temperatura bulbo húmedo: 65.5 °F

Voltaje de Prueba en Posición Cerrada:

$$\delta = \left(\frac{669 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{273 + 20 \text{ °C}}{273 + 21 \text{ °C}} \right) = 0.877$$

$$k = 1.06 \left(\text{correspondiente a } h = 14.0 \frac{\text{grs}}{\text{m}^3} \right)$$

Factor espinterométrico:

- Voltaje de prueba: 230 kV

- Distancia aislamiento: 1.37 m

$$g = 0.4$$

$$m = w = 0.1$$

Factor de corrección:

$$K_1 = (0.877)^{0.1} = 0.987$$

$$K_2 = (1.06)^{0.1} = 1.006$$

$$K_T = K_1 K_2 = 0.993$$

$$U_{PRUEBA} = (230 \text{ kV})(0.993) = 230.0 \text{ kV}$$





Voltaje de Prueba en Posición Abierta:

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

$$\delta = \left(\frac{669 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{273 + 20^\circ\text{C}}{273 + 21^\circ\text{C}} \right) = 0.877$$

$$k = 1.06 \left(\text{correspondiente a } h = 14 \frac{\text{grs}}{\text{m}^3} \right)$$

Factor espinterométrico:

- Voltaje de prueba: 265 kV

- Distancia aislamiento: 1.55 m

$$g = 0.4$$

$$m = w = 0.1$$

Factor de corrección:

$$K_1 = (0.877)^{0.1} = 0.987$$

$$K_2 = (1.06)^{0.1} = 1.006$$

$$K_T = K_1 K_2 = 0.993$$

$$U_{PRUEBA} = (265 \text{ kV})(0.993) = 265.0 \text{ kV}$$

Secuencia de Prueba:

a) Evaluación Fase Lateral:

- Posición Cerrada: 1 minuto
- Posición Abierta: 1 minuto

b) Evaluación Fase Central:

- Posición Cerrada: 1 minuto
- Posición Abierta: 1 minuto





GRUPO I:

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

No se presentó falla en ninguna de las posiciones evaluadas.

Las muestras evaluadas cumplen con el requerimiento impuesto por la norma IEC 60694-2002: "COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS", referente a la prueba de AISLAMIENTO A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN CONDICIONES AMBIENTALES SECAS (POWER FREQUENCY DRY VOLTAGE TEST).

- Posición Cerrada: 270 kV
- Posición Abierta: 365 kV

En la figura 3 se muestra el esquema básico de prueba utilizado. La condición de lluvia se establece en la norma IEC 60060-1, con las siguientes características generales:

- Resistividad 100 $\Omega \cdot m$ ($\pm 10\%$)
- Tasa de precipitación de 1 - 2 mm/h. / Precojado 15 min



Figura 3. Circuito básico utilizado en la prueba de tensión de sobrecarga en condiciones ambientales secas.



**GRUPO 1:****1.1. - PRUEBAS DIELECTRICAS: AISLAMIENTO A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN CONDICIONES AMBIENTALES HÚMEDAS (POWER FREQUENCY WET VOLTAGE TEST).****PROCEDIMIENTO:**

Se aplica tensión alterna hasta el valor especificado de prueba y se mantiene durante un (1) minuto. Esta secuencia de prueba se aplica sobre cada conexión operativa del seccionador.

La norma especifica los siguientes valores de prueba:

- Posición Cerrada: 230 kV
- Posición Abierta: 265 kV

En la figura 3 se muestra el esquema básico de prueba utilizado. La condición de lluvia se establece en la norma IEC 60060-1, con las siguientes características generales:

- Resistividad 100 Ω -m ($\pm 10\%$)
- Tasa de precipitación de 1 - 2 mm/min / Premojado 15 min

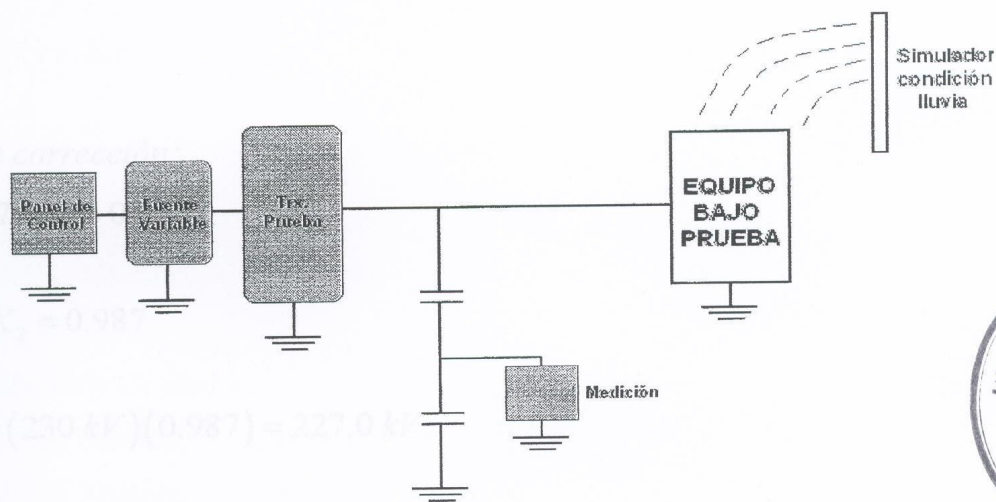


Figura 3. Circuito básico utilizado en la prueba de tensión de soporte en condiciones húmedas





RESULTADOS:

Condiciones Ambientales:

- Presión Ambiental: 669.0 mmHg
- Temperatura ambiental: 21.0 °C
- Temperatura bulbo seco: 70 °F
- Temperatura bulbo húmedo: 65.5 °F

Voltaje de Prueba en Posición Cerrada:

$$\delta = \left(\frac{669 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{273 + 20 \text{ °C}}{273 + 21 \text{ °C}} \right) = 0.877$$

$$k = 1$$

Factor espinterométrico:

- Voltaje de prueba: 230 kV
- Distancia aislamiento: 1.37 m

$$g = 0.4$$

$$m = 0.1$$

Factor de corrección:

$$K_1 = (0.877)^{0.1} = 0.987$$

$$K_2 = 1$$

$$K_T = K_1 K_2 = 0.987$$

$$U_{PRUEBA} = (230 \text{ kV})(0.987) = 227.0 \text{ kV}$$





Voltaje de Prueba en Posición Abierta:

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

$$\delta = \left(\frac{669 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{273 + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{273 + 21 \text{ }^\circ\text{C}} \right) = 0.877$$

$$k = 1$$

Factor espinterométrico:

- Voltaje de prueba: 265 kV

- Distancia aislamiento: 1.55 m

$$g = 0.4$$

$$m = 0.1$$

Factor de corrección:

$$K_1 = (0.877)^{0.1} = 0.987$$

$$K_2 = 1$$

$$K_T = K_1 K_2 = 0.987$$

$$U_{PRUEBA} = (265 \text{ kV})(0.987) = 261.6 \text{ kV}$$

Secuencia de Prueba:

a) Evaluación Fase Lateral:

- Posición Cerrada: 1 minuto
- Posición Abierta: 1 minuto

b) Evaluación Fase Central:

- Posición Cerrada: 1 minuto
- Posición Abierta: 1 minuto





GRUPO 1:

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

1.2 - PRUEBAS DIELECTRICAS: RADIO INTERFERENCIA

No se presentó falla en ninguna de las posiciones evaluadas.

Las muestras evaluadas cumplen con el requerimiento impuesto por la norma IEC 60694-2002: "COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS", referente a la prueba de AISLAMIENTO A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN CONDICIONES AMBIENTALES HÚMEDAS (POWER FREQUENCY WET VOLTAGE TEST).

- Se eleva el voltaje hasta $1.1 (U_0/V)$ durante 5 minutos.
- Se disminuye el voltaje en pasos de $0.1 (U_0/V)$ hasta $0.3 (U_0/V)$, tomando mediciones en cada punto.
- Se eleva el voltaje en pasos de $0.1 (U_0/V)$ hasta $1.1 (U_0/V)$, tomando mediciones en cada punto.
- Se disminuye el voltaje en pasos de $0.1 (U_0/V)$ hasta $0.3 (U_0/V)$, tomando mediciones en cada punto.

Con el último registro de valores medidos, se grafica el nivel de radiointerferencia medido respecto al voltaje aplicado. Se considera que el equipo cumple con este requerimiento si el nivel de radiointerferencia medido a $1.1 (U_0/V)$ no es mayor de $2500 \mu V$.

La prueba se ejecuta en las siguientes configuraciones del sector de:

- En posición cerrada, aplicando voltaje sobre los tres terminales, unidos entre sí, conectando los demás puntos de soporte a tierra.
- En posición abierta, aplicando voltaje sobre uno de los extremos, conectando a tierra los otros polos y los demás puntos de soporte.





GRUPO 1:

1.2. - PRUEBAS DIELECTRICAS: RADIO INTERFERENCIA (RADIO INTERFERENCE VOLTAGE (R.I.V.) TEST)

PROCEDIMIENTO:

La prueba consiste en medir el nivel de radiointerferencia producido por el equipo en el rango $0.3 (U_r/\sqrt{3}) - 1.1 (U_r/\sqrt{3})$, medido en intervalos de $0.1 (U_r/\sqrt{3})$, donde U_r es el voltaje nominal de 123 kV. La prueba se realiza de acuerdo a la siguiente secuencia:

- Se eleva el voltaje hasta $1.1 (U_r/\sqrt{3})$ durante 5 minutos.
- Se disminuye el voltaje en pasos de $0.1 (U_r/\sqrt{3})$ hasta $0.3 (U_r/\sqrt{3})$, tomando mediciones en cada punto.
- Se eleva el voltaje en pasos de $0.1 (U_r/\sqrt{3})$ hasta $1.1 (U_r/\sqrt{3})$, tomando mediciones en cada punto.
- Se disminuye el voltaje en pasos de $0.1 (U_r/\sqrt{3})$ hasta $0.3 (U_r/\sqrt{3})$, tomando mediciones en cada punto.

Con el último registro de valores medidos, se grafica el nivel radiointerferencia medido respecto al voltaje aplicado. Se considera que el equipo cumple con este requerimiento si el nivel de radiointerferencia medido a $1.1 (U_r/\sqrt{3})$ no es mayor de $2500 \mu V$.

La prueba se ejecuta en las siguientes configuraciones del seccionador:

- En posición cerrada, aplicando voltaje sobre los tres terminales, unidos entre sí, conectando los demás puntos de soporte a tierra.
- En posición abierta, aplicando voltaje sobre uno de los extremos, conectando a tierra los otros polos y los demás puntos de soporte.





Calibración del sistema de medición:

Los equipos de medición deben cumplir con lo establecido en las normas CISPR 18-2.

Características de la medición:

- Frecuencia de Medición: 0.5 Mhz
- Impedancia de Medición: 300 Ω
- Ruido de Fondo: 6 dB (límite mínimo) a 10 dB (condición sugerida) por debajo del nivel de radiointerferencia establecido como límite de prueba.

El circuito básico de prueba se muestra en la figura 4.

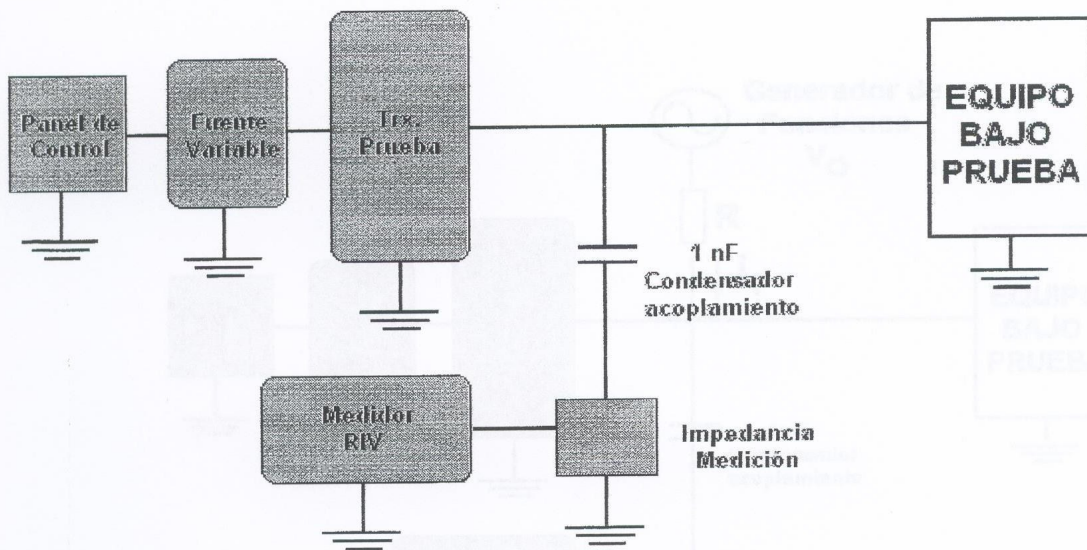


Figura 4. Circuito de Prueba para la Medición de Radiointerferencia R.I.V.

Figura 3. Arreglo para la Calibración del Circuito de Pruebas





Calibración del sistema de medición:

EQUIVALENCIAS dB / μ V

Los niveles de radiointerferencia son medidos en dB referidos a 1μ V a través de la impedancia de medición de 300Ω . La medición realizada por el equipo sufre atenuaciones asociadas a las diferentes conexiones, lo cual exige la aplicación de factores de corrección.

El método alternativo de calibración se basa en efectuar el montaje indicado en la figura 5.

$$i_i = \frac{V_o}{R}$$

$$V_{\text{ATENUCIACIÓN}} \text{ (dB / } 1 \mu\text{V / } 300 \Omega) = 20 \log \left(300 \frac{i_i}{V_i} \right)$$

$$V \text{ (dB / } 1 \mu\text{V / } 300 \Omega) = V_{\text{MEDIDO}} + V_{\text{ATENUCIACIÓN}}$$

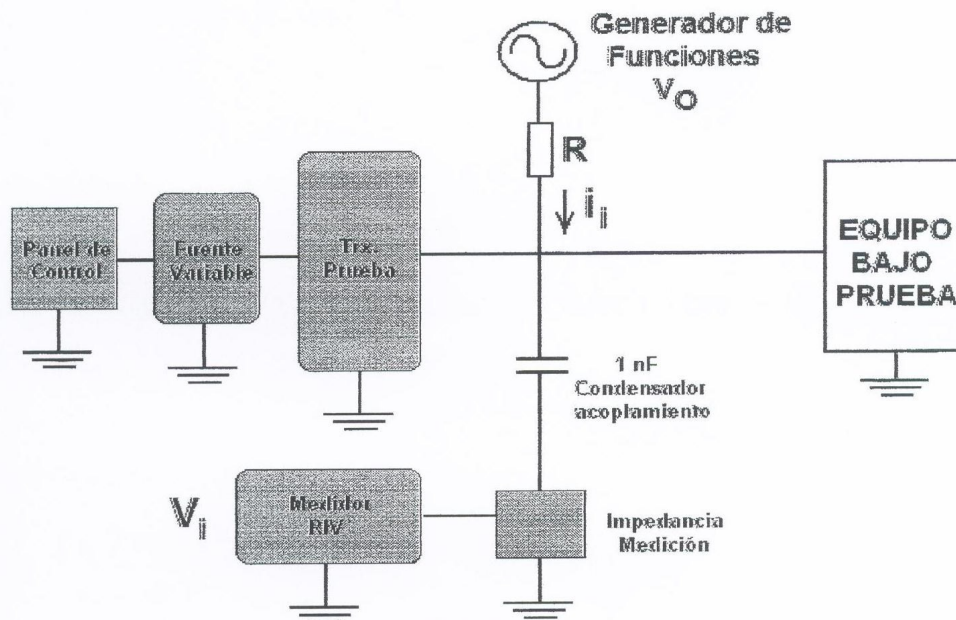


Figura 5. Arreglo para la Calibración del Circuito de Pruebas





RESULTADOS:

EQUIVALENCIAS dB / μV :

a) CALIBRACIÓN

El equipo de medición utilizado es marca SIEMENS (modelo B 83600 – B 40), cuya medición en dB viene expresado en base a $0.4 \mu\text{V}$. La medición exigida se debe expresar en base a $1 \mu\text{V}$, por lo cual es necesario realizar la conversión respectiva.

$$dB_{0.4 \mu V} = 10 \log \left(\frac{V_{MEDIDO}^2}{(0.4 \mu V)^2} \right)$$

Voltage medido:

$$V_{MEDIDO} = \sqrt{10^{\left(\frac{dB_{0.4 \mu V}}{10}\right)} (0.4 \mu V)^2}$$

$$V_{MEDIDO} = \sqrt{10^{11.7} (0.4 \mu V)^2} = 3563 \mu V$$

Corrección:

$$V_{CORRECCION} (dB / 1 \mu V / 300 \Omega) = 20 \log \left(300 \frac{45.45 \mu V}{3563 \mu V} \right) = 11.7$$

Mediciones:

$$V (dB / 1 \mu V / 300 \Omega) = V_{MEDIDO} + 11.7$$

RUIDO DE FONDO MEDIDO CON EL EQUIPO CONECTADO: 35 dB

RUIDO DE FONDO NETO: 46.7 dB

El límite a ser medido es de $2500 \mu\text{V}$.

$$dB_{LIMITE} = 10 \log \left(\frac{(2500 \mu V)^2}{(0.4 \mu V)^2} \right) = 75.4$$

El ruido de fondo se encuentra 22 dB por debajo de la condición límite de medición.



**RESULTADOS:**

a) CALIBRACIÓN:

Fuente de prueba:

$$V_o = 1 \text{ V}$$

$$R = 22 \text{ k}\Omega$$

$$i_i = \frac{1 \text{ V}}{22 \text{ k}\Omega} = 45.45 \text{ }\mu\text{A}$$

Voltaje medido:

$$V_i = 79 \text{ dB}$$

Expresado en μV :

$$V_{\text{MEDIDO}} = \sqrt{10^{\left(\frac{79}{10}\right)}} (0.4 \text{ }\mu\text{V})^2 = 3565 \text{ }\mu\text{V}$$

Corrección:

$$V_{\text{ATENUACIÓN}} (\text{dB} / 1 \text{ }\mu\text{V} / 300 \text{ }\Omega) = 20 \log \left(300 \frac{45.45 \text{ }\mu\text{A}}{3565 \text{ }\mu\text{V}} \right) = 11.7$$

Mediciones:

$$V (\text{dB} / 1 \text{ }\mu\text{V} / 300 \text{ }\Omega) = V_{\text{MEDIDO}} + 11.7$$

RUIDO DE FONDO MEDIDO CON EL EQUIPO CONECTADO: 35 dB

RUIDO DE FONDO NETO: 46.7 dB

El límite a ser medido es de 2500 μV :

$$\text{dB}_{0.4 \text{ }\mu\text{V}} = 10 \log \left(\frac{(2500 \text{ }\mu\text{V})^2}{(0.4 \text{ }\mu\text{V})^2} \right) = 75.9$$

El ruido de fondo se encuentra 29 dB por debajo de la condición límite de medición.

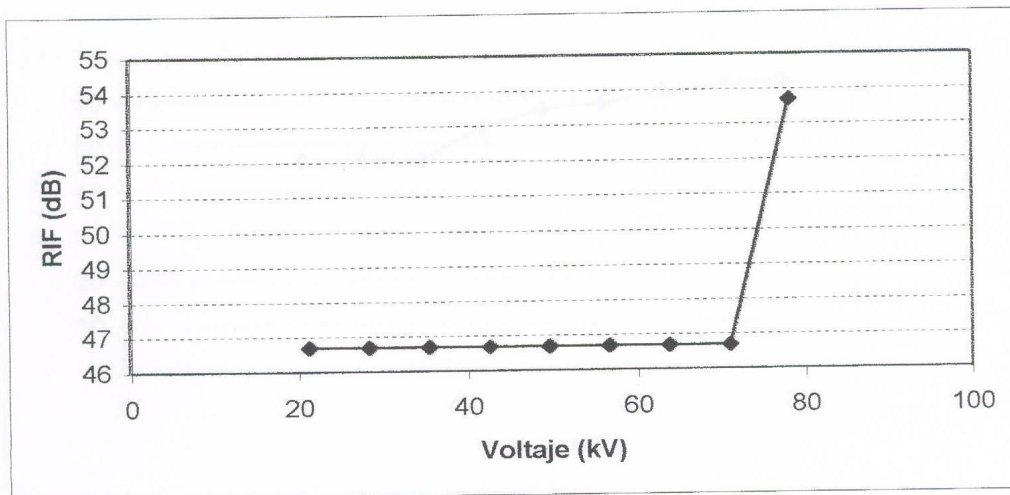




b) EVALUACIÓN SECCIONADOR EN POSICIÓN CERRADA

	Ciclo Decreciente			Ciclo Creciente			Ciclo Decreciente		
	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)
5 min. @ 78.1 kV	78.1	41	52.7	21.3	35	46.7	78.1	42	53.7
	71.0	35	46.7	28.4	35	46.7	71.0	35	46.7
	63.9	35	46.7	35.5	35	46.7	63.9	35	46.7
	56.8	35	46.7	42.6	35	46.7	56.8	35	46.7
	49.7	35	46.7	49.7	35	46.7	49.7	35	46.7
	42.6	35	46.7	56.8	35	46.7	42.6	35	46.7
	35.5	35	46.7	63.9	35	46.7	35.5	35	46.7
	28.4	35	46.7	71.0	35	46.7	28.4	35	46.7
	21.3	35	46.7	78.1	42	53.7	21.3	35	46.7

*(± 0.5 kV)



$$V_{\text{MÁXIMO}} = \sqrt{10^{\left(\frac{53.7}{10}\right)} (0.4 \mu V)^2} = 193.7 \mu V$$

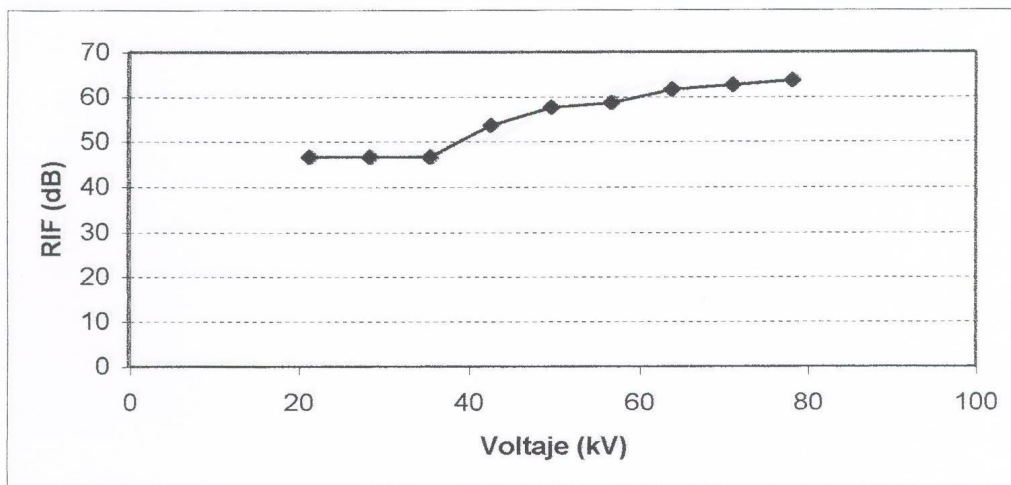




c) EVALUACIÓN SECCIONADOR EN POSICIÓN ABIERTA – POLO LATERAL:

	Ciclo Decreciente			Ciclo Creciente			Ciclo Decreciente		
	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)
5 min. @ 78.1 kV	78.1	51	62.7	21.3	35	46.7	78.1	52	63.7
	71.0	50	61.7	28.4	35	46.7	71.0	51	62.7
	63.9	48	59.7	35.5	35	46.7	63.9	50	61.7
	56.8	47	58.7	42.6	42	53.7	56.8	47	58.7
	49.7	44	55.7	49.7	44	55.7	49.7	46	57.7
	42.6	42	53.7	56.8	47	58.7	42.6	42	53.7
	35.5	35	46.7	63.9	48	59.7	35.5	35	46.7
	28.4	35	46.7	71.0	51	62.7	28.4	35	46.7
	21.3	35	46.7	78.1	52	63.7	21.3	35	46.7

*(± 0.5 kV)



$$V_{MÁXIMO} = \sqrt{10^{\left(\frac{63.7}{10}\right)} (0.4 \mu V)^2} = 612.4 \mu V$$

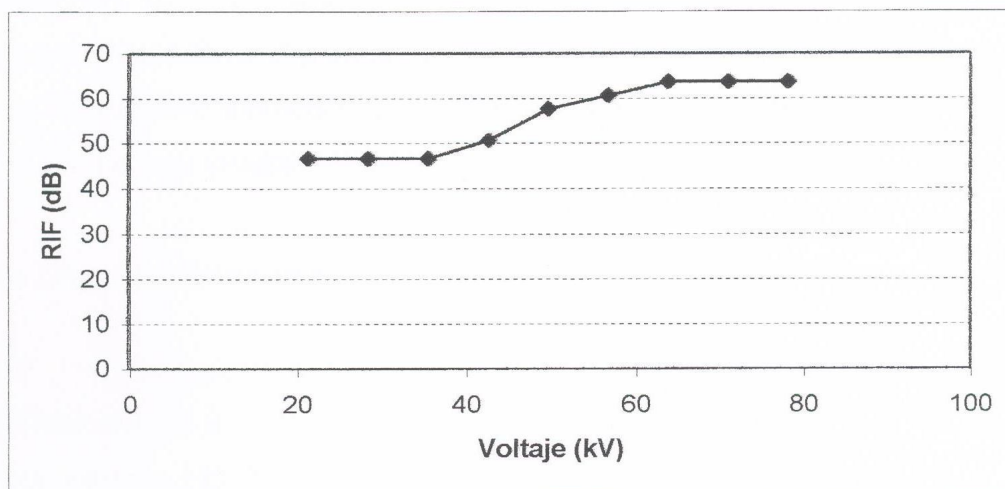




d) EVALUACIÓN SECCIONADOR EN POSICIÓN ABIERTA – POLO CENTRAL:

	Ciclo Decreciente			Ciclo Creciente			Ciclo Decreciente		
	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)	Voltaje (kV)*	RIF MEDIDO (dB)	RIF (dB)
5 min. @ 78.1 kV	78.1	52	63.7	21.3	35	46.7	78.1	52	63.7
	71.0	52	63.7	28.4	35	46.7	71.0	52	63.7
	63.9	50	61.7	35.5	35	46.7	63.9	52	63.7
	56.8	48	59.7	42.6	39	50.7	56.8	49	60.7
	49.7	46	57.7	49.7	46	57.7	49.7	46	57.7
	42.6	39	50.7	56.8	48	59.7	42.6	39	50.7
	35.5	37	48.7	63.9	51	62.7	35.5	35	46.7
	28.4	35	46.7	71.0	52	63.7	28.4	35	46.7
	21.3	35	46.7	78.1	52	63.7	21.3	35	46.7

*(± 0.5 kV)



$$V_{MÁXIMO} = \sqrt{10^{\left(\frac{63.7}{10}\right)} (0.4 \mu V)^2} = 612.4 \mu V$$





ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los valores de Radiointerferencia medidos no superan el límite establecido.

Las muestras evaluadas cumplen con el requerimiento impuesto por la norma IEC 60694-2002: "COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS", referente a la prueba de RADIO INTERFERENCIA (RADIO INTERFERENCE VOLTAGE (R.I.V.) TEST).

Se registró la temperatura en tres puntos:

1) Contacto: Experimento de Plata al aire.

2) Punto de Conexión: Cables al aire.

3) Terminal: Punto de conexión a los conductores externos. Cables.

La temperatura final es la medida una vez que se alcanza el equilibrio térmico, lo cual equivale a variaciones menores a 1 K en el período de una hora. El incremento de temperatura se mide en el respecto a la temperatura ambiente, la cual es medida a través de tres termómetros ubicados alrededor del equipo bajo prueba.

Los registros finales de temperatura no deben superar los siguientes límites:

1) Contactos:

- Incremento máximo: 65 K

- Temperatura máxima: 105 °C

2) Puntos de Conexión ó Terminales:

- Incremento máximo: 50 K

- Temperatura máxima: 90 °C



**GRUPO 2:****2.1. - ELEVACIÓN DE TEMPERATURA (TEMPERATURE RISE TEST).****PROCEDIMIENTO:**

La prueba se basa en hacer circular la corriente nominal (800 A) a través del seccionador en posición cerrada, mediante una fuente trifásica de tensión, tal como lo muestra el esquema de la figura 6. Se registra la temperatura los puntos que presenten los mayores incrementos de temperatura, de acuerdo a la configuración del equipo y a los materiales constitutivos (conductores y aislamiento).

Se registro la temperatura en tres puntos:

- a) Contactos: Recubrimiento de Plata al aire.
- b) Puntos de Conexión: Cobre al aire.
- c) Terminales (punto de conexión a los conductores externos): Cobre.

La temperatura final es la medida una vez que se alcanza el equilibrio térmico, lo cual equivale a variaciones menores a 1 K en el periodo de una hora. El incremento de temperatura se determina respecto a la temperatura ambiente, la cual es medida a través de tres termómetros ubicados alrededor del equipo bajo prueba.

Los registros finales de temperatura no deben superar los siguientes límites:

1) Contactos:

- Incremento máximo: 65 K
- Temperatura máxima: 105 °C

2) Puntos de Conexión ó Terminales:

- Incremento máximo: 50 K
- Temperatura máxima: 90 °C





Inyectores monofásicos
de corriente
Tres Transformadores
480 / 9 V - 36 kVA

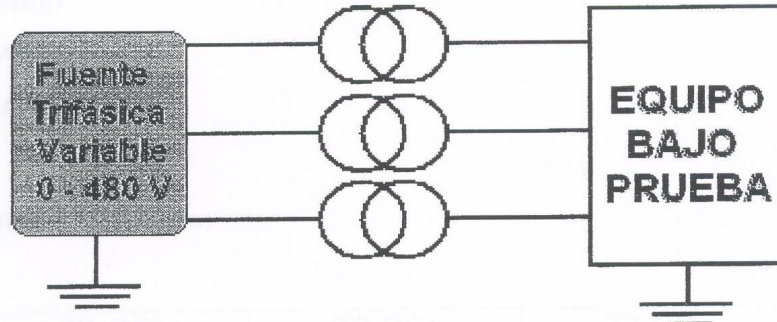


Figura 6. Esquema básico de prueba de incremento de temperatura.

Cada fase del seccionador fue conectada, de forma correspondiente, a la salida de cada uno de los inyectores monofásicos de corriente. La fuente trifásica se varió hasta alcanzar la corriente nominal del equipo 800 Amp \pm 10 % para cada una de las fases.





RESULTADOS:

Registro de Temperatura por Fase

Ajuste de corriente por fase:

- Fase A: 780 Amp.
- Fase B: 840 Amp.
- Fase C: 820 Amp.

Registro de Temperatura Ambiente:

Hora	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	Tpromedio (°C)
0	22.0	22.0	22.0	22.0
1	22.0	22.0	22.5	22.2
2	22.0	22.5	22.5	22.3
3	22.5	22.5	22.5	22.5
4	22.5	22.5	22.5	22.5
5	22.5	22.5	22.5	22.5

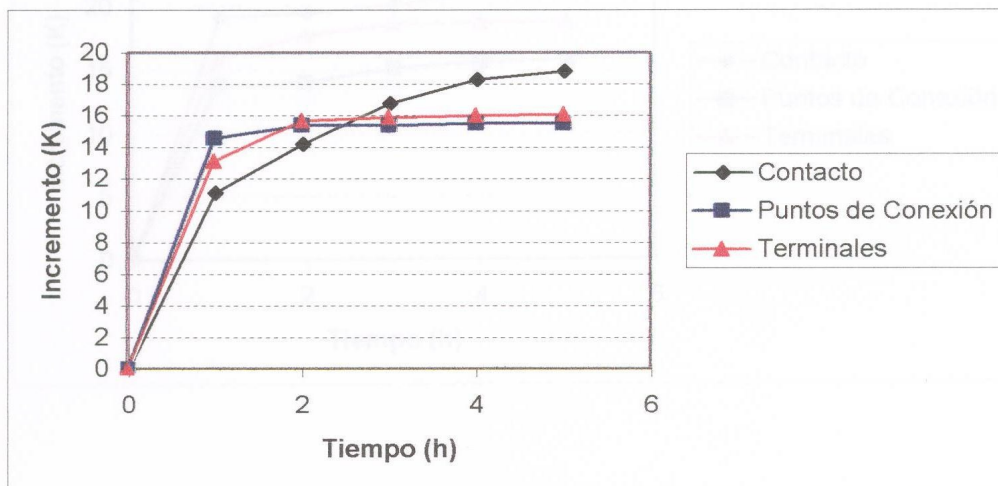




Registro de Temperatura por Fase:

a) Fase A:

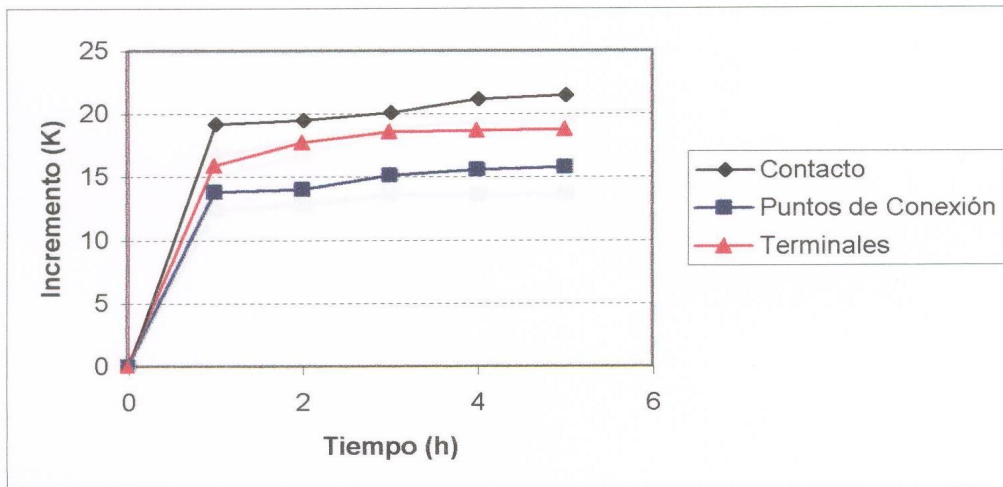
Hora	Contactos		Puntos Conexión		Terminales	
	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)
0	22.0	0.0	22.0	0.0	22.0	0.0
1	33.3	11.1	36.8	14.6	35.3	13.1
2	36.5	14.2	37.7	15.4	38.0	15.7
3	39.3	16.8	37.9	15.4	38.4	15.9
4	40.8	18.3	38.0	15.5	38.5	16.0
5	41.3	18.8	38.0	15.5	38.6	16.1





b) Fase B:

Hora	Contactos		Puntos Conexión		Terminales	
	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)
0	22.0	0.0	22.0	0.0	22.0	0.0
1	41.4	19.2	36.0	13.8	38.1	15.9
2	41.8	19.5	36.3	14.0	40.0	17.7
3	42.6	20.1	37.6	15.1	41.1	18.6
4	43.7	21.2	38.1	15.6	41.2	18.7
5	44.0	21.5	38.3	15.8	41.2	18.7



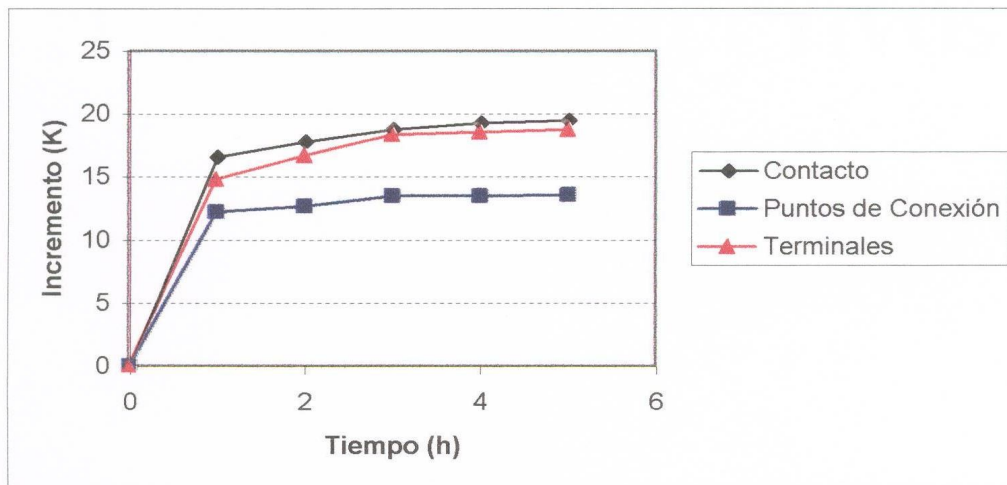


ANÁLISIS DE RESULTADOS:

c) Fase C:

Los valores de Temperatura medidos (absoluta e incrementos) no superan los límites establecidos de acuerdo a la forma constructiva del secundario y a los materiales (conductores y aislantes) utilizados.

Hora	Contactos		Puntos Conexión		Terminales	
	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)	Temperatura Medida (°C)	Incremento (K)
0	22.0	0.0	22.0	0.0	22.0	0.0
1	38.8	16.6	34.4	12.2	37.0	14.8
2	40.1	17.8	35.0	12.7	39.0	16.7
3	41.3	18.8	36.0	13.5	40.9	18.4
4	41.8	19.3	36.0	13.5	41.1	18.6
5	42.0	19.5	36.1	13.6	41.3	18.8





ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los valores de Temperatura medidos (absolutos e incrementos) no superan los límites establecidos de acuerdo a la forma constructiva del seccionados y a los materiales (conductores y aislantes) utilizados.

Las muestras evaluadas cumplen con el requerimiento impuesto por la norma IEC 60694-2002: "COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS", referente a la prueba de ELEVACIÓN DE TEMPERATURA (TEMPERATURE RISE TEST).

ANEXO I
PLANOS CONSTRUCTIVOS

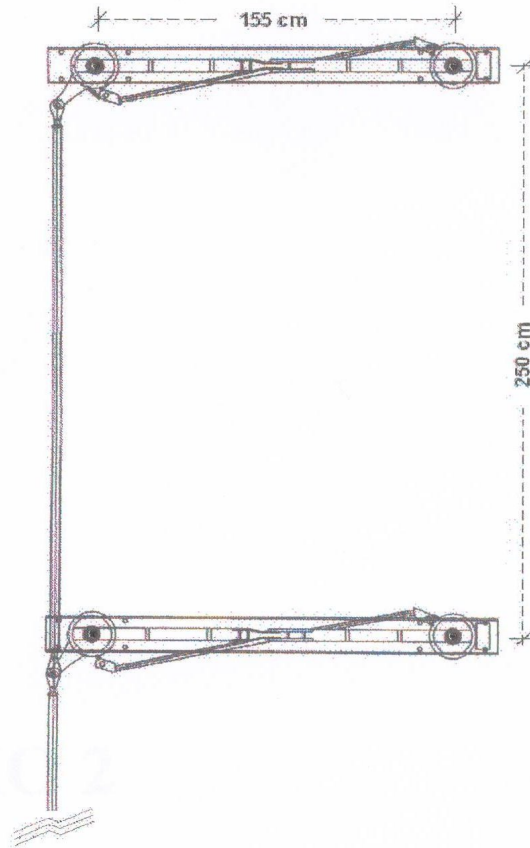
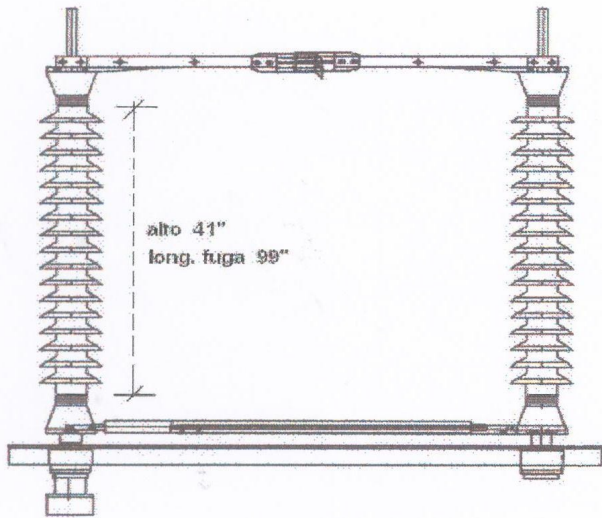




ANEXO 1

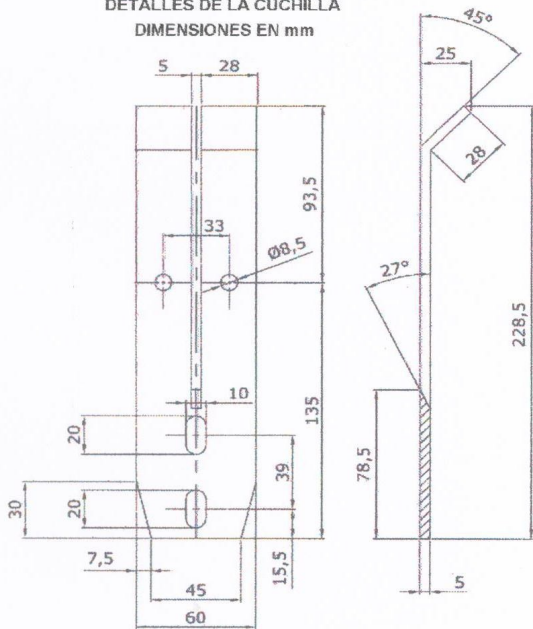
PLANOS CONSTRUCTIVOS





ANEXO 2
ASISTENTES A LAS PRUEBAS

DETALLES DE LA CUCHILLA
DIMENSIONES EN mm



DETALLES DE LA CUCHILLA
DIMENSIONES EN mm

