



CAPITULO 12

CABLES DE POTENCIA Y ACCESORIOS

TEORIA GENERAL

La función primordial de los conductores eléctricos es transmitir eficientemente la energía eléctrica. Esto puede asegurarse mediante el control de calidad de los cables, a través de las pruebas que se realizan en los laboratorios de los fabricantes que garantiza su confiabilidad durante la operación y con ello la continuidad del servicio; sin embargo, en la mayoría de los casos, el fabricante tiene poco o ningún control sobre las operaciones de transporte, almacenaje, instalación y conexiones, por lo que es recomendable efectuar pruebas eléctricas para tener la seguridad de que el cable se encuentra en buenas condiciones para entrar en servicio. Además, muchos usuarios han detectado que con el tiempo, el cable en operación revela algún daño existente de origen en la fabricación o durante la instalación, los cuales no fueron detectados durante las pruebas de fábrica o de instalación.

Inmediatamente después de que se ha instalado el cable, pero antes de que se coloquen las terminales o los empalmes, es una práctica común hacerle una prueba de resistencia de aislamiento, usando un megóhmmetro. Un valor bajo puede ser provocado por algo simple como suciedad o humedad y puede dar lugar a daño en el aislamiento; sin embargo el problema normalmente se corrige antes de que continúe el trabajo. Se hace otra verificación a la resistencia del aislamiento después de que se han efectuado los empalmes y terminales y de que el sistema de cables esté listo para las pruebas de aceptación.

Antes de poner en servicio un cable de potencia, este deberá probarse para tener la seguridad de que tanto el propio cable como sus accesorios (terminales), soportarán las condiciones operativas a que serán sometidos.

Las pruebas de campo a cables de potencia instalados se pueden dividir en:

Pruebas de aceptación o recepción.- Esta prueba se hace a cables nuevos después de instalados pero antes de energizarse incluyendo accesorios (terminales y empalmes).

Prueba en el periodo de garantía.- Esta prueba se hace durante el primer año de haber adquirido el cable, lo que no necesariamente implica que tenga un año de estar en operación; sin embargo, se entiende que el cable ya ha sido energizado y ha operado durante cierto tiempo.

Prueba de cables viejos.- Aunque un cable de potencia tiene una vida útil del orden de los 30 años, para efecto de pruebas de campo se considera un cable "viejo" todo aquél



que lleva más de un año de estar en operación y se piensa en dos periodos: El primero, cuando el cable tiene entre uno y cinco años y el segundo de cinco años en adelante.

La decisión de emplear pruebas de mantenimiento debe ser evaluada por cada usuario en particular, teniendo en cuenta además del costo de las fallas en servicio y el costo de las pruebas eléctricas, el hecho de que un cable sometido a pruebas con CD (con niveles cercanos o superiores a su tensión nominal), verá reducida su vida útil al someterse a esfuerzos que ocasionan un envejecimiento prematuro de su aislamiento, al inducirse en el mismo “cargas espaciales de alta permanencia”, las cuales al interactuar con la corriente alterna, son fuente de arborescencias y por tanto de descargas parciales. En tal sentido, la norma AEIC CS7-93, eliminó la aplicación de las pruebas de CD a cables de potencia. Los valores de pruebas de aceptación y mantenimiento para cables de potencia con corriente directa aplica para todo tipo de aislamiento hasta 138 kv, y no para cables de comunicación, control, cables especiales, etc. La falla más probable de un cable de potencia es la pérdida del aislamiento entre el conductor y la pantalla electrostática, la cual está aterrizada.

Las pruebas pueden ser efectuadas con corriente alterna o con corriente directa; sin embargo, las pruebas de campo con equipo de corriente directa tienen varias ventajas y, por ello, son las más usadas. El equipo para pruebas con corriente directa es en sí pequeño, ligero y menos costoso que las unidades de corriente alterna; también es menos probable que el cable se dañe al efectuar las pruebas y los resultados son menos ambiguos y más fáciles de interpretar. Aún cuando las pruebas con corriente directa no simulan las condiciones de operación tan bien como las pruebas con corriente alterna, la experiencia en la industria ha ayudado a desarrollar pruebas que reflejan la “salud” de los cables en alto grado.

Es evidente que la tensión de prueba debe estar relacionada con el nivel básico de impulso (BIL) del sistema, más que con el tipo de espesor del aislamiento.

DEFINICIONES

Corriente directa.- Es una corriente unidireccional. El uso de este término en este capítulo se indica prácticamente como corriente no pulsante.

Tension.- Tensión a corriente directa arriba de 5,000 volts suministrada por el equipo de prueba de capacidad limitada.

Campo.- El término “campo” o “en el campo”, se refiere generalmente a los aparatos instalados en posición de operación; sin embargo, esto puede incluir material que no esté instalado o que ha sido retirado de operación.



Accesorios de cables.- Son los componentes de un sistema de cables que no pueden ser desconectados del mismo y por lo cual estarán sujetos a la máxima tensión de prueba aplicada.

Pruebas de aceptación.- Es la prueba que se hace después de que un cable ha sido instalado, pero antes de ponerlo en servicio normal, con el fin de detectar daños en el embarque o instalación, o errores en la mano de obra de los accesorios.

Prueba de mantenimiento.- Es la prueba que se hace durante la vida de operación de un cable, con el fin de detectar deterioro del sistema y evaluar las condiciones en las que se encuentre operando.

Efecto de la temperatura.- La rigidez dieléctrica de algunos aislamientos se reduce a temperaturas elevadas. Esto requiere una reducción de la tensión de prueba a altas temperaturas.

Condiciones atmosféricas.- La humedad excesiva favorece la condensación sobre las superficies expuestas, pudiendo afectar mucho los resultados de las pruebas. La contaminación de la superficie de las terminales puede incrementar considerablemente la corriente de fuga y provocar el arqueo externo. La densidad del aire afecta la medición de la prueba, incrementando la corriente de fuga.

Campos eléctricos externos.- Algunas pruebas de campo en cables son ejecutadas en la vecindad de equipos energizados, originando que sus campos eléctricos influyan sobre los resultados de las pruebas. Debido al esfuerzo y la ionización del aire entre el circuito bajo prueba y la proximidad de circuitos energizados, es posible que pueda ocurrir arqueo. Cuando el espacio es reducido se tomarán las precauciones necesarias para prevenir los dichos arcos.

12.1 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

Para efectuar esta prueba a un cable se usa un probador de resistencia de aislamiento, el cual puede ser manual, eléctrico o digital. Conectando el cable de línea del equipo al conductor por medir y el cable de tierra a la pantalla del conductor y al sistema de tierras.

Los valores mínimos para cables monopolares, deben estar basados en la siguiente ecuación:

$$R = K \log (D/d)$$

Donde:

R = Megaohms por cada 300 metros de cable.

K = Constante para el aislamiento del material.



D = Diámetro exterior del aislamiento del conductor.
d = Diámetro del conductor.

Para cables del tipo multipolar, los valores mínimos de resistencia de aislamiento están dados por la siguiente ecuación:

$$R = K \log (D/d)$$

Donde:

D = $d + 2c + 2b$ Diámetro sobre el aislamiento del conductor de un cable monopolar.
d = Diámetro del conductor.
c = Película del aislamiento del conductor.
b = Película de la cubierta de aislamiento.

Los valores mínimos a 60 °F (15 °C) para la constante K son:

2,640 para papel impregnado.

50,000 para polietileno-termoplástico.

12.1.1 PREPARACION DEL CABLE PARA LA PRUEBA.

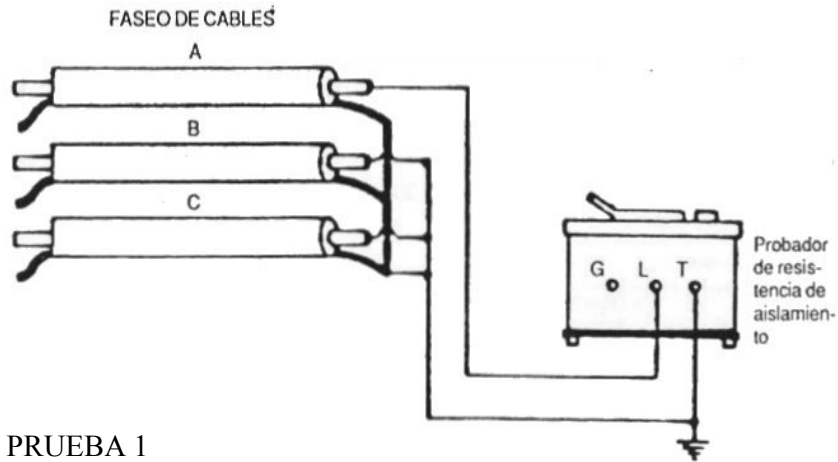
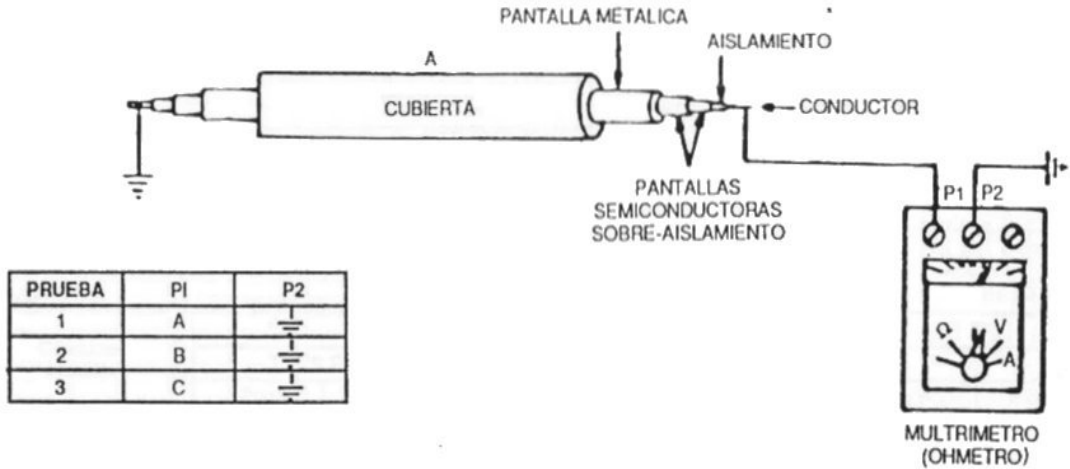
- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1, sobre las recomendaciones generales para realizar las pruebas.
- b) Desenergizar completamente el cable y dejar transcurrir cinco minutos para que se descargue, verificar ausencia de potencial con el detector correspondiente.
- c) Por seguridad conectar el cable a través de un conductor solidamente aterrizado, utilizando una pértiga,
- d) Desconectar las terminales del cable y limpiarlas perfectamente, para evitar errores en la medición.
- e) Antes de efectuar la prueba verificar perfectamente el etiquetado en ambos extremos del cable que se vaya a probar, sin tocar a los otros cables.
- f) Verificar la operación del equipo de pruebas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- g) Al terminar la prueba se debe registrar la temperatura del cable para efectuar la corrección correspondiente.



h) Al calcular la resistencia del aislamiento se debe efectuar la corrección por longitud ya que esta varía inversamente proporcional con ella.

12.1.2 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

Las conexiones para realizar la prueba con el equipo se muestra en la FIG. 12.1



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	CONEXION DE PRUEBA		
	L	G	T
1	A	—	B-C
2	B	—	C-A
3	C	—	B-A
4	ABC	—	⏏

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Fig. 12.1 CABLES DE POTENCIA

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA No. SE-12-01

12.1.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

La resistencia del aislamiento de cualquier cable se ve afectada por la temperatura, humedad, suciedad y en general, por las áreas débiles debidas al deterioro por envejecimiento o por daño mecánico. El valor de la resistencia, medido a una tensión y tiempo específicos, representará la influencia de todos esos factores en el aislamiento.

Antes de efectuar la medición es conveniente calcular analíticamente la resistencia del aislamiento del cable, como sigue:

R_i = resistencia del aislamiento en megohms – km

$$R_i = K \log_{10} \left(\frac{D}{d} \right)$$

donde:

R_i = resistencia del aislamiento en megohms – km

K = constante de resistencia del aislamiento (véase tabla 12.1)

D = diámetro sobre aislamiento en milímetros

d = diámetro bajo aislamiento en milímetros

Aislamiento	k (MΩ - km)
Papel impregnado	3 000 a 20°C
SINTENAX	750 a 20°C
Polietileno	15 250 a 15.6°C
VULCANEL XLP	6 100 a 15.6°C
VULCANEL EP	6 100 a 15.6°C

12.1.4 CORRECCION POR TEMPERATURA.

Es necesario corregir la resistencia de aislamiento medida del cable, a la temperatura de referencia y a 1 km de longitud, mediante la siguiente ecuación:

$$R_a = R_m \times f_c \times L$$

En donde:

R_a es la resistencia de aislamiento corregida a la temperatura de referencia de 20 °C y a 1 km de longitud expresada en Megaohms-km

R_m es la resistencia de aislamiento medida en Megaohms



Fc es el factor de corrección a la temperatura de referencia de 20 °C

L es la longitud del cable bajo prueba en km

La resistencia de aislamiento corregida se compara contra la mínima especificada en la norma de producto correspondiente.

Para determinar el factor de corrección (fc) a la temperatura de referencia de 20 °C, se utiliza la tabla 12.1 (Ref. Norma NMX-J-294-1996-ANCE) conociendo la temperatura de medición y el coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura por °C, el cual depende del tipo de aislamiento y que generalmente es proporcionado por el fabricante del cable.



**TABLA 12.1 FACTORES DE CORRECCIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
CON LA TEMPERATURA DE REFERENCIA A 20 °C**

Coeficiente de temperatura por °C	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14
Temperatura °C	Factores de corrección (Fc)										
0	0.46	0.38	0.31	0.26	0.21	0.18	0.15	0.12	0.10	0.087	0.073
1	0.47	0.40	0.33	0.28	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.098	0.083
2	0.49	0.42	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.096
3	0.51	0.44	0.37	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
4	0.53	0.46	0.39	0.34	0.29	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12
5	0.56	0.48	0.42	0.36	0.32	0.27	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14
6	0.58	0.51	0.44	0.39	0.34	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
7	0.60	0.53	0.47	0.41	0.37	0.33	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18
8	0.62	0.56	0.50	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21
9	0.65	0.58	0.53	0.48	0.43	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.24
10	0.68	0.61	0.56	0.51	0.46	0.42	0.39	0.35	0.32	0.29	0.27
11	0.70	0.64	0.59	0.54	0.50	0.46	0.42	0.39	0.36	0.33	0.31
12	0.73	0.68	0.63	0.58	0.54	0.50	0.47	0.43	0.40	0.38	0.35
13	0.76	0.71	0.67	0.62	0.58	0.55	0.51	0.48	0.45	0.43	0.40
14	0.79	0.75	0.70	0.67	0.63	0.60	0.56	0.53	0.51	0.48	0.46
15	0.82	0.78	0.75	0.72	0.68	0.65	0.62	0.59	0.57	0.54	0.52
16	0.85	0.82	0.79	0.76	0.74	0.71	0.68	0.66	0.64	0.61	0.59
17	0.89	0.86	0.84	0.82	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67
18	0.92	0.91	0.89	0.87	0.86	0.84	0.83	0.81	0.80	0.78	0.70
19	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14
22	1.08	1.10	1.12	1.14	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.28	1.30
23	1.32	1.16	1.19	1.22	1.26	1.30	1.33	1.37	1.40	1.44	1.48
24	1.17	1.22	1.26	1.31	1.36	1.41	1.46	1.52	1.57	1.63	1.69
25	1.22	1.28	1.34	1.40	1.47	1.54	1.61	1.69	1.76	1.84	1.93
26	1.27	1.34	1.42	1.50	1.59	1.68	1.77	1.87	1.97	2.08	2.19
27	1.32	1.41	1.50	1.61	1.71	1.83	1.95	2.08	2.21	2.35	2.50
28	1.37	1.48	1.59	1.72	1.85	1.99	2.14	2.30	2.48	2.65	2.85
29	1.42	1.55	1.69	1.84	2.00	2.17	2.36	2.56	2.77	3.00	3.25
30	1.48	1.63	1.79	1.97	2.16	2.37	2.59	2.84	3.11	3.39	3.71
31	1.54	1.71	1.90	2.10	2.33	2.58	2.85	3.15	3.48	3.84	4.23
32	1.60	1.80	2.01	2.25	2.52	2.81	3.14	3.50	3.90	4.33	4.82
33	1.67	1.89	2.13	2.40	2.72	3.07	3.45	3.88	4.36	4.90	5.49
34	1.73	1.98	2.26	2.58	2.94	3.34	3.80	4.31	4.89	5.53	6.26
35	1.80	2.08	2.40	2.76	3.17	3.64	4.18	4.78	5.47	6.25	7.14
36	1.87	2.18	2.54	2.95	3.43	3.97	4.59	5.31	6.13	7.07	8.14
37	1.95	2.29	2.69	3.16	3.70	4.33	5.05	5.90	6.87	7.99	9.28
38	2.03	2.41	2.85	3.38	4.00	4.72	5.56	6.54	7.69	9.02	10.60
39	2.11	2.53	3.02	3.62	4.32	5.14	6.12	7.26	8.61	10.20	12.10
40	2.19	2.65	3.21	3.87	4.66	5.60	6.73	8.06	9.65	11.50	13.70



**TABLA 12.1 FACTORES DE CORRECCIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
CON LA TEMPERATURA DE REFERENCIA A 20 °C (CONTINUACION)**

Coefficiente de temperatura por °C	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25
Temperatura °C	Factores de corrección (Fc)										
0	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.014	0.012
1	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.017	0.014
2	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.018
3	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
4	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
5	0.12	0.11	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
6	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04
7	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06
8	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
9	0.21	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
10	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
11	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13
12	0.33	0.31	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17
13	0.38	0.35	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21
14	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.32	0.30	0.29	0.28	0.26
15	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34	0.33
16	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.44	0.42	0.41
17	0.66	0.64	0.62	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.52	0.51
18	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.61
19	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25
22	1.32	1.35	1.37	1.39	1.42	1.44	1.46	1.49	1.51	1.54	1.56
23	1.52	1.56	1.60	1.64	1.69	1.73	1.77	1.82	1.86	1.91	1.95
24	1.75	1.81	1.87	1.91	2.01	2.07	2.14	2.22	2.29	2.36	2.44
25	2.01	2.10	2.19	2.29	2.39	2.49	2.59	2.70	2.82	2.93	3.05
26	2.31	2.44	2.57	2.70	2.84	2.99	3.14	3.30	3.46	3.64	3.81
27	2.66	2.83	3.00	3.19	3.38	3.58	3.80	4.02	4.26	4.51	4.77
28	3.06	3.28	3.51	3.76	4.02	4.30	4.59	4.91	5.24	5.59	5.96
29	3.52	3.80	4.11	4.40	4.79	5.16	5.56	5.99	6.44	6.93	7.45
30	4.05	4.41	4.81	5.23	5.69	6.19	6.73	7.30	7.93	8.59	9.31
31	4.65	5.12	5.62	6.18	6.78	7.43	8.14	8.91	9.75	10.70	11.60
32	5.35	5.94	6.58	7.29	8.06	8.92	9.85	10.90	12.00	13.30	14.60
33	6.15	6.69	7.70	8.60	9.60	10.70	11.90	13.30	14.70	16.40	18.20
34	7.80	7.99	9.01	10.10	11.40	12.80	14.40	16.20	18.10	20.30	22.70
35	8.14	9.27	10.50	12.00	13.60	15.40	17.40	19.70	22.30	25.20	28.40
36	9.36	10.70	12.30	14.10	16.20	18.50	21.10	24.10	27.40	31.20	35.50
37	10.80	12.50	14.40	16.70	19.20	22.20	25.50	29.40	33.80	38.70	44.40
38	12.40	14.50	16.90	19.70	22.90	26.60	30.90	35.80	41.50	48.00	55.50
39	14.20	15.80	19.70	23.20	27.30	31.90	37.40	43.70	51.10	59.60	69.40
40	15.40	19.60	23.10	27.40	32.40	38.30	45.30	53.40	62.80	73.90	86.70

12-10



12.2 PRUEBA DE ALTA TENSION (HIGH POT).

Características mínimas del equipo de prueba de alta tensión con corriente directa:

- a) Proveer la máxima tensión de prueba requerida (polaridad negativa) más un pequeño margen.
- b) Tener manera de incrementar la tensión continuamente o por pequeños pasos.
- c) Tener la capacidad de proveer regularización de tensión satisfactoria.
- d) Tener la salida lo suficientemente rectificadas como para suministrar una tensión directa aceptablemente pura.
- e) Tener indicadores de tensión y corriente que puedan ser leídos con precisión.
- f) Tener un generador para suministro de potencia con salida constante para el equipo de pruebas.
- g) Debe usarse un resistor con un valor no menor de 10,000 ohms por Kv de tensión de prueba, para descargar el cable después de las pruebas. Este resistor debe estar diseñado para soportar la tensión máxima de prueba sin arquear y además, conducir la energía de descarga sin sobrecalentarse. Debe suministrarse una pértiga aislante y un conductor flexible para conectar el resistor a través de la terminal del cable y tierra.

12.2.1 MÉTODO DE MEDICION.

Todos los elementos requieren desenergizarse antes de la prueba. Se recomienda verificar con un detector de potencial que los cables no están energizados ni cargados capacitivamente y enseguida conectarlos a tierra, la cual deberá permanecer todo el tiempo, excepto cuando se aplique la prueba de alta tensión. Esto se aplica a todas las partes metálicas desenergizadas que se encuentren en la cercanía.

Para reducir la corriente de conducción por lo extremos de las terminales del cable bajo prueba, se debe aislar reduciendo así el grado de concentración de esfuerzos.

12.2.2 CONSIDERACIONES

METODO CONTINUO

El método continuo consiste en aplicar la tensión incrementando aproximadamente 1 kv por segundo o el 75% del valor de la corriente de salida en el equipo. Con algunos equipos de pruebas es imposible alcanzar la tensión máxima en un tiempo específico,

debido a la magnitud de la corriente de carga.

METODO POR PASOS

Este método consiste en aplicar la tensión lentamente en incrementos de 5 a 7 pasos de igual valor, hasta llegar al valor de tensión especificado. Manteniendose el tiempo suficiente en cada paso para que la corriente de fuga se estabilice. Normalmente esto requiere de sólo unos cuantos segundos, a menos que los cables del circuito tengan capacitancia alta. La ventaja de este método es que permite tomar valores de corriente de fuga en cada paso, para trazar la curva después.

La especificacion para cables con pantallas para pruebas de aceptación en campo recomienda que el voltaje de prueba no sea mayor del 80% de la tensión de prueba de fábrica. Esta tensión máxima de prueba debe mantenerse por 15 minutos, durante los cuales se toman valores de la corriente de fuga. La prueba se considera como buena a menos que el interruptor del circuito del equipo de pruebas opere si el cable falla.

Para pruebas subsecuentes con proposito de verificación durante acciones de mantenimiento, el nivel de pruebas debe reducirse al orden del 65% durante 5 minutos.

Los porcentajes expresados anteriormente son con base a la denominada "tensión nominal de prueba", cuyas magnitudes se indican tabla 12.2.

TABLA 12.2 TENSIÓN NOMINAL DE PRUEBA PARA CABLES DE POTENCIA

CLASE DEL CABLE (kV)	TENSION NOMINAL DE PRUEBA (kV CD)	TIEMPO DE APLICACIÓN (MINUTOS)
15	56	5
25	80	5
35	100	5
69	180	5
115	225	5
138	236	5

En la FIG. 12.2 se muestra el diagrama eléctrico equivalente completo de un cable de potencia y en las FIG. 12.3 y 12.4 se tienen su diagrama vectorial y la variacion de la corriente de fuga.

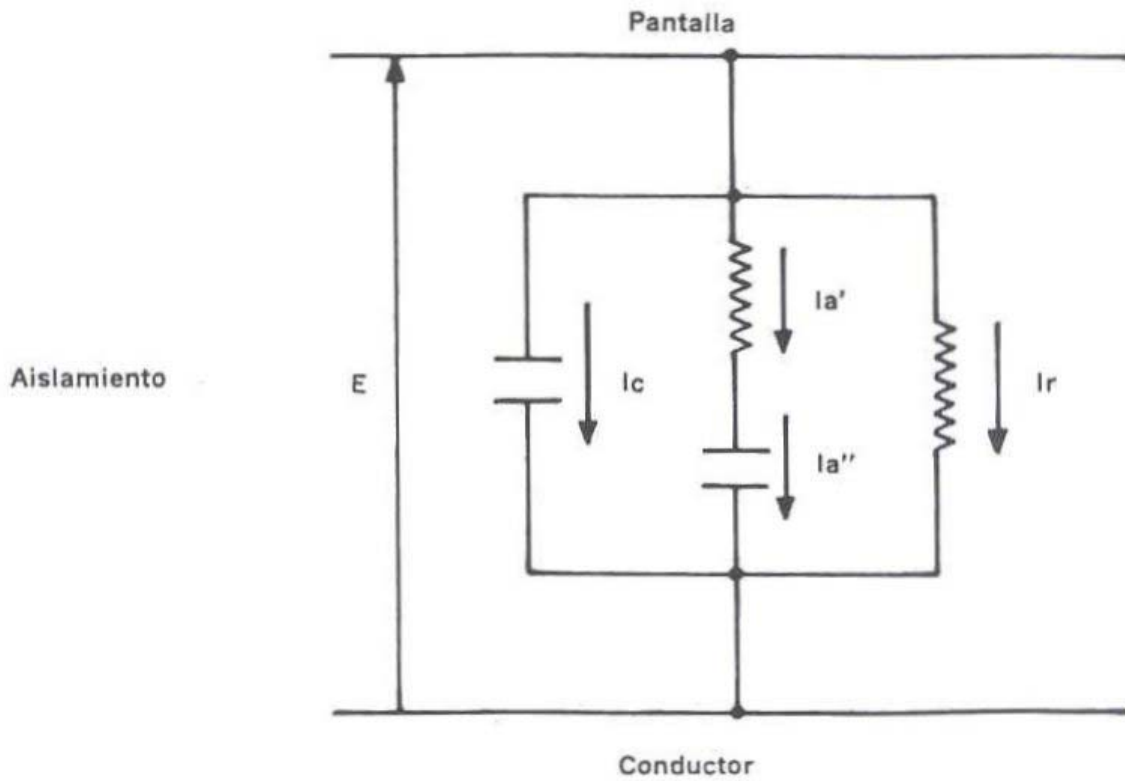


FIG. 12.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO EQUIVALENTE COMPLETO DE UN CABLE DE POTENCIA.

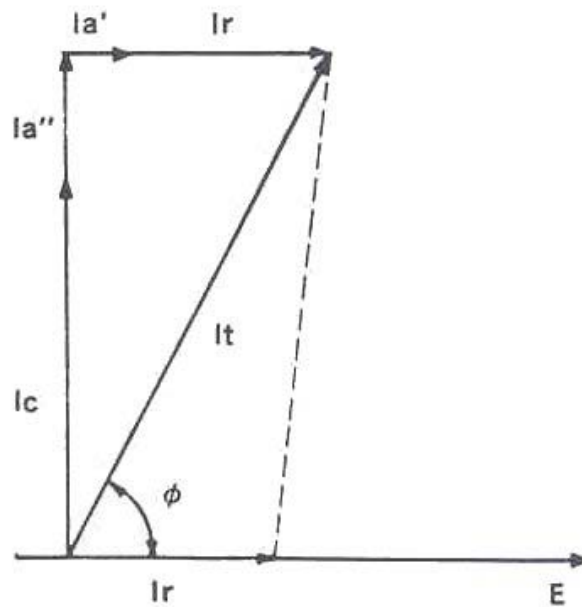


FIG. 12.3 DIAGRAMA VECTORIAL PARA UN CABLE DE POTENCIA

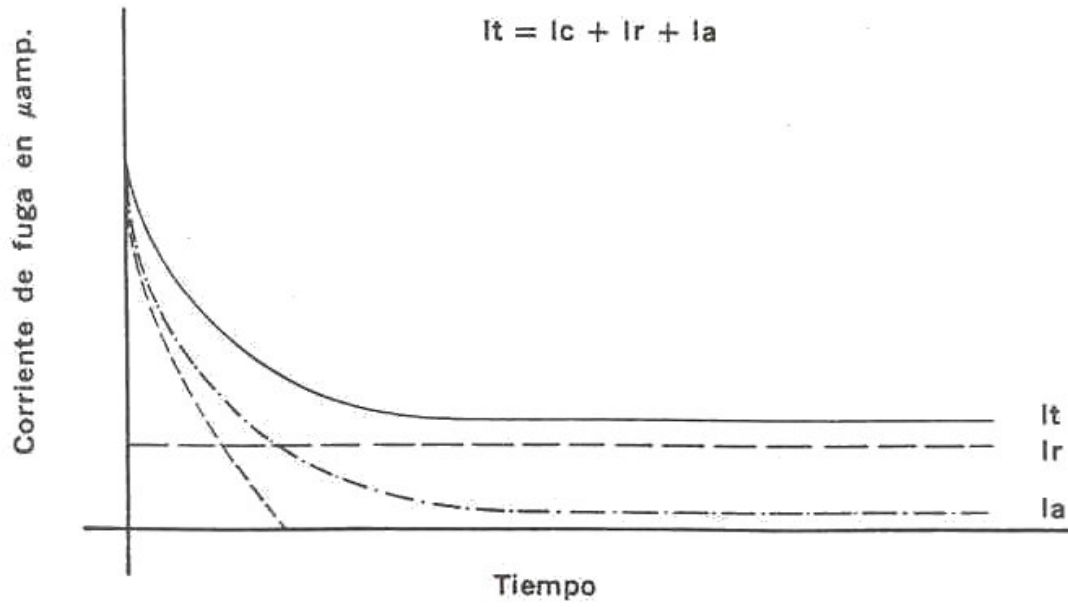


FIG. 12.4 VARIACIÓN DE LA CORRIENTE DE FUGA I_T EN EL TIEMPO, PARA UN CABLE DE POTENCIA

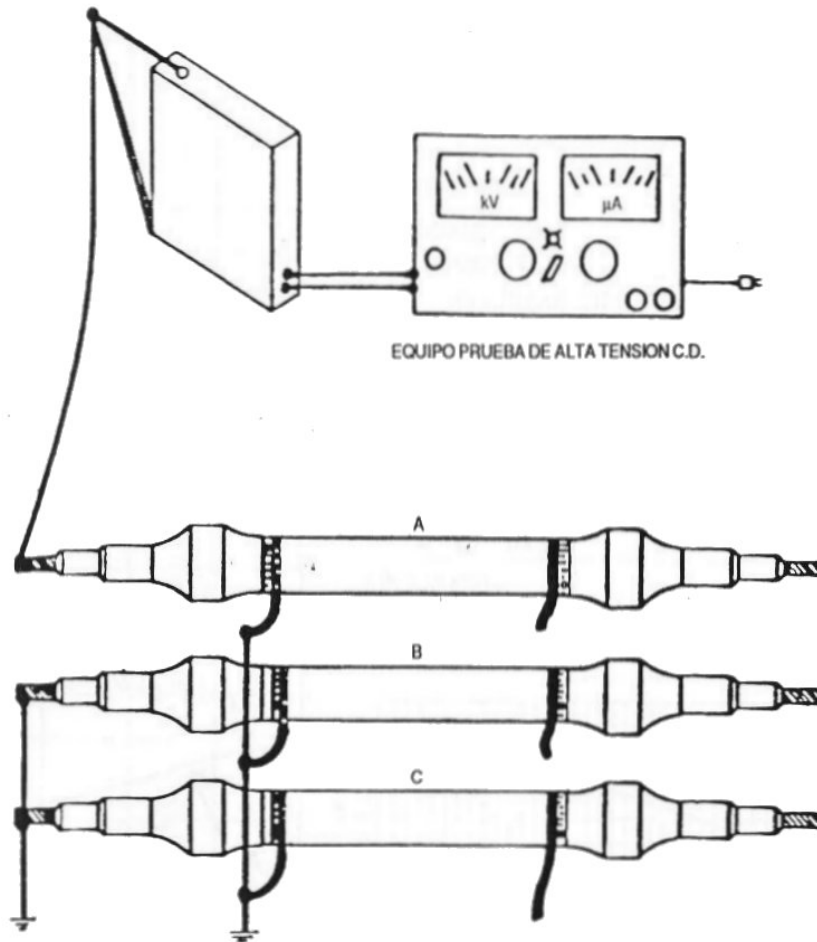


12.2.3 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1, sobre las recomendaciones generales para realizar las pruebas.
- b) Desenergizar completamente el cable y dejar transcurrir cinco minutos para que se descargue, verificar ausencia de potencial con el detector correspondiente.
- c) Por seguridad conectar el cable a través de un conductor solidamente aterrizado, utilizando una pértiga.
- d) Desconectar las terminales del cable y limpiarlas perfectamente, para evitar errores en la medición.
- e) Antes de efectuar la prueba verificar perfectamente el etiquetado en ambos extremos del cable que se vaya a probar, sin tocar a los otros cables.
- f) Verifique la operación del equipo de pruebas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- g) Antes de aplicar la prueba de tensión, el sistema de cables debe estar a temperatura ambiente.
- h) Cada conductor debe ser probado primero con el probador de resistencia de aislamiento antes de iniciar estas pruebas.

12.2.4 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA

Las conexiones para realizar la prueba con el equipo se muestran en la FIG. 12.5



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	LÍNEA	ATERRIZADO
1	A	B,C Y MALLA
2	B	A,C Y MALLA
3	C	A,B Y MALLA

Fig. 12.5 CABLES DE POTENCIA

PRUEBA DE ALTA TENSÓN C.D.

UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA No. SE-12-02



12.2.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

La corriente de prueba se incrementa momentáneamente por cada aumento en la tensión debido a la carga de la capacitancia y a las características de absorción del dieléctrico del cable. Ambas corrientes decaen, la corriente capacitiva en pocos segundos y la corriente de absorción con mas lentitud y por último, la corriente de conducción, de fuga o por corona se agrega a las superficies de las terminales. El tiempo requerido para que la corriente de conducción alcance a estabilizarse depende de la temperatura del aislamiento y del material.

Si la tensión se mantiene constante y la corriente empieza a incrementarse es indicativo de que el aislamiento empieza a ceder en algún punto donde tenga un daño. Probablemente este proceso continuará hasta que el cable falle, a menos que se reduzca la tensión rápidamente.

Si en cualquier momento durante la prueba, ocurre un incremento violento de la corriente, haciendo operar el interruptor del equipo, es probable que el cable haya fallado o se haya presentado un arqueo en alguna terminal. Se puede confirmar la presencia de una falla al intentar aplicar una vez mas la tensión.

Calcular y graficar la corriente de fuga contra la tensión, en conjunto con la prueba de tensión por pasos, constituye una ayuda para evaluar las condiciones de aislamiento.

Se deben guardar las gráficas de las mediciones para compararlas con mediciones futuras.



12.3 PRUEBA DE MEDIA TENSIÓN CON MUY BAJA FRECUENCIA (VERY LOW FREQUENCY – VLF).

La prueba de Media Tensión, es una prueba fundamentalmente de puesta en servicio y tiene por objeto detectar todos aquellos defectos o anomalías que pudieran tener los cables de potencia y dispositivos asociados (accesorios premoldeados, terminales, etc.), antes de entrar en operación y debe aplicarse al sistema completo de canalización subterránea, teniendo cuidado de no incluir los devanados de transformadores de potencia, de servicios propios y de potencial, por lo que al efectuar la prueba de M.T. con VLF, se deben abrir los interruptores, cuchillas, seccionadores o cortacircuitos fusibles de potencia que se encuentren asociados a ambos extremos del cable por probar.

La prueba se realiza por medio de un equipo que genera a una frecuencia de por lo general 0.1 Hz. Típicamente esta unidad comprende una fuente de corriente directa, un circuito desconectador de media tensión, un reactor para la inversión de la polaridad y un capacitor de apoyo para compensar muestras bajo prueba de baja capacitancia. El equipo contiene los medidores y métodos de prueba que registran las corrientes de fuga y permiten obtener los resultados de la prueba.

12.3.1 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1, sobre las recomendaciones generales para realizar las pruebas.
- b) Verificar que los cables que se van a probar se encuentren desenergizados totalmente y que son exactamente los que se quieren probar.
- c) Desconectar y poner a tierra todos aquellos cables y equipos que no deben entrar en la prueba, igualmente todas aquellas partes metálicas que se encuentren en las cercanías del cable y equipos bajo prueba.
- d) Todos los extremos de los componentes que están bajo prueba, deben protegerse de contactos accidentales, por medio de barreras o con personal que vigile el área de peligro.
- e) Verificar que todo tipo de transformadores que se encuentren conectados al cable bajo prueba esten desconectados del cable, para impedir que la tensión de prueba llegue a sus devanados, ya que a través de éstos quedaría el cable conectado a tierra.
- f) Verificar que todos los accesorios premoldeados conectados al cable bajo prueba se encuentren debidamente puestos a tierra a través del ojillo que para ese efecto tienen, y que la pantalla del cable este debidamente puesta a tierra.



- g) Una vez cubiertos todos los pasos anteriores preparar el equipo de prueba de acuerdo a su instructivo (hay varias marcas de equipo y obviamente cada una tiene sus propias indicaciones para la conexión y operación). Verificar que la consola de control y el módulo de prueba estén debidamente puestos a tierra.
- h) Soportar mediante algún herraje debidamente aislado, el cable de Media Tensión del módulo, para probar el equipo en vacío y verificar su correcta operación.
- i) Algunos equipos tienen un interruptor adicional de seguridad, con el propósito de que el equipo sea inmediatamente descargado y desenergizado cuando se presione este interruptor de emergencia o cuando deje de presionarse según el modelo del equipo.
- j) Si una vez energizado el equipo no trabaja a pesar de encontrarse correctamente conectado, revisar la perilla del reóstato, probablemente no se encuentre en la posición de cero, lo que bloquea el circuito.
- k) Después de verificar el correcto funcionamiento del equipo de prueba, se debe apagar y conectar la salida de Alta Tensión del equipo al cable bajo prueba.
- l) Colocar el amperímetro en la escala de microamperes (si es seleccionable) y el reóstato en cero, iniciar la prueba elevando lenta y suavemente la corriente por medio del reóstato, en pasos, hasta alcanzar el nivel de tensión de prueba requerido (22.9 kV para sistemas de 13.2 kV; 40 kV para sistemas de 23 kV y 60 kV para sistemas de 34.5 kV). La duración de la prueba es de una hora. Reducir el tiempo de prueba puede causar que no se detecte alguna falla en el cable, lo cual pudiera originar un disturbio cuando ya se encuentre en operación.
- m) En el momento que se alcance la tensión de prueba, se debe mantener esta tensión y observar el amperímetro, buscando lecturas irregulares, caídas o incrementos durante la prueba. Incrementos obtenidos después de cargar el cable indican una posible falla en el corto tiempo. Después de terminar los 60 minutos, regresar lentamente el reóstato a cero y esperar que la tensión se reduzca a un nivel abajo del 50 % de la tensión máxima de prueba antes de apagar la unidad completamente.
- n) Si la prueba se completó sin problemas, graficar los valores obtenidos en el formato correspondiente (tiempo-mili amperes), e interpretar la gráfica.
- o) Si el equipo se descarga en el transcurso de la prueba es un signo inequívoco de falla en algún elemento del circuito. Esto es indicado por una luz roja o en una pantalla, señalando la falla del cable durante la prueba.
- p) Si la descarga o falla del cable ocurrió antes de llegar a los 60 minutos del periodo de prueba, no se concluyó con la prueba de VLF. Es necesario entonces registrar



el tiempo transcurrido y continuar con el tiempo restante después de localizar y reparar la falla. Algunos temporizadores están equipados para hacer esto automáticamente.

- q) Si durante el transcurso de la prueba se abate el voltaje y la corriente, revisar la fuente que alimenta al equipo, puede haber fallado o haber tenido una falta de tensión lo que ocasionó que se desenergizara el equipo.
- r) Si fue la fuente que alimenta el equipo la que falló, se debe encender de nuevo el equipo y elevar lenta y constantemente la tensión hasta alcanzar la que se tenía antes de la interrupción y continuar la prueba desde ese punto.
- s) Poner a tierra el equipo y la terminal o terminales bajo prueba, revisar el equipo y la instalación para ver si encuentra algo evidente que haya provocado la falla, en caso de que no se observe nada irregular, retirar las tierras de la terminal bajo prueba y del equipo.
- t) Localizar y reparar la falla mediante alguno de los métodos disponibles.
- u) Continuar la prueba con el tiempo restante.
- v) Se debe esperar a que la tensión vaya decreciendo por sí sola, no tratar de descargar con alambres puestos a tierra, ya que esto podría dañar el cable o el equipo de prueba, en caso de que requiera descargar con mayor rapidez el cable, utilizar el interruptor de emergencia de apagado el cual ya tiene una resistencia integrada de descarga.

12.3.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Una vez concluida la prueba graficar los resultados. En general, si después de la primera lectura a tensión de prueba, la corriente tiende a bajar o se estabiliza en los subsecuentes minutos, el cable está en buenas condiciones.

Si la corriente en lugar de bajar o estabilizarse sube, el cable acusa humedad o contaminantes y por lo tanto es un cable con posibilidades de falla inmediata a pesar de que pase la prueba. En este caso es recomendable extender el tiempo de prueba otros 15 minutos



DIVISION
ZONA
REPORTE DE PRUEBAS DE ALTO POTENCIAL C.D.
CABLES DE POTENCIA Y ACCESORIOS

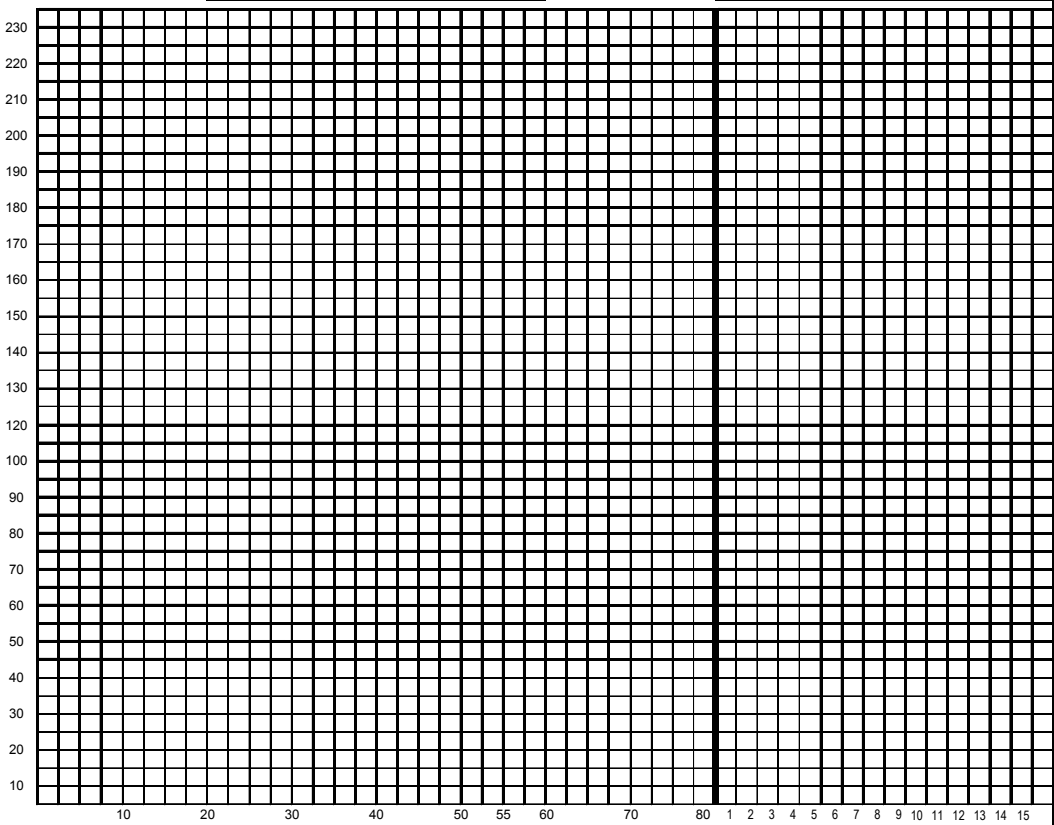
LUGAR: FECHA:
CIRCUITO:

USUARIO:
CABLE: NUEVO FECHA DE FABRICACION
USADO AÑOS
MARCA DEL CABLE KV NOM.
TIPO DE AISLAMIENTO ESPESOR mm
CALIBRE LONGITUD / FASE
CONDUCTOR CU AL H. RELATIVA
TEMPERATURA °C EQUIPOS INCLUIDOS
TERMINALES / FASE EMPALMES / FASE
ACCESORIOS / FASE BOQUILLAS TIPO POZO
BOQUILLAS TIPO PERNO BUSHING INSERTO
OP. C / C BUSHING INSERTO OP. S / C CODO
OP. C / C CODO OP. S / C CODO BASICO 600 A
PRUEBA ANTERIOR: SI NO AÑO
RESULTADO ANTERIOR:
OBSERVACIONES:

Table with columns: F-1, F-2, F-3, HORA INICIO, % kV, KV, MICRO AMPERES. Rows for kV values 10, 20, 30, 40, 50, 55, 60, 70, 80.

Table with columns: TIEMPO EN MINUTOS, DESPUES DE ALCANZAR, VOLTAJE DE PRUEBA. Rows for minutes 1 to 15.

CORRIENTE DE FUGA EN MICRO AMPERES



FASE 1
FASE 2
FASE 3

REALIZO PRUEBAS

Vo. Bo. C.F.E.

Nombre y Firma

Nombre y Firma FORMATO SE-12.2