



## CAPÍTULO 12

### CABLES DE POTENCIA Y ACCESORIOS

#### 12.1 TEORÍA 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.

La corriente eléctrica máxima que pueden transportar los cables, en cada condición de operación debe ser menor o igual a la capacidad de conducción de corriente determinada mediante los cálculos basados en métodos de ingeniería reconocidos para tal fin, tomando en cuenta las temperaturas máximas de operación.

Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta es el aterrizaje de las pantallas metálicas de los cables ya que la capacidad de conducción de corriente de los cables depende de ello.

#### **Tiempo de liberación de fallas a tierra.**

Los cables con un nivel de aislamiento de 100% pueden utilizarse en sistemas provistos con dispositivos de protección, tales que las fallas a tierras se eliminen tan pronto como sea posible, pero en cualquier caso cerca de un minuto.

Los cables con nivel de aislamiento de 133% corresponden a los designados anteriormente para los sistemas no aterrizados. Estos cables pueden ser utilizados en caso en que no puedan cumplirse los requisitos de eliminación de falla de la categoría 100% de nivel de aislamiento, pero en los que exista una seguridad razonable de que la sección que presenta la falla será desenergizada en un tiempo no mayor de una hora. Así mismo, pueden ser utilizados cuando sea deseable emplear un espesor de aislamiento adicional al de los cables con 100% de nivel de aislamiento.



### **Tension maxima de operación**

La tensión maxima de operación entre fases puede exceder la tensión nominal entre fases de los cables ( la cual es de 5 kV, 15 kV, 25 kV o 35 kV, según sea el caso), en 5% durante la operación continua del cable o en 10% en emergencias de una duración no mayor a 15 minutos.

Aspectos importantes relacionados con la seguridad que deben tomarse en cuenta:

La pantalla metalica de los cables debe ser considerada como conductor de baja tensión, es decir que puede haber tensión y/o corriente presentes en ellas.

Antes de instalar cables en ductos, se debe verificar por medio de calculos basados en metodos de ingenieria reconocidos para tal fin, que las tensiones maximas de jalado y las presiones laterales máximas, que soportan los cables no van hacer excedidas durante la instalación. Los valores de tensión maxima de jalado y presion lateral maximas seran proporcionadas a CFE por el fabricante de los cables.

En caso en que los cables vayan a operar con las pantallas metalicas aterrizadas en un punto, o empleando algun método especial, se debe de verificar la tensión inducida en las pantallas en el extremo contrario al punto de aterrizaje no exceda de 55 v en condiciones de operación normal.

### **Elementos del cable.**

#### **Conductor**

#### **Pantalla sobre el conductor**

Un material semiconductor, que sirve de interface entre conductor y aislamiento. El redondeo de la superficie conductor que se logra, resulta fundamental para mantener las líneas de campo dieléctrico radiales, y la mejor operación del material aislante.

#### **Aislamiento.**

La estabilidad térmica del polietileno reticulado debe ser tal que le permita admitir en régimen permanente temperaturas de trabajo en el conductor de hasta 90° C, y tolerar temperaturas de cortocircuito de 250° C.

### **Semiconductora sobre aislamiento: Capa extruída de material semiconductor.**

La capa semiconductora externa está formada por una mezcla extruída y reticulada de características químicas semejantes a las del aislamiento, pero de baja resistencia eléctrica.

### **Pantalla metálica**

Puede estar formada por una cubierta de aleación de plomo, aluminio soldado sin costura, cobre soldado sin costura, por una cinta longitudinal de cobre corrugado y otros diseños. Asimismo, la pantalla puede ser obturada para evitar la propagación longitudinal del agua. Proporciona un sello hermético a prueba de agua y una trayectoria para corriente de corto circuito

### **Cubierta exterior**

De polietileno termoplástico PE, de muy bajo índice de higroscopicidad o de PVC especialmente resistente a la humedad y agentes atmosféricos y con excelentes características mecánicas.

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.

La elevación de la temperatura durante los ciclos de carga puede causar cambios importantes en las dimensiones del sistema. Cuando los cables están directamente enterrados, muchas veces el efecto de estos cambios se observa en las terminales o empalmes del cable.

Las fuerzas termomécánicas durante la expansión que se lleva a cabo dentro de la unión o empalme pueden llegar a reacomodar o incluso a deformar el empalme.

En el diseño del empalme o terminal se hace necesario considerar medios adecuados de soporte que resulten suficientes para evitar el efecto de las fuerzas termomecánicas.

De acuerdo con AEIC CS-7, cables con aislamiento XLP hasta 138 kV pueden operar a una temperatura de máxima en el conductor de 90 °C; la temperatura para emergencias es normalmente de 105 °C.



Aunque la temperatura ambiente varía con la ubicación, la temperatura de verano considerada es de 25 °C y la de invierno 15 °C.

Fuentes externas de calor incrementan la temperatura real del terreno

Los mismos valores son de utilidad para cables aislados con XLP para voltajes de 230kV y 345KV.

Mediante el análisis periódico de gases disueltos se puede mantener una buena supervisión de sistemas que utilizan cables con aislamiento a base de papel-aceite. Un análisis oportuno de los resultados obtenidos (DGA) hace posible la detección de fallas incipientes, y resulta factible evitar que una falla se haga crítica. El chequeo oportuno de los manómetros para monitoreo de la presión del aceite, hace posible determinar si su condición de operación es aceptable y estado de deterioro. Una inspección más constante se hace necesaria principalmente cuando los equipos se localizan en áreas húmedas o al estar expuestos a efectos corrosivos.

El desplazamiento que se presenta en empalmes de estos cables es un problema preocupante especialmente para ciertos diseños de este cable. Una posibilidad para investigar si se ha presentado este fenómeno en un empalme es mediante la inspección con equipo de rayos X.

### **Diseño de los accesorios**

Aseguramiento de la adherencia entre el cable y sus accesorios o entre otros elementos aislantes bajo las diferentes condiciones de operación.

El diseño apropiado de la interfase no debe dar lugar a descargas parciales

### **Diseño del Sistema**

Considerar el comportamiento mecánico y termomecánico de los accesorios y el efecto que tendrá el medio ambiente.

Referencia: Condiciones valoradas en las pruebas de largo plazo o de pre-calificación. La instalación de los empalmes debe ser a cargo del personal mejor calificado.

Ante descargas parciales: el análisis de la tendencia mediante monitoreo en línea puede dar una indicación de la vida útil remanente.

## 12.2 PRUEBAS A CABLES.

Los cables de potencia para tensiones de 69 kV a 138 kV con aislamiento XLP deben cumplir con las pruebas de prototipo, rutina y aceptación.

**Pruebas de aceptación.**- En esta prueba el fabricante debe verificar todos los tramos y a cada uno de los conductores terminados, Debe cumplir con lo especificado en la norma NMX-J-142-ANCE

- a) dimensionales
  - espesor de la pantalla semiconductora extruída sobre el conductor
  - espesor de aislamiento
  - diametro sobre aislamiento
  - espesor de la pantalla semiconductora extruída sobre el aislamiento
  - diametro y numero de alambres de cobre suave de la pantalla electrostática
  - espesor de la cubierta protectora
- b) Resistencia eléctrica del conductor a corriente directa
- c) Continuidad y resistencia electrica de la pantalla electrostatica a corriente directa
- d) Descargas parciales
- e) Alta tensión corriente alterna.

**Pruebas de rutina.**- Estas pruebas las debe realizar el fabricante utilizando el muestreo y la frecuencia durante o despues de la producción sobre cables y/o sus componentes para propositos de calidad, con el objeto de verificar el cumplimiento para su aceptación del prototipo debe cumplir con lo especificado en la norma NMX-J-142-ANCE

- a) Análisis dimensional
- b) Temperatura de fragilidad
- c) Esfuerzo y alargamiento por tensión a la ruptura.
- d) Continuidad de las capas semiconductora extruídas
- e) Alargamiento en caliente y deformacion permanente.
- f) Extracción por solventes.
- g) Resistividad volumétrica
- h) Absorción de la humedad
- i) Factor de ionización
- j) Doble en frío
- k) Estabilidad estructural
- l) Estabilidad dimensional

- m) Cavidades y contaminantes en el aislamiento e irregularidades en las pantallas semiconductoras extruidas.
- n) Envejecimiento en aceite de la cubierta protectora
- o) Choque térmico
- p) Agrietamiento en ambiente controlado.

### Pruebas de prototipo.

Estas pruebas son para verificar que las características de funcionamiento de cada diseño de cable cumplen con lo indicado, y se deben efectuar al inicio y cuando se modifique alguno de sus componentes, el proceso de fabricación o el diseño del cable.

- a) Medición de espesores
- b) Resistencia eléctrica al conductor a corriente directa
- c) Continuidad y resistencia eléctrica de la pantalla electrostática a corriente directa
- d) Descargas parciales.
- e) Estabilidad de la resistividad volumétrica de las pantallas.
- f) Prueba de doblez.
- g) Envejecimiento cíclico
- h) Impulso a la ruptura en caliente
- i) Tensión de aguante corriente alterna
- j) Descargas parciales
- k) Factor de disipación
- l) Análisis dimensional
- m) Penetración longitudinal de agua.

Estas pruebas se deben realizar de acuerdo a la secuencia de la norma NMX-J-142-ANCE.

Pruebas de campo durante y después de la instalación.

### Durante la instalación

Al terminar la instalación, puede efectuarse una prueba de tensión con corriente directa, a un valor que no exceda al especificado en la tabla 12.2.

### Después de la instalación



Después de la instalación y antes de que el cable sea puesto en servicio normal, puede efectuarse una prueba de tensión con corriente directa, en caso de falla y después de la reparación a un valor que no exceda lo especificado en la tabla 12.2.

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.

### 12.3 DEFINICIONES

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

**Tensión.-** 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 arqueos.

**Dieléctrico.-** Cualquier medio aislante entre dos conductores. El medio utilizado para proporcionar aislamiento o separación eléctrica, Cualquier material aislante que no conduce electricidad.

**Asorción dieléctrica.-** La propiedad de un aislamiento imperfecto, mediante la que se establece una acumulación de carga eléctrica en el cuerpo del aislamiento cuando se coloca dentro de un campo eléctrico.



**Constante Dieléctrica.-** Es la propiedad de un material aislante que corresponde a la relación de la capacitancia de cierta configuración de electrodos con un material dado como aislamiento, a la capacitancia de la misma configuración de electrodos con el vacío como dieléctrico, mismo que tiene como constante dieléctrica la unidad.

**Esfuerzo Específico Eléctrico.-** El esfuerzo eléctrico por milímetro de espesor del material aislante.

**Factor de disipación.-** La energía perdida cuando el voltaje es aplicada al aislamiento debido al flujo de potencia reactiva, también conocido como factor de potencia o Tan (delta).

**Blindaje.-** La práctica de confinar el campo eléctrico de un conductor al aislamiento primario del cable, mediante una capa conductora sobre el aislamiento.

**Capacitancia específica.-** Es la propiedad de un material aislante que determina que tanta energía electrostática puede ser almacenada por unidad de volumen cuando un voltaje unitario es aplicado ( SIC: Specific inductance capacitance)

#### **Parametros que determinan la operación duradera de un empalme**

Suavidad de las superficies

Presión de contacto en la interfase

Tipo de lubricante en la interface

Distribución del campo eléctrico en la interface

Temperatura y cambios de temperatura

Calidad de los accesorios utilizados en la instalación

#### **Pruebas de rutinas para accesorios**

Determinación de las características físicas:

inspección visual

verificación de las dimensiones



### Pruebas eléctricas

Prueba de Descargas Parciales (ejem. a  $1.7 \cdot U_0$ ): no se permiten descargas parciales (sensitividad  $< 3-5 \text{ pC}$ )

Prueba de voltaje aplicado CA (ejem. a  $2.5 \cdot U_0$  durante 30min)

### Pérdidas eléctricas

Las pérdidas del conductor dependen del material, calibre, fabricación (recubrimiento).

Las pérdidas dieléctricas estan en función de la longitud, y de las características del aislamiento: constante dieléctrica y factor de potencia ( $\tan \delta$ ).

Las pérdidas en la pantalla metálica dependen del método de conexión y aterrizamiento

### Resistencias térmicas

Las resistencias térmicas del aislamiento y de la cubierta dependen de la resistividad térmica propia de los materiales y de las dimensiones

Resistencia térmica cubierta-ducto, que se basa en cálculos empíricos, para cables directamente enterrados resulta un valor menor de ampacidad de 10 – 20%.

La resistencia térmica del terreno varía mucho, dependiendo de la profundidad, características de la cubierta de concreto, del relleno térmico y de las características del propio suelo. También hay variación en el tiempo, con cambios en el contenido de humedad.

### Normas aplicables

NMX-J-36-1986 Alambres de cobre suave para usos eléctricos.

NMX-J-59-1980 Cable de cobre con cableado redondo compacto para usos eléctricos

NMX-J-62-1986 Cable de aluminio con cableado redondo compacto para usos eléctricos



NMX-J-142-1987 Cables de energía con aislamiento de polietileno de cadena cruzada o a base de etileno-propileno con pantalla para tensiones de 5 a 115 kV

AEIC CS7-93 (Specifications for Crosslinked Polyethylene Insulated Shielded Power Cables Rated 69 through 138kV).

CFE E0000-17-1995 Cables de potencia para 60 y 115 kV con aislamiento de Ep o XLP

#### 12.4 PRUEBA DE ALTA TENSIÓN (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 rectificadora 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.



### 12.4.1 MÉTODO DE MEDICIÓN.

Todos los elementos requieren desenergizarse antes de la prueba. Se recomienda verificar con un detector de potencial que los cables no están energizados ni cargado 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.

### 12.4.2 CONSIDERACIONES

#### MÉTODO 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.

#### MÉTODO 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 prueba de corriente directa con hit-pot es para la verificación de la calidad de terminales y empalmes, el nivel de pruebas debe reducirse al orden del 80% del voltaje de diseño del cable durante 5 minutos, en ese periodo 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.

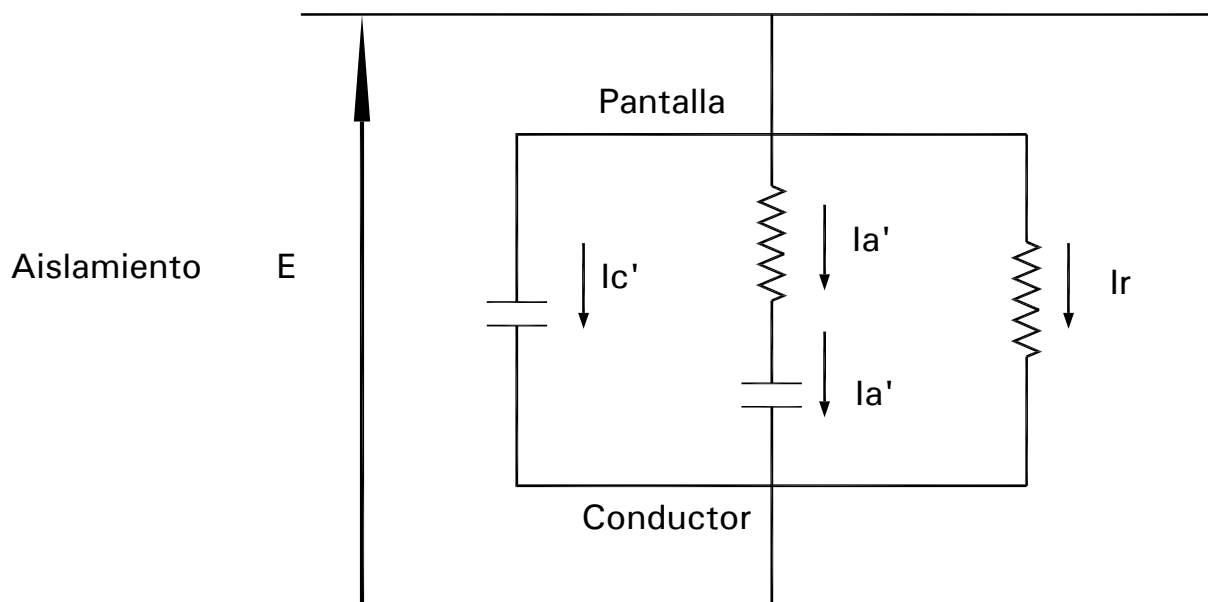
Para pruebas subsecuentes con proposito de verificación durante acciones de mantenimiento, el nivel de pruebas debe reducirse al orden del 65% durante 5 minutos.

Los porcentajes expresados anteriormente son con base a la denominada "tensión nominal de prueba", cuyas magnitudes se indican tabla 12.1 de acuerdo a la norma NMX-J-142-ANCE.

**TABLA 12.1 TENSIÓN NOMINAL DE PRUEBA PARA CABLES DE POTENCIA**

| CLASE DEL CABLE (kV) | TENSIÓN 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. 12.1 se muestra el diagrama eléctrico equivalente completo de un cable de potencia y en las FIG. 12.2 y 12.3 se tienen su diagrama vectorial y la variación de la corriente de fuga.



**FIG. 12.1 DIAGRAMA ELÉCTRICO EQUIVALENTE COMPLETO DE UN CABLE DE POTENCIA.**

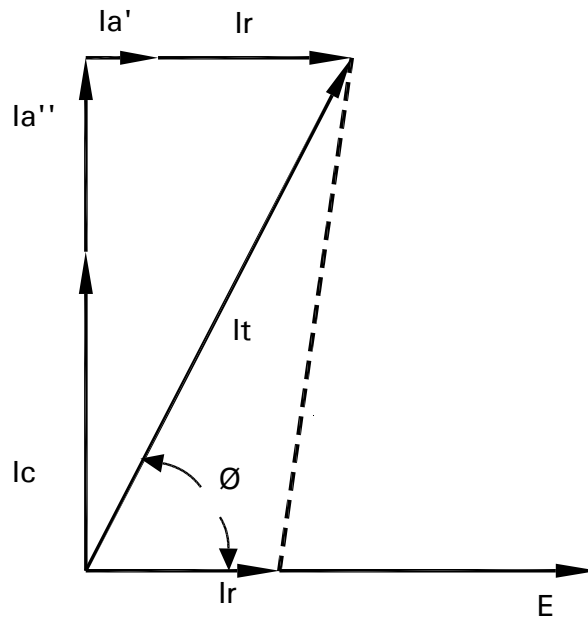


FIG. 12.2 DIAGRAMA VECTORIAL PARA UN CABLE DE POTENCIA

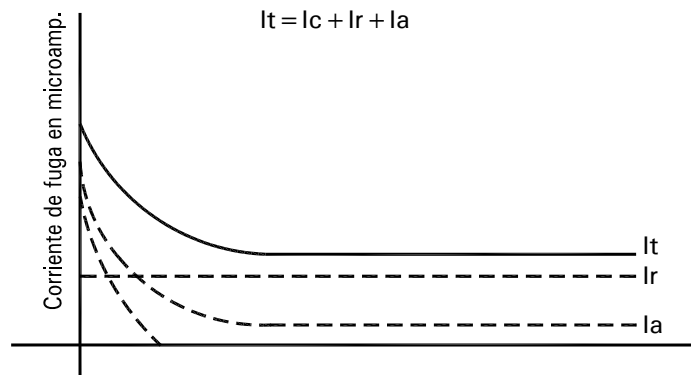


FIG. 12.3 VARIACIÓN DE LA CORRIENTE DE FUGA  $I_T$  EN EL TIEMPO, PARA UN CABLE DE POTENCIA

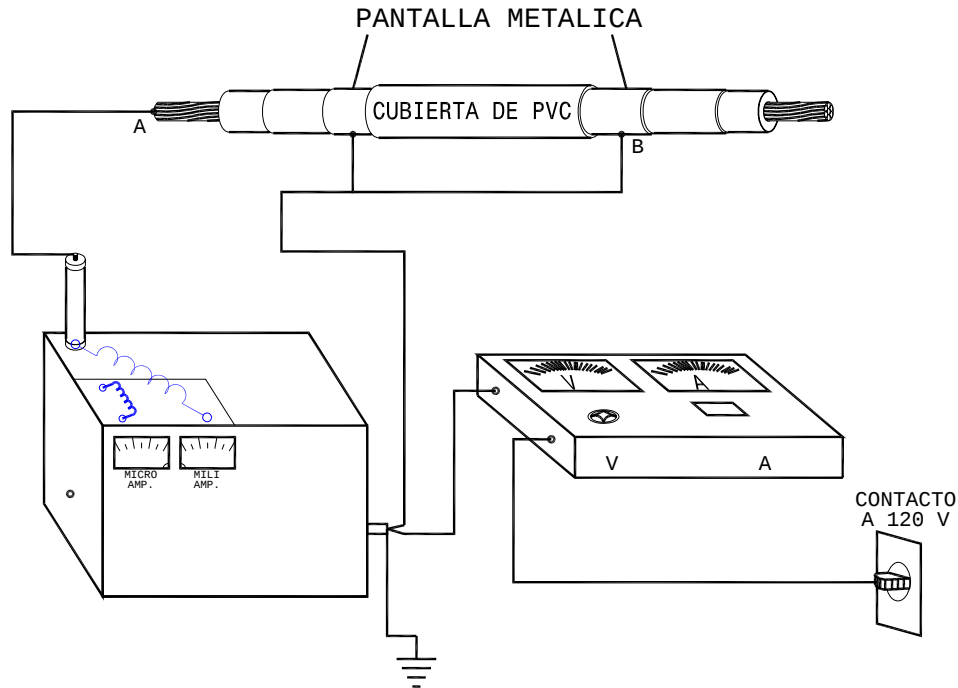


### 12.4.3 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

- 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.

#### 12.4.4 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA

Las conexiones para realizar la prueba con el equipo se muestran en la FIG. 12.4



EJEMPLO: PRUEBA 1

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

**NOTA1:** ESTA PRUEBA SE DEBE REALIZAR EN FORMA INDIVIDUAL

**NOTA 2:** LA DISTANCIA DE LOS CORTES DEL CONDUCTOR, AISLAMIENTO Y CAPA SEMICONDUCTORA DEPENDEN DEL VOLTAJE QUE SE LE APLIQUE EN LA PRUEBA DE ALTO CON C.D.

**NOTA 3:** DESCARGAR EL CABLE DESPUES DE LA PRUEBA

**NOTA 4:** CONSULTAR CON EL FABRICANTE DEL CABLE EL VOLTAJE DE APLICACIÓN Y EL TIEMPO DE DURACION

**Fig. 12.4 CABLES DE POTENCIA  
PRUEBA DE ALTA TENSIÓN C.D.**  
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA No. SE-12-02

#### 12.4.5 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 y empalmes. 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.

#### 12.5 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.

#### 12.5.1 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 estén 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.

### 12.5.2 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.

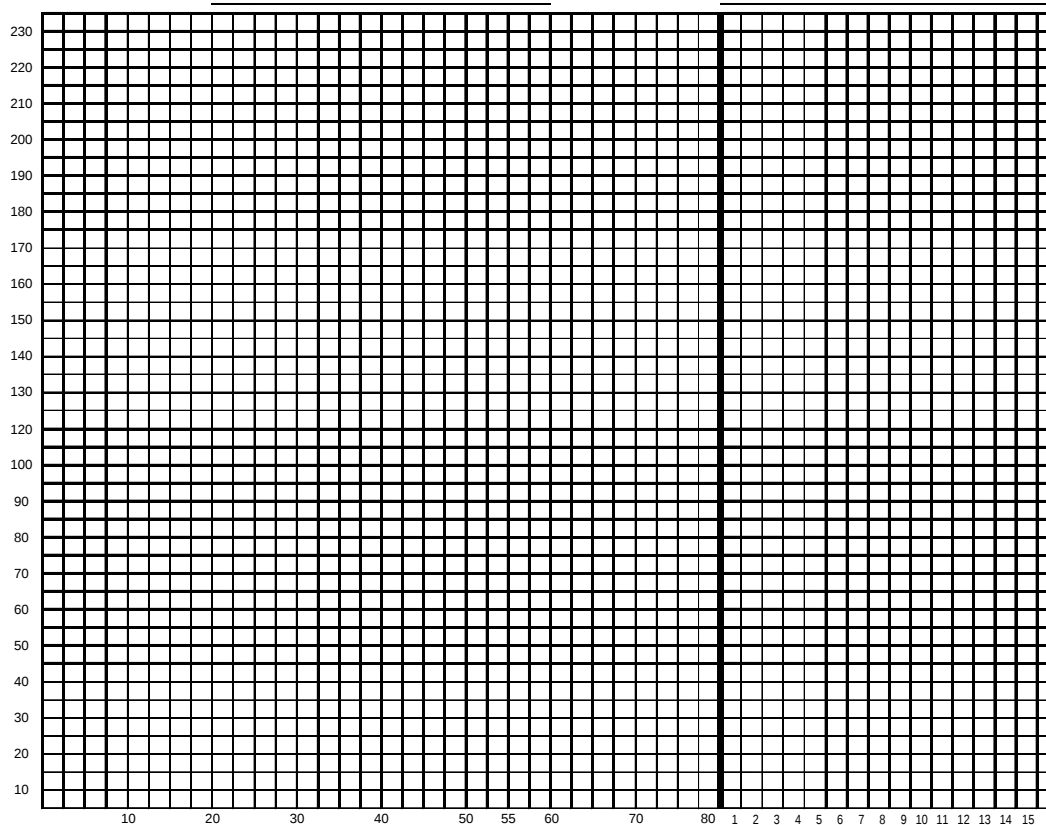
Si la corriente en lugar de bajar o estabilizarse sube, el cable acusa humedad o contaminantes y por lo tanto es un cable con posibilidades de falla inmediata a pesar de que pase la prueba. En este caso es recomendable extender el tiempo de prueba otros 15 minutos

DIVISIÓN  
ZONA  
REPORTE DE PRUEBAS DE ALTO POTENCIAL C.D.  
CABLES DE POTENCIA Y ACCESORIOSLUGAR: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
CIRCUITO: \_\_\_\_\_

|             | F - 1 | F - 2         | F - 3 |
|-------------|-------|---------------|-------|
| HORA INICIO |       |               |       |
| % kV        | kV    | MICRO AMPERES |       |
|             | 10    |               |       |
|             | 20    |               |       |
|             | 30    |               |       |
|             | 40    |               |       |
|             | 50    |               |       |
|             | 55    |               |       |
|             | 60    |               |       |
|             | 70    |               |       |
|             | 80    |               |       |

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: \_\_\_\_\_RESULTADO: \_\_\_\_\_  
Vo. Bo. LAPEM No. \_\_\_\_\_ VENCIMIENTO: \_\_\_\_\_

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