

## CAPÍTULO VII. PRUEBAS A LOS CABLES DE ENERGÍA

Todo sistema de cables debe ser sometido a pruebas eléctricas que permitan conocer el estado general de éstos, lo cual garantiza un apropiado funcionamiento y sobre todo permite brindar mantenimiento adecuadamente, no es posible instalar un sistema sin hacer ningún tipo de pruebas, pues entonces no se tiene ninguna seguridad de que brinde el servicio apropiadamente. Existen dos tipos de pruebas, las de recepción que sirven para conocer las condiciones del cable y las de mantenimiento que se realizan cuando el sistema ya ha sido puesto en marcha. Algunas de las pruebas son destructivas y otras no destructivas, lo cual se especificará en los siguientes puntos.

### 7.1 Pruebas de recepción

Son las pruebas que se hacen 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 empalmes y terminales.

#### 7.1.1 Normatividad

Para la instalación de cable subterráneo se debe considerar el uso de las siguientes normas y reglamentos:

- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, Instalaciones Eléctricas (Utilización)
- Normas de Distribución Construcción de Líneas Subterráneas
- Normas de Distribución Construcción de Líneas Aéreas
- Manual de Ingeniería de Distribución de Líneas Subterráneas
- Tarifas Generales y Disposiciones Complementarias para la Venta de Energía Eléctrica.
- Manual de servicios al Público en Materia de Energía Eléctrica
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en
- Materia de Impacto Ambiental
- Sistema General de Unidades de Medida (Norma NOM-008-SCFI).
- Procedimiento para la construcción de obras por terceros "PROTER"
- Lineamientos técnicos para la instalación de redes públicas de telecomunicaciones en postería, registros y ductos de la red de distribución de energía eléctrica, RCP4405
- Pruebas a equipo primario de Distribución.
- Pruebas de recepción - Normas CFE-E000016; NOM-J-142; IEEE (serie 400); AEIC CS5 y AEIC CS6.

No basta con mencionar las normas vigentes que existen, sino también aquellas que se rigen bajo parámetros diferentes, en éste caso existen dos instituciones que se encargan de evaluar las normas internacionales y que están integradas por expertos en la materia. De acuerdo a su experiencia, se toman como referencia diferentes filosofías que se adoptan para la creación o modificación de las normas, dichas instituciones son IEEE e IEC.

La IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) es una asociación que se encarga de la estandarización, entre otras cosas. Está formada por especialistas en ingeniería eléctrica, electrónica, computación, informática y telecomunicaciones. Además de que produce más del 30% de la literatura sobre los temas de ingeniería antes mencionados.

La comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es una organización del nivel mundial que se encarga de preparar y publicar normas internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines.

### **7.1.2 Inspección visual**

La inspección visual consiste simplemente en revisar el cable recorriendo su trayectoria minuciosamente buscando la presencia de algún posible daño que haya sufrido durante la instalación, lo cual sería indeseable, o algún otro elemento externo que pueda dañarlo a largo plazo como piedras, vidrios, etcétera. Asimismo se revisa visualmente que los accesorios hayan sido adecuadamente instalados y se encuentren en óptimas condiciones para ser puestos en servicio. La principal revisión que debe de hacerse en una inspección visual tiene que ver con los siguientes puntos:

- a) Identificación de la ruta del cable
- b) Placas de identificación de los cables
- c) Identificación de las terminales del circuito
- d) Identificación de los registros de paso
- e) Identificación de los registros de empalme
- f) Verificación de las conexiones de tierra
- g) Verificación de los soportes en los registros

Si se ha revisado que las condiciones de cada uno de los puntos anteriores son aceptables, entonces se procede con las siguientes pruebas.

- La inspección visual consiste en revisar si un conductor eléctrico presenta alguna desviación en su construcción o bien, causada por algún otro agente, y si ocurriera, tratar de determinar la causa.

- La inspección dimensional de un cable consiste en la verificación del tamaño y forma de los elementos que componen un conductor eléctrico, cada elemento debe tener las dimensiones adecuadas en su construcción, los cuales deberán estar dentro de las especificadas por las normas correspondientes.
  - Inspección física de la red bajo prueba, desde los equipos eléctricos, como son los interruptores, hasta los centros de distribución, pasando por las canalizaciones, las cuales pueden ser aéreas, subterráneas, submarinas, en charolas, en conductos o combinaciones de éstas.
- d) Inspección de las conexiones a tierra, soportes del cable, empalmes y/o terminales.
- e) Preparación de los cables para realizar pruebas eléctricas, lo cual consiste en aislar o individualizar los cables o circuitos bajo prueba, para poder aplicar alguna o algunas pruebas previas a la puesta en servicio, con la finalidad de anticiparse a la aparición de una posible falla durante la operación de los cables.

De la misma manera, se realizan pruebas que tienen como objetivo el cuantificar los espesores, diámetros y dimensiones de los diferentes componentes de los cables para Media Tensión. Las pruebas verifican que los materiales metálicos (conductor, blindajes, etc.) y los plásticos (aislamientos, cubiertas, etc.) estén dentro de los valores permitidos por las especificaciones de la norma correspondiente.

### **7.1.3 Pruebas eléctricas**

La manera más eficaz de conocer las condiciones de un cable de energía es mediante las pruebas eléctricas, que permiten comprender el estado general del sistema que se ha instalado, en éste caso es para comprobar que el cable y sus accesorios se encuentran en condiciones para ponerse en servicio.

#### **7.1.3.1 Faseo**

La prueba de faseo se realiza cuando un circuito de cables ha sido instalado es importante identificar perfectamente las fases A, B y C del circuito a lo largo de toda su trayectoria y evitar el cruzamiento de fases en los puntos de conexión a los demás equipos como lo son transformadores, interruptores, etcétera.

### 7.1.3.2 Continuidad

Otra de las pruebas principales que deben realizarse a un circuito de cables recién instalado que aún no ha sido puesto en servicio es la continuidad, por lo cual ésta prueba permite confirmar que tanto el conductor como la pantalla electrostática no están interrumpidos a lo largo del circuito bajo prueba, en el caso de que existiera alguna discontinuidad en cualquiera de estos elementos existe entonces una posibilidad potencial de falla.

Esta prueba permitirá asegurar que el conductor y la pantalla electrostática (para el caso de cables con pantalla), son continuos a lo largo de la línea bajo pruebas (faseo).

La razón para realizar la prueba en el conductor, es la de comprobar que el cable es capaz de conducir la energía eléctrica entre sus dos puntos de conexión. Y en la pantalla electrostática, es la de asegurar que la pantalla sea continua a lo largo del cable, y en caso que estuviese interrumpida, nos indicará que tenemos un punto donde existe la posibilidad de tener una gran concentración de energía. La determinación de continuidad se realiza con un megger de características adecuadas.

### 7.1.3.3 Resistencia de aislamiento

En cables de media tensión (5-35 [kV]), es recomendable realizar la prueba a 5 [kV] como mínimo. Sirve para determinar el estado que guarda el aislamiento en general. Es útil para evidenciar fallas graves de instalación y/o de obra de mano defectuosa. Para la medición de la resistencia de aislamiento se utiliza un megger que puede ser manual, eléctrico o con motor, conectando el borne positivo al conductor por medir y el borne negativo a la pantalla del cable, y al sistema de tierras.



Foto 35. Megger para medir la resistencia de aislamiento

*Fuente: Instalación, montaje, conexiones y pruebas de cables de energía de alta tensión*

Debido a que un cable actúa como un capacitor cilíndrico, antes de tomarse las lecturas se debe esperar determinado tiempo para que se cargue. En el caso de que el cable no cuente con pantalla metálica sobre el aislamiento, no se puede realizar una medición confiable a menos que el cable esté enterrado en suelo húmedo.

Esta prueba nos proporciona información acerca del estado operativo del aislamiento, es decir del grado de deterioro que pudiera tener el aislamiento, por efecto de la humedad o por otro agente que afecte al aislamiento del cable, inclusive por algún daño mecánico, con sus variantes en cuanto al tiempo aplicado, el cual puede ser a 1 minuto, a 5 minutos o inclusive hasta 10 minutos, cuando se desea determinar el índice de polarización.

La determinación de la resistencia del aislamiento del cable, como la de cualquier aislamiento eléctrico, se efectúa con un megger de voltaje y características adecuadas.

#### **7.1.3.4 Alta tensión**

Para los cables de potencia de tensiones grandes existen dos tipos de pruebas que determinan las condiciones en las que el sistema de cables se encuentra, ya sea en corriente continua o en corriente alterna, cada una de las cuales tiene sus ventajas y desventajas.

##### **7.1.3.4.1 Corriente directa**

Se hace para verificar la integridad del aislamiento del sistema de cables. Es una prueba destructiva del tipo “pasa-no pasa”, y muestra dónde están los puntos débiles del sistema. Se usa principalmente en cables nuevos con aislamiento seco (que nunca han sido energizados). Se puede usar también en todo tipo de cables con aislamiento laminado, de cualquier edad.

La prueba consiste en aplicar alta tensión a corriente directa y efectuar mediciones de las corrientes de fuga en el cable. Se traza una curva “Voltaje de prueba-Corriente de fuga” y se analizan los resultados contra una curva patrón de un cable con buen aislamiento.

Esta prueba está normalizada para cables de energía, que van desde 5 hasta 115 [KV]. Si bien es cierto que es considerada como prueba dieléctrica severa, también es cierto que los niveles de pruebas para aceptación y mantenimiento, están determinados por las normas aplicables, y generalmente son niveles inferiores a lo indicado para las pruebas en fábrica. Por otra parte, en el medio de los cables subterráneos, es una inmejorable herramienta para diagnosticar sobre su estado operativo (del conjunto cable-empalme-terminal), y/o sobre la calidad de la mano de obra de la instalación de accesorios.

Para casos muy particulares, los niveles de voltaje aplicado se determinan en base a la vida útil ya aprovechada del cable (edad del cable) y al comportamiento de la corriente de fuga al incrementarse el potencial paso por paso.

Así como una recomendación práctica se puede decir que los voltajes de prueba varían con el tiempo de la forma siguiente:

<b>Voltaje de prueba</b>	<b>Valor de Norma (en %)</b>
<b>De fábrica</b>	100
<b>De aceptación</b>	80
<b>De 0 a 1 año</b>	60
<b>De 1 a 5 años</b>	45
<b>De 5 años en adelante</b>	30

Tabla 38. Voltajes de prueba

*Fuente: Instalación, montaje, conexiones y pruebas de cables de energía de alta tensión*

Esta prueba nos proporciona información acerca del comportamiento del sistema aislante al ser sometido a un alto potencial, si el aislamiento tuviese una falla, ésta prueba logrará manifestarla. La prueba de Hi-pot en c.d., se realiza mediante un equipo de pruebas dieléctricas, el cual consta de una fuente de corriente directa de cierta capacidad y su módulo de control. Es recomendable efectuar ésta prueba en forma monopolar, pero también ocasionalmente por alguna razón en especial también puede efectuarse en forma tripolar.

#### **7.1.3.4.2 Corriente alterna a muy baja frecuencia**

También es una prueba destructiva del tipo “pasa-no pasa”. La ventaja de esta prueba contra la de C.D., es que no introduce cargas espaciales al seno del aislamiento (XLPE) del cable.

#### **7.1.3.5 Descargas parciales**

Una descarga parcial es una descarga eléctrica que se manifiesta en el seno del aislamiento entre el conductor y la pantalla, la razón de su presencia es debido a varios factores, como las cavidades que resultan de un proceso de extrusión defectuoso en fábrica (contaminación), así como resultado de un proceso de envejecimiento térmico o bien esfuerzos mecánicos mayores a los permitidos por la normatividad. Otros tipos de cavidades se deben a imperfecciones en las interfases y en los traslapes de las cintas.

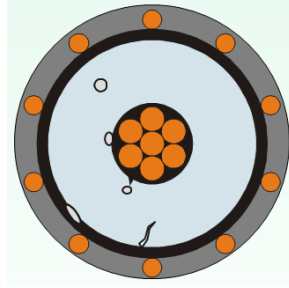


Figura 82. La presencia de descargas parciales produce la formación de arborescencias en el cable.

*Fuente: Coemsa. Evaluación "en línea" de la condición de sistemas de cables aislados*

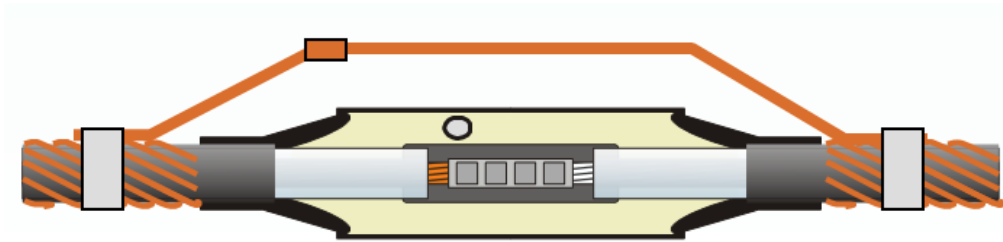


Figura 83. Cavidad en el aislamiento de un empalme

*Fuente: Coemsa. Evaluación "en línea" de la condición de sistemas de cables aislados*

Una aspecto muy importante que debe conocerse sobre las descargas parciales, es que para que se inicien éstas, el sistema debe estar sometido constantemente a sobre voltajes, lo cual produce que las cavidades en el seno del aislamiento crezcan y se conviertan en arborescencias.

Existen tres formas en las que se manifiestan las cargas parciales, y se mencionan a continuación:

- a) Las descargas parciales se pueden iniciar de manera momentánea durante un transitorio de voltaje, pero no se mantiene, por lo tanto no hay descargas parciales durante la operación normal.
- b) Las descargas parciales se pueden iniciar durante un transitorio de voltaje y puede sostenerse durante la operación normal.
- c) Las descargas parciales se presentan y se mantienen en condiciones de operación normal.

