

ANEXO 9- PRUEBAS FAT Y SAT CABLE DE POTENCIA-PARARRAYOS Y CT'S 230 KV

TABLA DE CONTENIDO

- 1. DEFINICIONES 2**
- 2. FAT CABLE DE POTENCIA 2**
 - 2.1 *REFERENCIAS 2*
 - 2.2 *PRUEBAS DE ACEPTACIÓN 3*
 - 2.3 *PRUEBAS DE RUTINA 4*
 - 2.4 *DATOS ESPECIFICADOS POR LA NORMA 4*
- 3. FAT PARARRAYOS 14**
 - 3.1 *PRUEBAS TIPO 14*
 - 3.2 *PRUEBAS DE RUTINA 15*
- 4. FAT TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 15**
 - 4.1 *PRUEBAS TIPO 15*
 - 4.2 *PRUEBAS DE RUTINA 15*
- 5. SAT CABLES DE POTENCIA 15**
 - 5.1 *REFERENCIAS DE NORMATIVA 15*
 - 5.2 *PRUEBAS 15*
- 6. SAT TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 16**
 - 6.1 *REFERENCIAS DE NORMATIVA 16*
 - 6.2 *PRUEBAS 16*
- 7. SAT PARARRAYOS 16**
 - 7.1 *REFERENCIA NORVATIVA 16*
 - 7.2 *PRUEBAS 17*
- 8. fat y SAT fibro óptica 17**
 - 8.1 *REFERENCIA NORVATIVA 17*
 - 8.2 *PRUEBAS 17*

ALCANCE

Este documento establece las pruebas de aceptación, de rutina y en sitio a realizar a los Cables de Potencia para 230 kV, en base a la norma IEC 62067 y a los métodos de prueba que refiere.

Este documento establece las pruebas de aceptación, de rutina y en sitio a realizar a los Pararrayos de 230 kV, en base a la norma IEC 60099 y a los métodos de prueba que refiere.

Este documento establece las pruebas de aceptación, de rutina y en sitio a realizar a los Pararrayos de 230 kV, en base a la norma IEC 60044 y a los métodos de prueba que refiere.

1. DEFINICIONES

- Pruebas de Aceptación: Son las pruebas que se realizan en presencia del cliente o su representante para verificar las características del lote de producto que se entregará y que se presenta para su aceptación o rechazo.
- Pruebas de Rutina: Son las pruebas que se realizan en cada longitud de cable fabricada para verificar que los componentes del mismo cumplan con los requerimientos especificados.
- Pruebas en Sitio: Son las pruebas que se realizan a los equipos o cables de potencia y estos están instalados en su lugar definitivo.

2. FAT CABLE DE POTENCIA

2.1 REFERENCIAS

IEC 62067: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) up to 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Test methods and requirements Conductors of insulated cables

IEC 60228: Conductors of insulated cables.

IEC 60229: Tests on cable over sheaths which have a special protective function and are applied by extrusion.

IEC 60811-1-1: Common test methods for insulating and sheathing materials of electric Cables – Part 1: Methods for general application – Section 1: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties.

IEC 60811-1-2: Common test methods for insulating and sheathing materials of electric Cables – Part 1: Methods for general application – Section 2: Thermal ageing methods.

IEC 60811-1-3: Insulating and sheathing materials of electric cables – Common test methods – Part 1: General application – Section 3: Methods for determining the density –Water absorption tests – Shrinkage test.

2.2 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

CABLE COMPLETO.

- Para tramos completos deben efectuarse las siguientes pruebas y con la frecuencia indicada.
 - a) Medición de descargas parciales [Muestreo al 100 %]
 - b) Alta tensión corriente alterna [Muestreo al 100 %]

SOBRE MUESTRAS DE CABLE.

- Sobre muestras deben efectuarse las siguientes pruebas y con la frecuencia indicada.
 - a) Examinación del conductor [Muestreo al 10 %]
 - b) Resistencia eléctrica del conductor [Muestreo al 100 %]
 - c) Medición de espesores de aislamiento y cubierta [Muestreo al 100 %]
 - d) Medición de espesores de la pantalla metálica [Muestreo al 100 %]
 - e) Medición de diámetros [Muestreo al 100 %]
 - a) Medición de la Capacitancia [Muestreo al 10 %]
 - f) Penetración longitudinal de agua [Muestreo al 10 %]

2.3 PRUEBAS DE RUTINA

SOBRE MUESTRAS DE CABLE.

Sobre muestras deben efectuarse las siguientes pruebas y con la frecuencia indicada.

- a) Medición de descargas parciales [Muestreo al 100 %]
- b) Alta tensión corriente alterna [Muestreo al 100 %]
- c) Medición de Hot Set [Muestreo al 10 %]
- d) Prueba para determinar las propiedades mecánicas del aislamiento interno (XLPE) antes y después del proceso de envejecimiento [Muestreo al 10 %]
- e) Prueba para determinar las propiedades mecánicas de la cubierta (HDPE), antes y después del proceso de envejecimiento [Muestreo al 10 %]
- f) Prueba de envejecimiento para determinar la compatibilidad de los materiales [Muestreo al 10 %]

2.4 DATOS ESPECIFICADOS POR LA NORMA

A. MEDICIÓN DE DESCARGAS PARCIALES [MUESTREO AL 100 %].

Tabla 1. Descargas Parciales.

Tensión eléctrica de Pruebas	pC Máxima
190	10

Equipo empleado:

- Terminales de prueba.
- Detector de descargas parciales.
- Sistema resonante 0 a 250 kV, calibrado por laboratorios acreditados con trazabilidad a patrón nacional.

Procedimiento:

- Se revisa que el carrete está libre de defectos (no haber estado sujeto a esfuerzos mecánicos o deformaciones).
- Se preparan las puntas de prueba, la distancia de preparación es de acuerdo al tipo de terminal de prueba a emplear.
- Se calibra el equipo de descargas parciales a 10 pC.
- Se realiza incremento a una tensión eléctrica de 1,75 U₀ esta se debe mantener durante 3 segundos, posterior se debe realizar el decremento hasta llegar a 1,50 U₀.
- En el decremento a 1,50 U₀ no deben presentarse descargas parciales por encima de 10 pC, que sean atribuibles al cable.

B. ALTA TENSIÓN CORRIENTE ALTERNA [MUESTREO AL 100%].

Tabla 2. Alta Tensión Corriente Alterna.

Tensión eléctrica de Pruebas	pC Máxima
318	30

Equipo empleado:

- Terminales de prueba.
- Sistema resonante 0 a 500 kV (Configurado a 2 etapas), calibrado por laboratorios acreditados con trazabilidad a patrón nacional.

Procedimiento:

- Se revisa que el carrete está libre de defectos (no haber estado sujeto a esfuerzos mecánicos o deformaciones).
- Se preparan las puntas de prueba, la distancia de preparación es de acuerdo al tipo de terminal de prueba a emplear.
- Aplicar tensión al cable elevando su valor gradualmente hasta alcanzar lo especificado en la tabla 2.
- Mantener dicho valor de tensión durante el tiempo especificado en la tabla 2.

- Una vez transcurrido el tiempo especificado, decrementar el valor de tensión hasta alcanzar el valor de inserción del equipo. El cable no debe presentar ruptura dieléctrica del aislamiento, esta prueba debe realizarse a temperatura ambiente.

C. EXAMINACIÓN DEL CONDUCTOR [MUESTREO AL 10 %].

Procedimiento:

- Cortar una muestra del conductor y verificar que la construcción del mismo cumpla con lo establecido en IEC 60228.

D. RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL CONDUCTOR [MUESTREO AL 100 %].

Equipo empleado:

- Micro óhmetro digital.

Procedimiento:

- Dejar el carrete completo en el cuarto lo suficiente para ambientarse. Tomar la medición de resistencia eléctrica del conductor en c.d. y corregir el resultado a una temperatura de 20 °C y a una longitud de 1 km en base a IEC 60228.
- La resistencia eléctrica del conductor en c.d. corregida a 20°C no debe exceder el valor máximo establecido IEC 60228.

E. Medición de Espesores de Aislamiento y Cubierta [Muestreo al 10 %].

Equipo empleado:

- Microscopio digital.
- Cizalla para cortar rodajas.
- Calibrador digital.

Aislamiento.

Procedimiento:

- Tomar una muestra del cable terminado seleccionado, retirar todos los componentes hasta la pantalla semiconductora externa, con la cizalla cortar una rodaja de dicha muestra. La muestra debe ser tomada de una longitud de cable en buen estado, descartando puntas o tramos de ajuste de proceso.
- Llevar la rodaja al microscopio, tomar la medición del espesor del aislamiento en base a la cláusula 8 de IEC 60811-1-1 y calcular que el espesor mínimo no sea menor del 90 % del espesor nominal:

$$e_{min} > 0,90 e_{nom}$$

Y adicionalmente:

$$[(e_{max} - e_{min}) / e_{max}] < 0,10 \text{ Donde:}$$

e_{max} = Espesor máximo en mm. e_{min} = Espesor mínimo en mm. e_{nom} = Espesor nominal en mm.

Nota: e_{max} y e_{min} deben ser medidos de la misma área de sección transversal.

- El espesor de las pantallas semiconductoras no debe ser incluido en la medición del espesor del aislamiento.

CUBIERTA.

Procedimiento:

- Retirar una sección de cubierta de la muestra y con el calibrador tomar la medición del espesor de la misma en base a la cláusula 8 de IEC 60811-1-1 y calcular que el espesor mínimo no sea menor que $0,1 \text{ mm} + 15 \%$ del espesor nominal:

$$e_{min} \geq 0,85 e_{nom} - 0,1 \text{ Donde:}$$

e_{\max} = Espesor máximo en mm. e_{\min} = Espesor mínimo en mm. e_{nom} = Espesor nominal en mm.

Adicionalmente para superficies bajo cubierta sustancialmente lisas, el promedio de las mediciones redondeadas a 0,1 mm no debe ser menor que el espesor nominal, esta condición no aplica para superficies bajo cubierta irregulares como pantallas metálicas formadas por alambres, cintas o pantallas corrugadas.

F. MEDICIÓN DE ESPESORES DE LA PANTALLA METÁLICA [MUESTREO AL 100 %].

Equipo empleado:

- Micrómetro digital de esferas con radio de 3 mm. Procedimiento:
- Tomar una muestra del cable terminado seleccionado y retirar una sección de la pantalla metálica con una longitud de 50 mm.
- Con el micrómetro tomar la medición del espesor de la pantalla metálica en base a la cláusula 8 de IEC 60811-1-1. Si la pantalla es lisa el espesor mínimo no debe estar por debajo del espesor nominal por 0,1 mm + 10 % del espesor nominal:

$$e_{\min} \geq 0,90 e_{\text{nom}} - 0,1$$

- En el caso de la pantalla corrugada el espesor mínimo no debe estar por debajo del espesor nominal por 0,1 mm + 15 % del espesor nominal:

$$e_{\min} \geq 0,85 e_{\text{nom}} - 0,1 \text{ Donde:}$$

e_{\min} = Espesor mínimo en mm. e_{nom} = Espesor nominal en mm.

La medición del espesor de la pantalla metálica corrugada debe realizarse en un aro de la misma.

G. MEDICIÓN DE DIÁMETROS [MUESTREO AL 100 %].

Equipo empleado:

- Calibrador digital. Procedimiento:
- Tomar una muestra del cable terminado seleccionado y con el calibrador tomar la medición del diámetro sobre aislamiento, pantalla semiconductora externa y cubierta exterior del cable en base a 8.3 de IEC 60811-1-1.

H. MEDICIÓN DE HOT SET [MUESTREO AL 10 %]

Equipo empleado:

- Horno de convección forzada.
- Regla metálica calibrada.
- Cronómetro.
- Bascula. Procedimiento:
- Preparar las probetas del aislamiento y medir su área de sección transversal en base a la cláusula 9 de IEC 60811-1-1, el espesor no debe ser menor de 0,8 mm y no mayor de 2,0 mm.
- Fijar la parte superior de las probetas dentro del horno y en la parte inferior sujetar los pesos necesarios para ejercer la fuerza requerida para el material en cuestión.
- Después de 15 minutos dentro del horno a la temperatura especificada, medir la distancia entre las marcas de referencia de cada probeta, si el horno no cuenta con ventana y es necesario abrir la puerta para tomar la medición, la medición debe realizarse en no mas de 30 segundos después de abrir la puerta.
- La fuerza de tensión debe ser retirada cortando la probeta por la parte inferior al nivel de la mordaza, debe dejarse que las probetas se recuperen por 5 minutos a la temperatura especificada.
- Retirar las probetas del horno y dejarlas enfriar lentamente a temperatura ambiente antes de medir la distancia de las líneas de referencia otra vez.
- El valor medio de la elongación después de 15 minutos a la temperatura especificada con el peso sujeto, no debe exceder el valor especificado.
- El valor medio de la distancia entre las líneas de referencia después de remover las probetas del horno y dejarlas enfriar, no debe exceder el porcentaje especificado del valor antes de introducirlas al horno.

I. MEDICIÓN DE CAPACITANCIA [MUESTREO AL 10 %]

Equipo empleado:

- Puente Schering.
- Divisor capacitivo.
- Sistema resonante 0 a 250 kV, calibrado por laboratorios acreditados con trazabilidad a patrón nacional.

Procedimiento:

- Se preparan las puntas de prueba, la distancia de preparación es de acuerdo a la tensión a aplicar.
- Con el sistema resonante aplicar la tensión U_0 al conductor y medir la capacitancia entre el conductor y la pantalla metálica.
- El valor de la capacitancia medido no debe exceder el valor nominal declarado por el fabricante en mas del 8 %.

J. PENETRACIÓN LONGITUDINAL DE AGUA [MUESTREO AL 10 %]

Equipo empleado:

- Transformadores de corriente.
- Dispositivo para la penetración longitudinal de agua.

Procedimiento:

- Cortar una muestra de 8 m de longitud de cable terminado que no haya sido sometido a alguna de las pruebas descritas en 12.4 de IEC 62067 y someterla a la prueba de dobles en base a 12.4.4 de IEC 62067.
- Cortar y remover un aro de 50 mm de ancho a la mitad de la muestra el cual debe de comprender todos los componentes del cable y llegar hasta el conductor, colocar la muestra de manera horizontal y posicionar en el centro del aro el dispositivo de aplicación de agua.
- Llenar el tubo del dispositivo dentro de 5 minutos con agua a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ y mantener una distancia de agua de 1 m desde el conductor. Dejar ambientar la muestra durante 24 h.

- Aplicar 10 ciclos de calentamiento a la muestra, la temperatura en el conductor debe permanecer entre 5 °C y 10 °C por arriba de la temperatura máxima de operación, sin embargo no debe exceder 100 °C.
- El ciclo de calentamiento debe ser aplicado durante 8 h en el cual la temperatura debe de permanecer dentro del límite requerido 2 h, seguido por 16 h de enfriamiento natural antes de volver a iniciar.
- El calentamiento del conductor debe lograrse por medio de transformadores de inducción de corriente, y puede emplearse un cable diferente conectado en serie a la muestra, en el cual se mide la temperatura del conductor. No se aplica tensión a esta prueba.
- El agua no debe de salir por ninguno de los extremos de la muestra.

K. PRUEBA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL AISLAMIENTO (XLPE) (HDPE), ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO [MUESTREO AL 10 %]

Equipo empleado:

- Máquina para medir tensión con dispositivo que indique la carga máxima que se alcanza.
- Suajes para obtener las probetas.
- Esmeril.
- Micrómetro digital.
- Horno de convección forzada.

Procedimiento:

- Cortar y preparar las probetas en base a 9.1 de IEC 60811-1-1.
- Envejecer las probetas en el horno en base a 8.1 de IEC 60811-1-2 bajo las condiciones especificadas en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades Mecánicas del Aislamiento.

PROPIEDAD	XLPE
Temperatura Máxima de Operación °C	90
Inicial	
Esfuerzo por tensión a la ruptura mínimo N/mm ²	12.5
Alargamiento por tensión a la ruptura mínimo %	200
Envejecimiento en horno 135 °C +- 2/7 d	
Esfuerzo por tensión a la ruptura variación máxima %	+ -25
Alargamiento por tensión a la ruptura variación máxima %	+ -25

- El acondicionamiento y la medición de las propiedades mecánicas del aislamiento deben ser desarrolladas en base a 9.1 de IEC 60811-1-1.
- Los resultados para las probetas iniciales y envejecidas deben cumplir con lo especificado en la tabla 3.

L. PRUEBA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CUBIERTA (HDPE), ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO [MUESTREO AL 10 %]

Equipo empleado:

- Máquina para medir tensión con dispositivo que indique la carga máxima que se alcanza.
- Suajes para obtener las probetas.
- Esmeril.
- Micrómetro digital.
- Horno de convección forzada.

Procedimiento:

- Cortar y preparar las probetas en base a 9.2 de IEC 60811-1-1.
- Envejecer las probetas en el horno en base a 8.1 de IEC 60811-1-2 bajo las condiciones especificadas en la tabla 4.

Tabla 4.Propiedades Mecánicas de la Cubierta.

PROPIEDAD	HDPe
Inicial	
Esfuerzo por tensión a la ruptura mínimo N/mm ²	
Alargamiento por tensión a la ruptura mínimo %	12.5 200
Envejecimiento en horno 110 °C +- 2/10 d	
Alargamiento por tensión a la ruptura variación máxima %	300

- El acondicionamiento y la medición de las propiedades mecánicas del aislamiento deben ser desarrolladas en base a 9.2 de IEC 60811-1-1.
- Los resultados para las probetas iniciales y envejecidas deben cumplir con lo especificado en la tabla 4.

M. PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO PARA DETERMINAR LA COMPATIBILIDAD DE LOS MATERIALES [MUESTREO AL 10 %]

Equipo empleado:

- Máquina para medir tensión con dispositivo que indique la carga máxima que se alcanza.
- Suajes para obtener las probetas.
- Esmeril.
- Micrómetro digital.
- Horno de convección forzada.

Procedimiento:

- Cortar 3 muestras de cable completo terminado y envejecerlas en el horno en base a 8.1 de IEC 60811-1-2 bajo las condiciones especificadas:

Envejecimiento en horno a 110 °C ± 2/168 h

- Cortar y preparar las probetas del aislamiento y la cubierta de una muestra completa de cable en base a 8.1.4 de IEC 60811-1-2.
- Las probetas envejecidas del aislamiento y la cubierta deben ser sometidas a la prueba mecánica en base a 8.1.4 de IEC 60811-1-2.
- La variación entre el valor medio del esfuerzo y alargamiento por tensión a la ruptura de las probetas iniciales respecto a las probetas envejecidas no

debe exceder el valor aplicable indicado en la tabla 3 para el aislamiento y la tabla 4 para la cubierta.

Tabla 5. Resumen de Pruebas.

PRUEBAS DE ACEPTACION		PRUEBAS DE RUTINA
CABLE COMPLETO	MUESTRA DE CABLE	MUESTRA DE CABLE
Medición de descargas Parciales [Muestreo al 100 %]	Examinación del Conductor [Muestreo al 10 %]	Medición de descargas Parciales [Muestreo al 100 %]
Alta Tensión Corriente Alterna [Muestreo al 100 %]	Resistencia Eléctrica del Conductor [Muestreo al 100 %]	Alta Tensión Corriente Alterna [Muestreo al 100 %]
....	Medición de Espesores de Aislamiento y Cubierta [Muestreo al 100 %]	Medición de Hot Set [Muestreo al 10 %]
....	Medición de Espesores de la Pantalla Metálica [Muestreo al 100 %]	Prueba para Determinar Propiedades Mecánicas del Aislamiento [Muestreo al 10%]
....	Medición de Diámetros [Muestreo al 100 %]	Prueba para Determinar Propiedades Mecánicas de la Cubierta [Muestreo al 10%]
....	Medición de Capacitancia [Muestreo al 10 %]	Prueba de Envejecimiento para Determinar Compatibilidad de los Materiales. [Muestreo al 10%]
....	Penetración Longitudinal de Agua [Muestreo al 10 %]

3. FAT PARARRAYOS

3.1 PRUEBAS TIPO

El proponente favorecido deberá entregar una copia de los reportes de pruebas tipo efectuadas en pararrayos similares a los que suministrarán, que esté de acuerdo con lo estipulado en la Sección 7 de la Publicación IEC 60099-4, y que tengan una vigencia máxima de 5 años contados a partir de la fecha de cierre de la licitación.

3.2 PRUEBAS DE RUTINA

Las pruebas de rutina deben hacerse de acuerdo con los requerimientos estipulados en la Cláusula 8.1 de la Publicación IEC 60099-4.

4. FAT TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente deberán ser sometidos a las pruebas comprendidas en las Normas IEC vigentes en la fecha de suscripción del Contrato.

4.1 PRUEBAS TIPO

El fabricante deberá entregar una copia de los reportes de pruebas tipo realizadas en transformadores de corriente similares a los que suministrará, incluyendo todas las pruebas especificadas en la Publicación IEC 60044-1, Cláusulas 7, 11.4 y 12.5, y la Publicación IEC 60044-6 Cláusula 7.2. Los reportes de las pruebas tipo, deberán corresponder a pruebas realizadas durante el período de los últimos 5 años contados a partir de la fecha de cierre de la licitación.

4.2 PRUEBAS DE RUTINA

Las pruebas de rutina deben ser efectuadas de acuerdo con lo estipulado en la Publicación IEC 60044-1 Cláusula 8, 11.5 y 12.6, y la Publicación IEC 60044-6 Cláusula 7.2.

5. SAT CABLES DE POTENCIA

5.1 REFERENCIAS DE NORMATIVA

- IEEE Std 400-2004 IEEE Guide for Field Testing of shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF).

5.2 PRUEBAS

Se realizará en sitio las siguientes pruebas a cada uno de los cables (3 de las fases y uno de reserva).

A Cada uno de los cables deben efectuarse las siguientes pruebas.

- a) VLF – Con voltaje de prueba de tres (3) veces el voltaje de operación (V fase-neutro)
- b) Factor de potencia.
- c) Resistencias de Aislamiento.

6. SAT TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

6.1 REFERENCIAS DE NORMATIVA

- ANSI/NETA ATS. Standard for Acceptance Testing Specifications for
- Electrical Power Equipment and Systems, 2009
- IEC 61869-1. Instrument transformers – Part 1: General requirements
- IEC 61869-2. Instrument transformers – Part 2: Additional requirements for current transformers

6.2 PRUEBAS

- Resistencia de Aislamiento.
- Factor de Potencia.
- Polaridad.
- Relación de transformación.
- Curvas de Magnetización.
- Resistencia de devanados secundarios.
- Burden.

7. SAT PARARRAYOS

7.1 REFERENCIA NORVATIVA

- ANSI/NETA ATS. Standard for Acceptance Testing Specifications for
- Electrical Power Equipment and Systems, 2009
- IEC 6009-4. Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems
- IEC 6009-5. Surge arresters – Part 5: Selection and application recommendations
- IEEE Std. C62.11. IEEE Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for
- AC Power Circuits (>1 kV)



7.2 PRUEBAS

- Resistencia de aislamiento.
- Operación del contador de descargas.
- Factor de potencia.
- Corriente de fuga.

8. FAT Y SAT FIBRO ÓPTICA

8.1 REFERENCIA NORVATIVA

- G 655D
- G 652 C

8.2 PRUEBAS

- OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).
- PMD (Dispersión por modo de polarización).
- Potencia Óptica.