



# ET-AT102 Conductores para subestaciones de 15 y 34,5 kV

## ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

<b>Revisión #:</b>	<b>Entrada en vigencia:</b>
1	22 Abril 2004



Esta información ha sido extractada de la plataforma Likinormas de Enel Colombia en donde se encuentran las normas y especificaciones técnicas. Consulte siempre la versión actualizada en <https://likinormas.enelcol.com.co>





# 1. REQUISITOS GENERALES

---

## Condiciones de servicio

Los cables de que trata esta especificación serán instalados en sistemas subterráneos de distribución primaria a las celdas de alimentación de circuitos de **media tensión** en subestaciones de Enel Colombia S.A. E.S.P., de acuerdo con las siguientes condiciones generales del **sistema** :

## Condiciones ambientales

- Altura sobre el nivel del mar: 2640 m
- Humedad relativa: 90%
- Temperatura ambiente máxima: 27 °C
- Temperatura ambiente mínima: -5 °C
- Temperatura ambiente promedio: 14 °C

## Características eléctricas del sistema

- **tensión nominal** : 11,4-13,2 y 34,5 kV
- Conexión: Trifásica trifilar
- **Frecuencia nominal** : 60 Hz

## Máxima temperatura del conductor

- Operación normal: 90°C
- **Emergencia** : 130°C
- **Cortocircuito** (5 seg de duración máxima): 250°C

## Condiciones de instalación

- Ductos de PVC
- Bandejas portacable

## Cable normalizado

Los conductores de **fase** deben ser de cobre y la pantalla del conductor debe ser elaborada en hilos. El aislamiento de la **fase** debe ser polietileno reticulado retardante a las arborescencias (TR-XLPE) y la chaqueta de cloruro de polivinilo de 90°C (PVC). Los conductores normalizados son:

- 1000 KCMIL, para 15 kV
- 750 KCMIL, para 34,5 kV



### Normas de fabricación y pruebas

El **cable** ensamblado y sus componentes, deben estar de acuerdo con los requerimientos de la última revisión de las siguientes normas (donde sean aplicables):

- ASTM B 8 (ICONTEC 307 – Cables concéntricos de cobre duro, semiduro y blando para usos eléctricos) Standard specification for concentric-lay-stranded copper conductors, hard, medium-hard, or soft.
- ASTM B 3 (ICONTEC 359 – Alambres de cobre blando o recocido desnudo de sección circular para usos eléctricos) Standard specification for soft or annealed copper wire
- ASTM B 49 (ICONTEC 1818 – Alambros de cobre laminado en caliente para usos eléctricos) Standard specification for copper redraw rod for electrical purposes
- ICEA S 66-524 (ICONTEC 2186 – Alambres y cables aislados con polietileno reticular termoestable para transmisión y **distribución de energía eléctrica** ) Cross-linked-thermosetting-polyethylene-insulated wire and **cable** for the transmission and distribution of electrical energy
- NTC 2447 – Plásticos compuestos no rígidos de polímero y copolímero de cloruro de vinilo para moldeo y extrusión
- ASTM B 496 – Standard specification for compact round concentric-lay-stranded copper conductors

## 2. REQUISITOS TÉCNICOS PARTICULARES

---

### Conductor y cable terminado

El **cable** debe ser monopolar y sus componentes, deben cumplir con las características generales dadas en la Tabla No. 1.

### Marcación de los cables

El **cable** monopolar deberá marcarse en relieve, en forma legible sobre la chaqueta y con una separación máxima de un (1) metro, con la siguiente información:

- Enel Colombia S.A. ESP.
- Nombre del fabricante
- Número de pedido y/o contrato
- **Material** y calibre del conductor
- Tipo y clase de aislamiento y cubierta
- **tensión nominal** de aislamiento
- Año de fabricación
- **Fase** (A,B o C) monopolar secuencial

La pantalla semiconductor externa debe marcarse con Enel Colombia S.A. ESP. y el número de pedido o contrato, en tinta indeleble.



### 3. CARACTERÍSTICAS DE FABRICACIÓN

Los cables deben ser aptos para utilización en las condiciones de **servicio** estipuladas en el numeral 1.1. de la presente especificación, y deberán cumplir con las características que se especifican a continuación:

#### Conductor de fase en cobre

##### Materia prima

La materia prima utilizada en el alambroón de cobre debe tener una pureza del 99.5% y debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM B 49 (ICONTEC 1818).

##### Alambres de cobre

Los alambres de cobre deben ser de cobre blando, con una conductividad mínima del 100% IACS, y debe cumplir con la norma ASTM B 3 (ICONTEC 359).

##### Conductor

Los conductores estarán formados por alambres dispuestos en capas, cableados concéntricamente y deberán cumplir con las características técnicas de fabricación especificadas en la norma ASTM B 496.

El cableado deberá ser redondo compacto para el calibre de conductor especificado en el numeral 1.2.

#### Pantallas sobre el conductor y el aislamiento

Las pantallas sobre el conductor y aislamiento deberán ser de **material** termoestable, compatible con todos los componentes del **cable** con los cuales está en contacto. Las temperaturas de operación permisibles de las pantallas deberán ser mayores o iguales que las del aislamiento del **cable**.

Las superficies de unión (de contacto) entre las pantallas y el aislamiento serán completamente lisas, libres de vacío, discontinuidades y contaminantes.

#### Tabla No. 1

##### Requisitos generales del cable

Conductor de fase	Und		
<b>tensión nominal</b>	<b>kV</b>	<b>15</b>	<b>34,5</b>
<b>Material</b>		Cobre	Cobre
Calibre	kcmil	1000	500
Sección	mm <sup>2</sup>	507	253
Diámetro antes de comprimir o compactar	mm	29,25	20,65
No. alambres cobre		61	37
Peso unitario	kg/km	4590	2300



Resistencia máxima D.C., 20 °C	W/km	0,0347	0,0694
<b>Pantalla sobre el conductor</b>			
Material		Semiconductor de P.E. Termoestable extruido	Semiconductor de P.E. Termoestable extruido
Espesor pantalla			
- Promedio mínimo	mm	0,51	0,51
- Mínimo en un punto	mm	0,41	0,41
<b>Aislamiento</b>			
Material		TRXPLE	TRXPLE
Nivel de aislamiento	%	100	100
Espesor promedio mínimo			
- Cable de 15 kV	mm	4,45	8,76
Espesor mínimo en un punto			
- Cable de 15 kV	mm	4,01	7,884
<b>Pantalla sobre el aislamiento</b>			
Material		Semiconductor de P.E. Termoestable extruido	Semiconductor de P.E. Termoestable extruido
Espesor mínimo en un punto			
- Cable de 15 kV	mm	0,762	1,02
Espesor máximo en un punto			
- Cable de 15 kV	mm	1,778	2,16
<b>Pantalla metálica</b>			
Material		Cobre	Cobre
Tipo		Conductor concéntrico en hilos	Conductor concéntrico en hilos
No. de hilos		32	26
Diámetro hilos	mm	2.59	2.05
<b>Chaqueta</b>			
Material		PVC	PVC
Espesor promedio mínimo			
	mm	2,79	2,03
Espesor mínimo en un punto			
	mm	2,23	1,624
Color			
		Negro	Negro

La fuerza mecánica necesaria para remover la pantalla semiconductor extruída sobre el aislamiento, no deberá ser inferior 13.3 N para los cables de 15 kV y 17.8 N para los cables de 35 kV. La pantalla semiconductor del aislamiento se deberá marcar como tal.



Las pantallas sobre el conductor y sobre el aislamiento, deberán cumplir con los requisitos generales de las Tablas No. 2 y No. 3 respectivamente.

**Tabla No. 2**  
**Requisitos de la pantalla sobre el conductor**

<b>Requisitos físicos</b>	<b>Valores</b>
Requisitos de envejecimiento después de someter la probeta en horno de aire por 168 horas a 121 °C ± 1 °C	
Elongación, porcentaje mínimo (%)	75
Máxima temperatura de fragilidad (°C)	-10
<b>Máxima resistividad volumétrica</b>	
- A 90 °C (W-m)	1000
- A 130 °C (W-m)	1000

**Tabla No. 3**  
**Requisitos de la pantalla sobre el aislamiento**

<b>Requisitos físicos</b>	<b>Valores</b>
Requisitos de envejecimiento después de someter la probeta en horno de aire por 168 horas a 121 °C ± 1 °C	
Elongación, porcentaje mínimo (%)	100
Máxima temperatura de fragilidad (°C)	-10
<b>Máxima resistividad volumétrica</b>	
- A 90 °C (W-m)	500
- A 130 °C (W-m)	500

### **Aislamiento**

El aislamiento de polietileno reticulado deberá ser retardante a las arborescencias.

El aislamiento de polietileno será apto para reticular, extra limpio, libre de contaminantes y sin contenido



de negro de humo o rellenos minerales. El polietileno vulcanizado de cadena cruzada será aplicado al conductor simultáneamente con las pantallas semiconductoras, por medio del proceso de triple extrusión.

La superficie del aislamiento una vez aplicado, debe ser suave, uniforme, libre de burbujas, rayas u otros defectos no consistentes con la buena práctica comercial y debe estar libre de cualquier tipo de **contaminación** , porosidades u oclusiones de aire.

El aislamiento debe ser aplicado de tal forma que el conductor de cobre quede completamente centrado.

El aislamiento de XLPE deberá ser apto para soportar temperaturas en el conductor de cobre, de 90 °C bajo condiciones normales de operación, 130 °C en condiciones de **emergencia** , y 250 °C en condiciones de **cortocircuito** , y deberá cumplir con los requisitos establecidos en las norma ICEA S 66-524.

El aislamiento deberá ser adecuado para uso en medios húmedos y secos, resistente a los esfuerzos mecánicos durante la instalación y operación del **cable** . El aislamiento de XLPE deberá cumplir con los requisitos especificados en la Tabla No. 4

**Tabla No. 4**  
**Requisitos del aislamiento**

<b>Requisitos físicos</b>	<b>Valores</b>
<b>Constante resistencia aislamiento 15,6 °C (MW-km)</b>	6100
<b>Requisitos sin envejecimiento</b>	
Resistencia mínima a la tracción (MPa)	12,5
Elongación mínima a la rotura (%)	250
Requisitos de envejecimiento después de someter la probeta en horno de aire por 168 horas a 121 °C ± 1 °C	
Resistencia mínima a la tracción (% del valor no envejecido)	75
Elongación mínima a la rotura (% del valor no envejecido)	75
<b>Deformación en caliente</b>	
Elongación máxima (%)	175
Contracción máxima (%)	10



## **Pantalla metálica (conductor concéntrico)**

Cada **cable** monopolar tendrá una pantalla metálica conformada por un grupo de alambres de cobre recocido aplicados helicoidalmente en estrecho contacto con la pantalla semiconductor del aislamiento. El paso de los alambres aplicados helicoidalmente no será menor a seis (6) ni mayor a diez (10) veces el diámetro medio sobre los alambres concéntricos.

El diámetro y el número de los alambres de cobre que conforman la pantalla metálica son los establecidos en la Tabla No. 1 de la presente especificación. La materia prima empleada en la fabricación de la pantalla metálica debe tener las mismas características del conductor central.

Entre la pantalla metálica y la cubierta exterior se aplicará un separador constituido por una cinta protectora y de amarre del tipo Mylar o equivalente, de un **material** no higroscópico que sea compatible con los componentes del **cable**.

## **Chaqueta del cable**

Los compuestos para la elaboración del PVC de la chaqueta, deben ser composiciones de polímeros o copolímeros de cloruro de vinilo, de acuerdo con lo establecido en la norma ICONTEC 2447, presentada en forma de mezcla seca aglomerada y granulada.

La chaqueta de PVC debe ser adecuada para uso en medios húmedos y secos, debe ser resistente a los esfuerzos mecánicos durante la instalación y operación del **cable**. La chaqueta deberá ser de color negro.

La chaqueta de cloruro de polivinilo deberá cumplir con los requisitos establecidos en la norma ICEA S 66-524 (ICONTEC 2186).

El espesor mínimo promedio de la chaqueta será el establecido en la Tabla No. 1, y el mínimo no será inferior, en ningún punto, al ochenta por ciento (80%) del espesor mínimo promedio especificado.

La chaqueta deberá cumplir con las características de la Tabla No. 5.

### **Tabla No. 5 Requisitos de la chaqueta**

<b>Requisitos físicos</b>	<b>Valores</b>
<b>Requisitos sin envejecimiento</b>	
Resistencia mínima a la tracción (MPa)	10,3
Elongación mínima a la rotura (%)	100





Requisitos de envejecimiento después de someter la probeta en horno de aire por 120 horas a 100 °C	
Resistencia mínima a la tracción (% del valor no envejecido)	85
Elongación mínima a la rotura (% del valor no envejecido)	60
Requisitos de envejecimiento después de inmersión en aceite por cuatro (4) horas a 70 °C ± 1 °C	
Resistencia mínima a la tracción (% del valor no envejecido)	80
Elongación mínima a la rotura (% del valor no envejecido)	60
<b>Deformación térmica a 121 °C</b>	
Deformación térmica máxima (% del valor no envejecido)	50
<b>Choque térmico, 121 °C ± 1 °C</b>	sin grietas
<b>Doblado en frío, -35 °C ± 1 °C</b>	sin grietas

## 4. EMPAQUE E IDENTIFICACIÓN

Los cables se despacharán en carretes de madera y adecuadamente protegidos, de tal manera que durante el transporte y almacenamiento no sufran daños por humedad, contacto o golpes con otros materiales y no se deterioren por almacenamiento a la intemperie.

La madera empleada en la fabricación de los carretes debe ser nueva, de **calidad** reconocida y deberá someterse a un tratamiento de preservación para evitar el ataque de plagas, parásitos y otros agentes naturales.

Todos los carretes deben estar pintados en su superficie interior y exterior para protegerlos debidamente contra la intemperie. El tambor del carrete debe tener un diámetro exterior no menor que treinta (30) veces el diámetro del conductor, pero en ningún caso deberá ser menor de 460 milímetros.

El orificio para el manejo de los carretes debe ser circular, centrado en su eje, con un diámetro mínimo de 75 milímetros, provisto de flange metálico en cada cara del carrete. Los carretes con un peso bruto (carrete más **cable**) de 1000 kilogramos ó mayor, deberán estar provistos de un tubo metálico que atraviese el carrete, soporte su peso bruto y que tenga un diámetro exterior mayor de 75 milímetros.



Los planos de dimensiones y detalles de los carretes deben ser presentados con la propuesta y, posteriormente, para la aprobación por parte de Enel Colombia S.A. ESP.

El **cable** debe embobinarse por capas uniformes y la última capa debe protegerse con un recubrimiento de **material** impermeable. Los dos extremos del **cable** aislado deben asegurarse firmemente al carrete y sellarse completamente por medio de una caperuza o **material aislante** , con el fin de prevenir la penetración de humedad en los cables.

La capa final deberá ser protegida en forma segura contra daños mecánicos.

Los carretes deben tener una protección exterior construída con listones de madera fijados sobre el borde de las alas de los carretes y asegurados con cinta o fleje de acero inoxidable (zunchos).

Los carretes deberán numerarse en forma consecutiva y sus números se marcarán con pintura o tinta indeleble, de igual forma se deberá indicar el sentido correcto de rodamiento de los carretes mediante una **flecha** ubicada en los costados de los mismos. Los carretes deberán tener una placa metálica para su identificación en cada uno de los costados, cada una de las cuales incluirá por lo menos la siguiente información:

- Enel Colombia S.A. - E.S.P.
- Nombre del fabricante
- Número del contrato y/o pedido
- Número del carrete
- **Material** y calibre del conductor
- Tipo, clase y **tensión nominal** del aislamiento
- Peso bruto en kilogramos
- Peso neto en kilogramos
- Longitud en metros
- Fecha de fabricación

## 5. INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE RECEPCIÓN TÉCNICA DEL CABLE

---

Las pruebas y recepción del **cable** serán efectuadas por representantes de Enel Colombia S.A. E.S.P. Distribuidora de Energía de Bogotá, realizándose las pruebas en las instalaciones del fabricante quien deberá asumir su costo y proporcionar el **material** , los equipos y el personal necesario para tal fin.

Las pruebas podrán ser repetidas en laboratorios oficiales o particulares reconocidos por Enel Colombia S.A. E.S.P. Distribuidora de Energía de Bogotá, la que a su vez se reservará el derecho de realizar una **inspección** previamente durante el proceso de fabricación, para lo cual el fabricante deberá suministrar los medios necesarios para facilitar la misma.

Los ensayos incluyen:



- Control dimensional de los alambres de cobre blando del conductor de **neutro** concéntrico y del conductor de **fase** .
- Resistencia a la tracción y elongación de los alambres que conforman el conductor de **fase** y el conductor de **neutro** concéntrico.
- Determinación de la resistividad y conductividad eléctrica del **alambre** de cobre.
- Determinación de la resistencia eléctrica del conductor.
- Ensayos físicos y de envejecimiento del aislamiento, la chaqueta, las pantallas semiconductoras.
- **Ensayo** a la llama, doblado en frío, choque térmico y deformación térmica.
- Medición del espesor del aislamiento, pantallas semiconductoras y la chaqueta de PVC.
- **Ensayo** de **tensión** aplicada al **cable** terminado.
- **Ensayo** de resistividad volumétrica de las pantallas semiconductoras.
- **Ensayo** de **tensión** aplicada AC y DC al **cable** terminado.
- **Ensayo** de resistencia de aislamiento en el **cable** terminado.
- **Ensayo** de descargas parciales en el **cable** terminado.

#### ANEXO 1. PLANILLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS CABLE DE COBRE MONOPOLAR 1000 KCMIL, 15 KV

ITEM	OFERENTE	Unid	SOLICITADO	OFERTADO
1	País			
2	Fabricante			
3	País			
4	<b>Conductor de fase</b>			
a	<b>Material</b>		Cobre	
b	Calibre	kcmil	1000	
c	Sección	mm <sup>2</sup>	507	
d	Diámetro	mm	29,25	
e	No. alambres cobre		61x3,25	
f	Peso unitario	kg/km	4590	
g	Resistencia máxima D.C., 20 °C	W/km	0,0347	
5	<b>Pantalla sobre el conductor</b>			
a	<b>Material</b>		Semiconductor de P.E. termoestable extruído	
b	Espesor pantalla			
c	- Promedio mínimo	mm	0,38	
d	- Mínimo en un punto	mm	0,31	
6	<b>Aislamiento</b>			
a	<b>Material</b>		TRXPLE	
b	Nivel de aislamiento	%	100	
c	Espesor promedio mínimo			



d	- Cable de 15 kV	mm	4,45	
e	Espesor mínimo en un punto			
f	- Cable de 15 kV	mm	4,01	
<b>7</b>	<b>Pantalla sobre el aislamiento</b>			
a	Material		Semiconductor de P.E. termoestable extruído	
b	Espesor mínimo en un punto			
c	- Cable de 15 kV	mm	0,762	
d	Espesor máximo en un punto			
e	- Cable de 15 kV	mm	1,778	
<b>8</b>	<b>Pantalla metálica</b>			
a	Material		Cobre	
b	Tipo		Conductor concéntrico en hilos	
c	No. de hilos		32	
d	Diámetro hilos	mm	2.59	
<b>9</b>	<b>Chaqueta</b>			
a	Material		PVC	
b	Espesor promedio mínimo	mm	2,79	
c	Espesor mínimo en un punto	mm	2,23	
d	Color		Negro	
	CALIFICACIÓN			

## ANEXO 2. PLANILLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS CABLE DE COBRE MONOPOLAR 500 KCMIL, 34,5 KV

ITEM	OFERENTE	Unid	SOLICITADO	OFERTADO
1	País			
2	Fabricante			
3	País			
<b>4</b>	<b>Conductor de fase</b>			
a	Material		Cobre	
b	Calibre	Kcmil	500	
c	Sección	mm <sup>2</sup>	253	
d	Diámetro	mm	20,65	



e	No. alambres cobre		37x2,95	
f	Peso unitario	kg/km	2300	
g	Resistencia máxima D.C., 20 °C	W/km	0,0694	
<b>5</b>	<b>Pantalla sobre el conductor</b>			
a	Material		Semiconductor de P.E. termoestable extruído	
b	Espesor pantalla			
c	- Promedio mínimo	mm	0,51	
d	- Mínimo en un punto	mm	0,41	
<b>6</b>	<b>Aislamiento</b>			
a	Material		TRXPLE	
b	Nivel de aislamiento	%	100	
c	Espesor promedio mínimo			
d	- Cable de 34,5 kV	mm	8,76	
e	Espesor mínimo en un punto			
f	- Cable de 34,5 kV	mm	7,88	
<b>7</b>	<b>Pantalla sobre el aislamiento</b>			
a	Material		Semiconductor de P.E. termoestable extruído	
b	Espesor mínimo en un punto			
c	- Cable de 34,5 kV	mm	1,02	
d	Espesor máximo en un punto			
e	- Cable de 34,5 kV	mm	1,14	
<b>8</b>	<b>Pantalla metálica</b>			
a	Material		Cobre	
b	Tipo		Conductor concéntrico en hilos	
c	No. de hilos		26	
d	Diámetro hilos	mm	2,05	
<b>9</b>	<b>Chaqueta</b>			
a	Material		PVC	
b	Espesor promedio mínimo	mm	2,03	
c	Espesor mínimo en un punto	mm	1,63	
d	Color		Negro	
	<b>CALIFICACIÓN</b>			

