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

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Revisión #:	Entrada en vigencia:
1	21 Septiembre 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 http://likinormas.enelcol.com.co

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

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

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

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, menium-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 – Alambrón 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 semiconductora externa debe marcarse con Enel Colombia S.A. ESP. y el número de pedido o contrato, en tinta indeleble.

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

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 alambrón 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**		
tensión nominal	**kV**	**15**	**34,5**
Material		Cobre	Cobre
Calibre	kcmil	1000	500
Sección	mm²	507	253
Diámetro antes de comprimir o compactar	mm	29,25	20,65
No. alambres cobre		61	37
Peso unitario	kg/km	4590	2300

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

Resistencia máxima D.C., 20 ºC	W/km	0,0347	0,0694
Pantalla sobre el conductor			
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
Aislamiento			
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
Pantalla sobre el aislamiento			
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
Pantalla metálica			
Material		Cobre	Cobre
Tipo		Conductor concéntrico en hilos	Conductor concéntrico en hilos
No. de hilos		32	26
Diámetro hilos	mm	2.59	2.05
Chaqueta			
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 semiconductora 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 semiconductora del aislamiento se deberá marcar como tal.

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

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

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

Tabla No. 3
Requisitos de la pantalla sobre el aislamiento

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

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

de negro de humo o rellenos minerales. El polietileno vulcanizado de cadena cruzada será aplicado al conductor simultaneamente 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 ºC bajo condiciones normales de operación, 130 ºC en condiciones de emergencia , y 250 ºC 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

Requisistos físicos	**Valores**
Constante resistencia aislamiento 15,6 ºC (MW-km)	6100
Requisitos sin envejecimiento	
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 ºC ± 1 ºC	
Resistencia mínima a la tracción (% del valor no envejecido)	75
Elongación mínima a la rotura (% del valor no envejecido)	75
Deformación en caliente	
Elongación máxima (%)	175
Contracción máxima (%)	10

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

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 semiconductora 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

Requisistos físicos	**Valores**
Requisitos sin envejecimiento	
Resistencia mínima a la tracción (MPa)	10,3
Elongación mínima a la rotura (%)	100

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

Requisitos de envejecimiento después de someter la probeta en horno de aire por 120 horas a 100 ºC	
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 ºC ± 1 ºC	
Resistencia mínima a la tracción (% del valor no envejecido)	80
Elongación mínima a la rotura (% del valor no envejecido)	60
Deformación térmica a 121 ºC	
Deformación térmica máxima (% del valor no envejecido)	50
Choque térmico, 121 ºC ± 1 ºC	sin grietas
Doblado en frío, -35 ºC ± 1 ºC	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.

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

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 fírmemente 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:

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

- 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	**Conductor de fase**			
a	Material		Cobre	
b	Calibre	kcmil	1000	
c	Sección	mm²	507	
d	Diámetro	mm	29,25	
e	No. alambres cobre		61x3,25	
f	Peso unitario	kg/km	4590	
g	Resistencia máxima D.C., 20 ºC	W/km	0,0347	
5	**Pantalla sobre el conductor**			
a	Material		Semiconductor de P.E. termoestable extruído	
b	Espesor pantalla			
c	- Promedio mínimo	mm	0,38	
d	- Mínimo en un punto	mm	0,31	
6	**Aislamiento**			
a	Material		TRXPLE	
b	Nivel de aislamiento	%	100	
c	Espesor promedio mínimo			

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

d	- Cable de 15 kV	mm	4,45	
e	Espesor mínimo en un punto			
f	- Cable de 15 kV	mm	4,01	
7	**Pantalla sobre el aislamiento**			
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	
8	**Pantalla metálica**			
a	Material		Cobre	
b	Tipo		Conductor concéntrico en hilos	
c	No. de hilos		32	
d	Diámetro hilos	mm	2.59	
9	**Chaqueta**			
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			
4	**Conductor de fase**			
a	Material		Cobre	
b	Calibre	Kcmil	500	
c	Sección	mm²	253	
d	Diámetro	mm	20,65	

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

e	No. alambres cobre		37x2,95	
f	Peso unitario	kg/km	2300	
g	Resistencia máxima D.C., 20 ºC	W/km	0,0694	
5	**Pantalla sobre el conductor**			
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	
6	**Aislamiento**			
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	
7	**Pantalla sobre el aislamiento**			
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	
8	**Pantalla metálica**			
a	Material		Cobre	
b	Tipo		Conductor concéntrico en hilos	
c	No. de hilos		26	
d	Diámetro hilos	mm	2,05	
9	**Chaqueta**			
a	Material		PVC	
b	Espesor promedio mínimo	mm	2,03	
c	Espesor mínimo en un punto	mm	1,63	
d	Color		Negro	
	CALIFICACIÓN			

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.

-Estos documentos tienen derechos de autor. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ENEL. Artículo 29 del Decreto 460 de 1995.