Generalidades. Normas de construcción redes aéreas rurales de distribución

NORMA TÉCNICA

Revisión #:	Entrada en vigencia:
LAR Generalidades	10 Noviembre 2003

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

-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.

2.1.1 Aplicación y Uso de las Normas

Estas normas se aplican al Sistema de Subtransmisión y Distribución Rural para las zonas atendidas por Enel Colombia S.A. ESP. La Empresa en su sistema de Subtransmisión y Distribución, atiende algunas zonas rurales de los Departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Tolima.

Se define como líneas de electrificación rural aquellas destinadas a distribuir energía fuera de los perímetros urbanos.

La construcción de líneas en el casco urbano de los municipios atendidos por la Subgerencia Regional Cundinamarca, sigue las mismas Normas de construcción Líneas aéreas urbanas Tomo I y Cables Subterráneos Tomo III establecidas para el Distrito Capital de Santa Fé de Bogotá.

En las vías clasificadas por el Departamento Administrativo de planeación Distrital (DAPD) como vías V_0 V_1 y V_2 así como en las urbanizaciones de estratos 4, 5 y 6 definidos por el decreto 1192 del 22 de Diciembre de 1997, en zonas históricas y en general en aquellos sitios donde la conformación de redes aéreas no estén de acuerdo con las normas establecidas, no se permite el montaje en postes de transformadores de ninguna capacidad, ni la construcción de redes aéreas; en estos casos deben construirse redes subterráneas.

Las normas deben ser cumplidas por Ingenieros Electricistas, firmas de Ingenieros Electricistas, técnicos electricistas y por el personal de cuadrillas de construcción o mantenimiento de redes autorizadas por la Empresa .

Esta Norma establece la utilización mecánica, eléctrica y normalización de tipos y configuraciones de estructuras aéreas de los Circuitos Primarios y Circuitos Secundarios de la zona rural.

2.1.2 Revisión y Aprobación de las Normas

El proceso de elaboración y actualización de las presentes normas de Enel Colombia S.A. ESP, es realizado a través del comité de Aplicación de Normas de Construcción, conformado por ingenieros de las áreas operativa y técnica, el cual es coordinado por el Departamento de Normas Técnicas y la Subgerencia Regional Cundinamarca.

Una vez estudiada, discutida y aceptada la modificación de una norma o la propuesta de una nueva norma por parte de las áreas involucradas, es presentada por la Subgerencia Regional Cundinamarca para la consideración y revisión del comité técnico y de su posterior aprobación por la Gerencia de Distribución.

-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.

2.1.3 Zona de Influencia

La Subgerencia Regional Cundinamarca atiende la zona rural de Enel Colombia S.A. ESP, mediante tres zonas: Norte, Centro y Occidente.

ÁREA DE DISTRIBUCIÓN RURAL ZONA NORTE	
SEDE DE LA ZONA : UBATÉ	
SUBZONA	**MUNICIPIOS**
Ubaté	Ubaté
	Cármen de Carupa
	Tausa
	Sutatausa
	Cucunubá
	Lenguazaque
	Guachetá
	Fúquene
	Simijaca (Boyacá)
	Susa
	San Miguel de Sema
	Chiquinquirá (Boyacá)
	Ráquira (Boyacá)
Noreste	Suesca
	Sesquilé
	Gachancipá
	Chocontá
	Villapinzón
	Guatavita
	Guasca
	Ubalá
	Mámbita
Pacho	Pacho
	Paime
	San Cayetano
	Villagomez

-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.

ÁREA DE DISTRIBUCIÓN RURAL ZONA CENTRO	
SEDE DE LA ZONA : LA VEGA	
SUBZONA	**MUNICIPIOS**
La Vega	La Vega
	Nimaima
	Nocaima
	San Francisco
	Supatá
	Vergara
Villeta	Guáduas
	Guayabal
	Sasaima
	Quebradanegra
	Villeta
	Útica
La Palma	La Palma
	Yacopí
	Caparrapí
	El Peñón
	Topaipí
	La Peña

ÁREA DE DISTRIBUCIÓN RURAL ZONA OCCIDENTE	
SEDE DE LA ZONA : FUSAGASUGÁ	
SUBZONA	**MUNICIPIOS**

-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.

Tequendama	Mesitas del Colegio
	Viotá
	Apulo
	Anapoima
	San Antonio del
	Tequendama
	Tocaima
	Agua de Dios
	Nilo
Anolaima	Anolaima
	Anapoima
	Quipile
	Pulí
	Jerusalén
	La Mesa
	Tena
	Cachipay
	San Juan del Rioseco
	Chaguaní
	Beltrán
	Viani
	Zipacón

-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.

Sumapaz	Fusagasugá
	Silvania
	Tibacuy
	Nilo
	Pasca
	Arbelaez
	Pandi
	San Bernardo
	Venecia
	Localidad 20 de Usme
	Sector La Unión
	Localidad 5 de Usme
	Santa Rosa
	Cabrera
	Mundo Nuevo (Tolima)

2.1.4 Consideraciones Preliminares

El diseño de redes rurales de 34,5 kV , 13,2 y 11,4 kV debe hacerse con base en el levantamiento topográfico de la ruta.

2.1.4.1 Parámetros Físicos y Geográficos.

Zona fría: Zonas con altura igual o mayor de 1 400 msnm.
Zona caliente: Zonas con altura menor de 1 400 msnm.

	Zona Fría	**Zona Caliente**
Temperaturas promedio ambiente º C	13	23
Temperatura mínima ambiente º C	–8	7
Temperatura máxima del conductor ºC	60	75

-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.

Viento máximo (km/h)	100	100
Viento promedio (km/h)	60	60

2.1.4.2 Parámetros eléctricos

• Configuración de la red

La topología general del Sistema Eléctrico de la Zona Rural de Enel Colombia S.A. ESP, está conformada por subestaciones AT – MT de las siguientes relaciones de transformación: 230-34,5 kV , 115-34,5 kV , 115-11,4 kV, 115-34,5-11,4,kV , 34,5-13,2 kV , 34,5-11,4 kV .

Las líneas de subtransmisión son a 34,5 kV y los alimentadores a 13,2 kV , 11,4 kV , 7,6 y 6,6 kV. La distribución primaria se hace en configuración radial vertebrada, que consiste en un alimentador principal trifásico de donde se derivan en forma radial ramales trifásicos o monofásicos dependiendo de la carga y la distancia. Cuando se utilicen las tensiones de 7,6 y 6,6 kV deberán ser de dos hilos fase y neutro, con éste último llevado desde la subestación .

Los transformadores trifásicos tienen relaciones 11 400 V ó 13 200 V – 208/120 V y los bifásicos13 200 V ó 11 400 V ó 7 600 ó 6 600 – 240/120 V .

Límites de carga y regulación

CARGA	BAJA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN	SUBTRANSMISIÓN
Carga	25 kVA	4 MVA	12 MVA
Regulación de Tensión	7 % a partir del transf. De distribución.	5 % a partir de la subestación de Subtransmisión	3%

En los programas veredales, las redes son monofásicas y la máxima capacidad de los transformadores monofásicos es de 25 kVA ; pero también se podrán instalar líneas trifásicas y transformadores de mayor capacidad para cargas de servicio dedicado.

• Características de los conductores

Todos las líneas aéreas deben ser en conductor de aluminio AAAC. Sin embargo dentro del sistema se

-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.

encuentran instalados conductores ACSR los cuales se mencionan y se indican sus características. Los calibres utilizados normalizados y existentes son los siguientes:

Líneas a 34,5 kV-13,2 kV-11,4 kV-7,6 kV y 6,6 kV			
AAAC (IEC)		ACSR (ASTM)	
Área Nominal	Área Real	Designación AWG	Área Real
125 mm^2	145 mm^2	266,8 kcmil	142,59 mm^2
100 mm^2	116 mm^2	4/0 AWG	125,10 mm^2
		2/0 AWG	78,75 mm^2
63 mm^2	73,2 mm^2	1/0 AWG	62,39 mm^2
40 mm^2	46,5 mm^2	2 AWG	39,23 mm^2

El neutro para líneas trifásicas de Media Tensión se dimensiona con un calibre inferior al de las fases utilizándose los siguientes: 4/0, 2/0, 1/0, 2 y 4 AWG ó 100, 63 y 40 mm^2

En la tabla No. 1 se indica las características mecánicas, eléctricas de los conductores utilizados para el sistema rural.

TABLA NO. 2: CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS CONDUCTORES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO-AAAC SEGÚN IEC

Calibre Nominal	Área mm^2	No. Hilos	Diámetro		Peso unit. kg/m	Carga de rotura kN	Resistencia DC a 20°C Ohmios/km	Capacidad máxima (A) (1)
			Hilos (mm)	Conductor (mm)				
40	46.5	7	2.91	8.72	127.1	15.1	0.7158	213
63	73.2	7	3.65	10.9	200.2	23.06	0.4545	282
100	116	19	2.79	14	319.9	37.76	0.2877	379
125	145	19	3.12	15.6	399.2	47.2	0.2302	436

-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) Determinada para una temperatura del conductor de 75 °C, temperatura ambiente de 250 °C, velocidad del viento de 0,61 m/s.

• **Características de los circuitos rurales**

Las líneas principales de 34,5 kV deben construirse en calibres AAAC 125 mm ^{2} y 100 mm ^{2}, los existentes se encuentran construidos en ACSR 266,8 kcmil y No 4/0 AWG; en ramales pueden utilizarse calibres AAAC 63 mm ^{2} y 40 mm ^{2} y los existentes se encuentran construidos en No 2 AWG hasta No 2/0 AWG, dependiendo del diseño aprobado por Enel Colombia.

Las Líneas principales de 13,2 kV y 11,4 kV deben construirse en calibres AAAC 125 mm ^{2} y 100 mm ^{2}, los existentes se encuentran construidos en ACSR calibre No 2/0, 4/0 y 266.8 AWG; los ramales pueden construirse en calibres AAAC 63 mm ^{2} y 40 mm ^{2} y los existentes se encuentran construidos en No 2 AWG hasta No 2/0 AWG de acuerdo con el diseño aprobado por Enel Colombia S.A. ESP.

Los ramales deben conectarse al circuito principal mediante cortacircuitos con fusible, seleccionados de acuerdo con la capacidad de los transformadores alimentados por el ramal.

Las derivaciones de las líneas deben realizarse a través de conectores separables (tipo cuña).

En todas las líneas de 34,5 kV , 13,2 kV y 11,4 kV , donde se tengan estructuras en suspensión con cadena de aisladores, se deben utilizar preformados para blindaje de cable .

El sistema monofásico trifilar de B.T. podrá utilizar la siguiente combinación de conductores para las fases y el neutro:

FASES		**NEUTRO**	
AAAC	**ACSR**	**AAAC**	**ACSR**
mm ^{2}	**AWG**	**mm ^{2}**	**AWG**
	2/0		
63	1/0		1/0
40	2	40	2
	4		4

En sistema monofásico bifilar el neutro es el mismo calibre de la fase .

-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.

En las líneas de M.T. tetrafilares con cable de guarda, este sería el mismo conductor neutro y se localizará en la parte superior de la estructura.

En las líneas de 34,5 kV con cable de guarda, éste se debe aterrizar en todas las estructuras. En circuitos trifásicos tetrafilares de 13,2 kV ó 11,4 kV , donde utilizan el cable de guarda como conductor del neutro y que sean alimentadores principales, se debe aterrizar el cable de guarda una estructura de por medio.

En caso de circuitos trifásicos y monofásicos de media tensión que se deriven de una línea principal y que tengan cable de guarda se colocará una puesta a tierra cada 500 m de línea y otra por cada fracción, quedando incluida la puesta a tierra de los transformadores. Una vez aterrizada la línea se deberán efectuar mediciones para verificar la resistencia de puesta de tierra de acuerdo con la norma LA400.

En la norma LAR195 - LAR196 se muestra la instalación de los amortiguadores en las líneas de electrificación rural y se indican las distancias de instalación y el número de elementos de acuerdo al vano .

Dentro del diseño de las líneas de distribución se deberá tener en cuenta el aislamiento contra los fenómenos atmosféricos para obtener un buen comportamiento de las líneas. La confiabilidad de las líneas contra descargas atmosféricas debe ser:

- Líneas de 34,5 kV 15 salidas/100 km-año.
- Líneas de 13,2 – 11,4 kV 30 salidas/100 km-año.

Debido a la importancia del apantallamiento natural de las líneas de distribución rural se debe tener en cuenta este efecto sobre su comportamiento, por lo cual se definen cuatro categorías para tener en cuenta en la utilización de las estructuras:

TIPO A: Áreas completamente apantalladas y topografía que favorezca al apantallamiento de la línea.

TIPO B: Áreas apantalladas sin protección completa (topografía ondulada)

TIPO C: Áreas abiertas con poco apantallamiento y topografía plana (cultivos bajos).

TIPO D: Áreas sin ningún apantallamiento natural.

Las estructuras sin anotaciones en su utilización sobre aspectos de aislamiento no tienen limitación en lo referente a aislamiento.

• **Cable para templetes**

El cable para templetes debe ser de acero galvanizado grado extra- alta resistencia de 3/8". Este cable también será usado como cable de guarda en los lugares donde el diseño lo requiera.

-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.

• **Características de los transformadores**

Las potencias normalizadas por la Empresa para los transformadores de Distribución Rural son las siguientes:

a) Trifásicos 13,2 ó 11,4 kV – 208/120 V . (Servicio exclusivo).

15 kVA
30 kVA
45 kVA
75 kVA

b) Monofásicos 13,2 ó 11,4 ó 7,6 kV ó 6,6 kV – 240/120 V

5 kVA
10 kVA
15 kVA
25 kVA

El mantenimiento de los transformadores se hará de acuerdo con la propiedad del activo de conexión, lo anterior se hará extensivo a las líneas de Media Tensión de servicio exclusivo que alimenta dichos transformadores.

Todas las líneas y redes entregadas a Enel Colombia deberán tener legalizada la servidumbre.

Todos los permisos requeridos para la ejecución de un proyecto serán tramitados por el interesado.

Terminada la obra de ejecución de un proyecto, se deberá entregar a Enel Colombia los planos finales de construcción, indicando en ellos la disposición final de las redes.

2.1.4.3 Aceptación de Materiales y Equipos

Los materiales y equipos suministrados por particulares o firmas contratistas para ser instalados en el

-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.

sistema de Enel Colombia S. A E.S.P deben ser nuevos y cumplir con las Normas ICONTEC o internacionales, con las especificaciones técnicas exigidas por Enel Colombia S.A E.S.P.

Todos los materiales deben tener el nombre del fabricante o la marca de fábrica y las instrucciones mínimas que permitan su correcta utilización. Siempre se deberá acreditar la procedencia de los materiales a instalar.

Además de lo anterior, únicamente se admiten los materiales o equipos que estén acreditados por el ente autorizado por la Superintendencia de Industria y Comercio. Por ello, se recomienda a los ingenieros o a las firmas constructoras que soliciten información y verifiquen al fabricante o a Enel Colombia S.A. sobre los equipos antes de adquirir o iniciar los trabajos de construcción.

2.1.5 Selección de Estructuras

Las estructuras normalizadas por Enel Colombia para las redes de subtransmisión y distribución rural, se encuentran en la sección 2.2.1 para 34,5 kV , y en la sección 2.2.2 para 13,2 kV - 11,4kV .

La selección de estructuras se debe realizar de acuerdo con el perfil del terreno y las curvas de utilización que tiene cada estructura. Se pueden encontrar situaciones en que es viable mecánica y eléctricamente el uso de más de una estructura, en estos casos se debe optar por el tipo de construcción más económico.

2.1.5.1 Tipos de estructuras

a. Estructuras de Alineamiento

Estas estructuras se usan en tramos rectos con ángulos de deflexión muy pequeños (Ver curvas de utilización en cada estructura). No se pueden usar con vanos pesos negativos. En este tipo de estructura se utiliza aislador de pin o cadena de aisladores de suspensión.

Se procurará utilizar estructuras con aislador de pin, siempre que la resistencia mecánica de los porta-aisladores lo permita. En el caso que la relación entre vanos sea mayor de 2,5 se utilizará la cadena de aisladores de suspensión. Cuando el ángulo de balanceo de la cadena de aisladores, sobrepase el ángulo permitido por separación eléctrica, se debe utilizar estructura de retención.

b. Estructura de Ángulo

Las estructuras en ángulo se utilizan cuando tiene ángulos de deflexión mayores a los permitidos para las estructuras de alineamiento (Ver curvas de utilización de cada estructura). Estas estructuras están configuradas con dos aisladores de pin por fase , pero cuando la relación entre vanos adyacentes es mayor de 2,5 se debe usar cadena de aisladores de suspensión. Cuando el ángulo de balanceo de la cadena de aisladores, sobrepase el ángulo permitido por separación eléctrica, se debe utilizar estructura de retención.

-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.

c. Estructura de Retención

Estas estructuras se utilizan en alineamientos y ángulos, (Ver notas de utilización de cada estructura) cuando las cargas transversales sobrepasen los valores establecidos en la utilización de las estructuras de alineamiento o estructuras en ángulo (relación de vanos adyacentes), cuando la estructura queda en tiro vertical (vano peso negativo), y cuando necesita dar un aislamiento mecánico para el tendido del conductor o para seguridad de la línea.

Desde el punto de vista mecánico, se recomienda tener estructuras de retención en tramos rectos no mayores de 1 500 m , también se debe tener estructuras de retención para el seccionamiento eléctrico y en los casos que el proyectista o la parte operativa lo juzguen conveniente.

d. Estructura Terminal

Estas estructuras se utilizan al comienzo y al final de los circuitos o en las derivaciones.

Los vanos entre el pórtico de la subestación o la estructura de derivación en el circuito principal y la estructura terminal, deben ser cortos y destensionados, en forma tal que sobre la estructura del circuito principal o el pórtico de la subestación , sean mínimos los esfuerzos aplicados y que no se excedan los límites de las respectivas utilizaciones mecánicas.

2.1.5.2 Configuración de Estructuras

a. Estructuras de un Poste

Son estructuras compactas y económicas. Se recomienda su uso en terrenos planos o ligeramente ondulados. En las zonas urbanas se utilizan estructuras en un solo poste con configuración tangencial, bandera o semibandera. (Ver tomo I Normas de construcción líneas aéreas urbanas de distribución).

En las zonas rurales, se tienen estructuras de un solo poste con configuración tangencial, que aunque son económicas, su uso es restringido por razones mecánicas y por acercamiento entre los conductores. Estas Normas contemplan la configuración con un aislador de pin, doble pin, y en retención doble.

Las estructuras de un solo poste con configuración triangular en poste de concreto, presentan problemas de aumento de salidas por descargas atmosféricas, debido a la colocación del porta-aislador central directamente sobre el poste.

En un solo poste también se utiliza la estructura vertical para ángulos de deflexión fuertes ó estructura terminal. Esta estructura con poste de concreto también presenta un alto número de salidas por descargas atmosféricas, pero como es de poco uso, el efecto sobre el comportamiento general de la línea es poco significativo.

b. Estructuras en H

-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.

Este tipo de estructura es el más apropiado para terrenos quebrados. Las estructuras en H pueden ser de disposición horizontal ó disposición triangular. La disposición horizontal aunque tiene una utilización menor que la estructura en H con disposición

triangular ofrece la ventaja de ser un poco más económica y la de poder llevar circuito sencillo o doble. Estas Normas contemplan las estructuras en H con aislador de pin, doble pin, suspensión, retención y terminal.

c. Estructuras en Tres Postes

Son estructuras de retención especial para terrenos muy quebrados con grandes vanos.

-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.