Centros de Excelencia Técnica
Unidad CET Normalización y Laboratorios

NORMA DE CONSTRUCCIÓN **NC - RA1 - 535**

Estructura en Hache configuración retención con cruceta de 2400 mm y 4500 mm para red aérea nivel de tensión 44 kV, 34.5 kV y 33 kV

Control de cambios						
Versión [1]	**Revisión [2]**	**Fecha**	**Naturaleza del cambio**	**Elaboró**	**Revisó**	**Aprobó**
1	0	2023-01-13	Creación	CET [1]	Jefe Unidad CET NyL [2]	Gerente CET [3]
EPM CET NyL: Johan Sebastian Higuita Higuita, Gabriel Jaime Romero Choperena [1]; Área Proyectos CHEC – CET: José Narces Orozco Galeano [1]; Área Proyectos ESSA – CET: Fredy Antonio Pico Sanchez [1]; Área Gestión Operativa EDEQ – CET: Orlando Iván Ramírez Morales [1]; Área Proyectos CENS – CET: Laura Burgos Graterón [1]; Ramón Héctor Ortiz Tamayo [2;] Luis Fernando Aristizábal Gil [3] D0323010017009						

[1] La versión es un estado documental que corresponde a cambios de fondo en el contenido de la norma.
[2] La revisión es un estado documental que obedece a cambios de forma y no sustanciales en el contenido de la norma. Se podrán tener varias revisiones para una única versión.

El uso de este documento es gratuito. No obstante, se prohíbe su reproducción y/o alteración total o parcial sin la autorización expresa de las empresas del Grupo EPM. Cualquier uso y/o aplicación de los documentos o su contenido es responsabilidad exclusiva de quien la efectúa.

Contenido

1. ALCANCE 4
2. GENERALIDADES 4
3. MODELO 6
4. MATERIALES 8
5. TENSIONADO DEL CONDUCTOR 9
6. CURVAS DE UTILIZACIÓN 10
7. PUNTOS DE DISEÑO ESTRUCTURA DE AMARRE 12
8. NOTAS GENERALES 12

ANEXO I. PUNTOS PARA CURVAS DE UTILIZACIÓN POR CONDUCTOR 14

Grupo epm®

Lista de tablas

Tabla 1. *Calibres de conductores para redes a 44 kV, 34.5 kV y 33 kV.* 5
Tabla 2. *Materiales y cantidades para cada opción de montaje* 8
Tabla 3. *Materiales opcionales* 9
Tabla 4. *Vano peso para la opción de montaje c* 11
Tabla 5. *Vano peso para la opción de montaje d* 11
Tabla 6. *Características para construcción de estructura de amarre: montaje a con viento y sin bayoneta* 12
Tabla 7. *Características para construcción de estructura de amarre: montaje b con viento y con bayoneta* 12
Tabla 8. *Curvas de utilización por conductor montaje a* 14
Tabla 9. *Curvas de utilización por conductor montaje b* 14

Lista de figuras

Figura 1. *Vista isométrica* 6
Figura 2. *Vista frontal* 7
Figura 3. *Vista en planta* 8
Figura 4. *Curva de utilización para opción de montaje a: con retenida y sin bayoneta* 10
Figura 5. *Curva de utilización para opción de montaje b: con retenida y con bayoneta para soportar el cable de guarda/neutro* 11

1. Alcance

Esta norma tiene como propósito establecer los requisitos técnicos para el diseño, construcción y mantenimiento de redes aéreas de distribución de energía eléctrica con niveles de tensión a 44 kV, 34.5 kV y 33 kV con estructuras en Hache configuración retención, teniendo en cuenta las condiciones límites resultantes del análisis electromecánico de las estructuras. Los requisitos técnicos de esta norma aplican para el sistema de distribución de energía eléctrica de las empresas del Grupo EPM.

En el Anexo I del documento se presenta información complementaria sobre las curvas de utilización de la estructura.

2. Generalidades

La presente norma se sustenta teóricamente en el documento GM-12 Guía metodológica: cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción Grupo EPM y sus anexos. Es aplicable a todas las condiciones climáticas y meteorológicas encontradas en las áreas de influencia del Grupo EPM en Colombia. La norma ha sido elaborada con base en las condiciones de clima cálido, altitudes hasta 1000 msnm y velocidad de viento máxima de 100 km/hora, siendo estas las condiciones más desfavorables para el diseño de las estructuras. No obstante, no limita al diseñador de la red para evaluar otras condiciones particulares por medio de la metodología definida en el documento GM-12.

La estructura se evalúa en condición normal como hipótesis de carga (conductores y cable de guarda sanos en condición de viento máximo). también se podrá usar como estructura de amarre, evaluada en condición anormal (uno de los conductores rotos), la estructura de amarre definida solo cumple para los casos de conductores rotos, no para rotura de cable de guarda.

El análisis mecánico de los postes considera un 10% adicional sobre la capacidad de estos, para tener en cuenta la instalación de infraestructura de telecomunicaciones.

El análisis electromecánico emplea poste de concreto de 14 m y 1050 kgf monolítico; no obstante, podrán ser empleados postes de igual longitud y capacidad de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o metálico (acero).
Cuando se requiera cumplir con distancias verticales de seguridad en zonas de cultivo o arborizadas, se podrá implementar el uso de postes de mayor longitud (16 m y 18 m) conservando como mínimo la capacidad mecánica definida.

En esta norma se implementa con una cadena de 5 aisladores tipo suspensión en porcelana 48 kV 10 3/4" ANSI C29.2 clase 52-4, tipo clevis. Podrán emplearse, también, aisladores de vidrio de la misma

clase. Esta cadena también responde a los requerimientos en zonas de contaminación fuerte (IV), muy fuerte (V) o costera y zonas de alta densidad de descargas atmosféricas (DDT).
El máximo ángulo de balanceo permitido para la red de media tensión en condiciones de viento máximo es de 56°.

Los conductores utilizados en la verificación de esta norma son tipo ACSR (Conductor de aluminio con refuerzo de acero) y sus equivalentes tipo AAAC (Conductor de aleación de aluminio), los calibres utilizados son:

Tabla 1. *Calibres de conductores para redes a 44 kV, 34.5 kV y 33 kV.*

ACSR	AAAC
2/0 AWG (Quail)	155.4 kcmil (Anaheim)
4/0 AWG (Penguin)	246.9 kcmil (Alliance)
266.8 kcmil (Waxwing)	312.8 kcmil (Butte)
336.4 kcmil (Linnet)	394.5 kcmil (Canton)

En los montajes con bayoneta se utilizará cable de acero recubierto de aluminio 7x8 AWG como cable de guarda. Como cable neutro se utiliza 2/0 ACSR (GA o AW).

La norma técnica RA8-022 describe en detalle las acciones que se deben ejecutar sobre las redes de distribución de energía que se ubican en zonas especiales.

La estructura debe estar acompañada de un sistema de puesta a tierra, de acuerdo con los requisitos de la norma RA6-010 “Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica”. En todo caso, las redes con neutro corrido o cable de guarda deben estar puestas a tierra sólidamente cada 3 apoyos y, en las estructuras terminales.

Los vientos o retenidas se deben construir de acuerdo con los detalles de instalación y materiales que se describen en la norma técnica RA6-001 “Instalación de vientos o retenidas”

Durante la implementación de esta estructura se debe tener en cuenta la constitución o definición de la zona de servidumbre de acuerdo con la norma técnica RA6-040 Distancias de seguridad y servidumbres en redes de distribución.

Cuando sea necesario realizar un cambio en alguno de los criterios o variables consideradas, el diseñador o constructor deberá remitirse al documento GM-12 Guía metodológica: cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción Grupo EPM y sus anexos.

3. Modelo

Figura 1. *Vista isométrica*

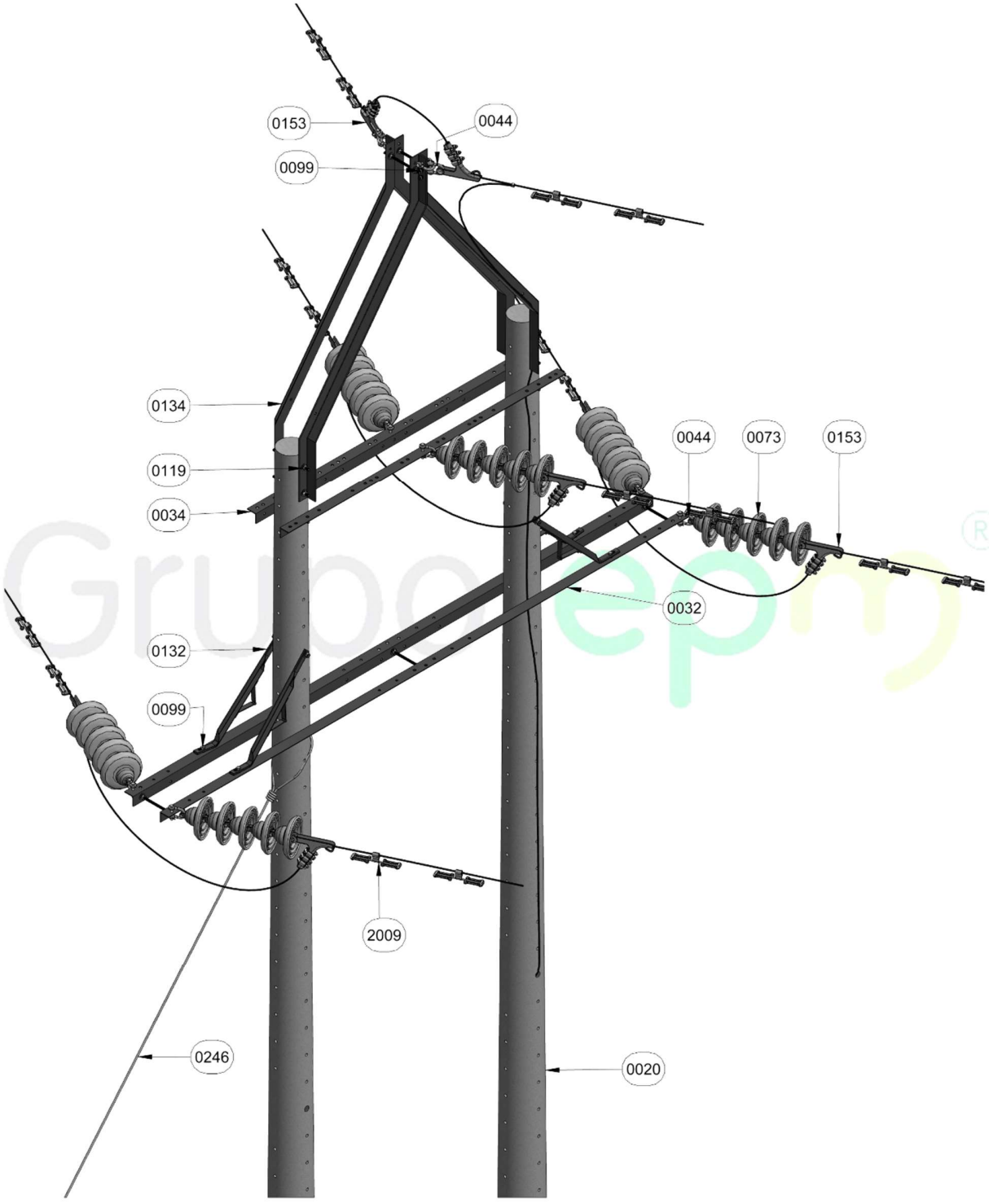


Figura 2. *Vista frontal*

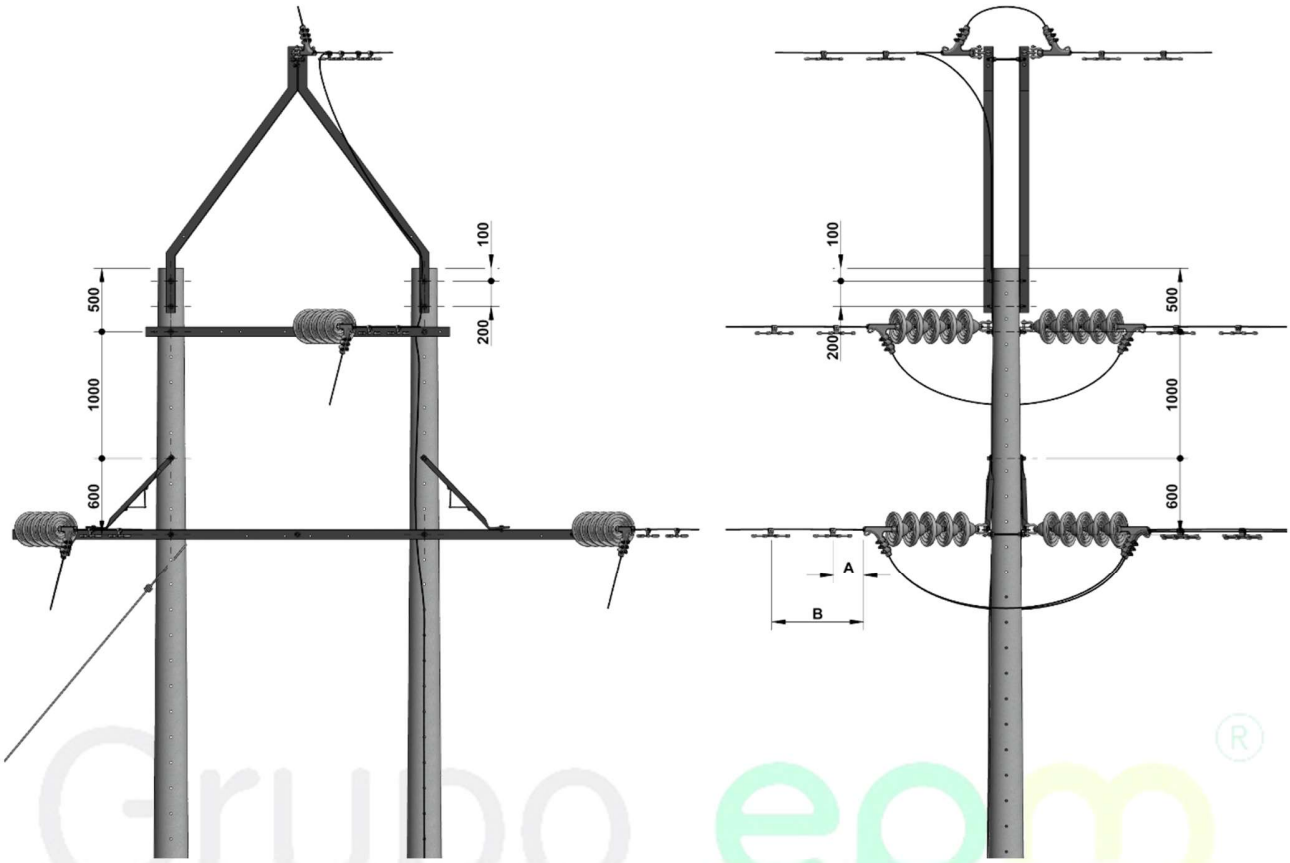
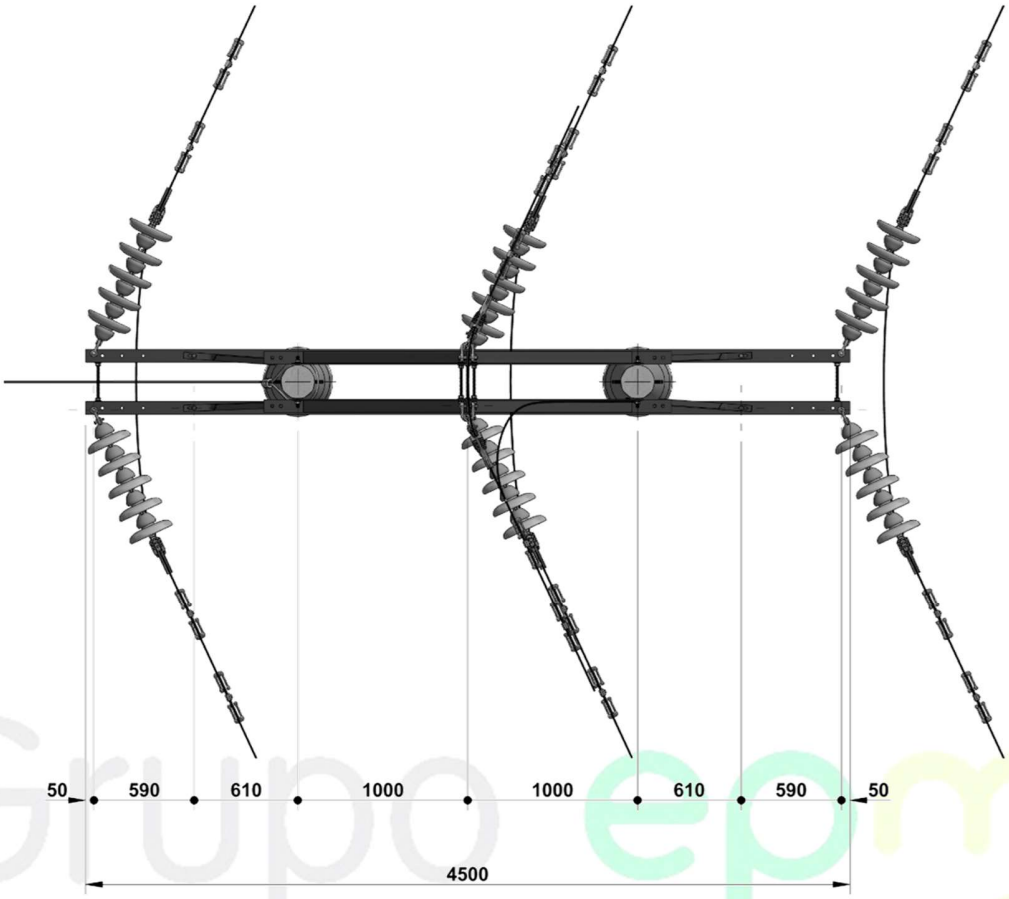


Figura 3. *Vista en planta*



4. Materiales

Tabla 2. *Materiales y cantidades para cada opción de montaje*

Código id.	Descripción técnica	Referencia	Código JDE	Cantidad por montaje			
				a	b	c	d
0020[(1)] (ver tabla 3)	Poste de concreto de 14 m y 1050 kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200023	2	2		
0032	Cruceta metálica 4500 mm 3´´ x 3´´ x ¼´´	ET-TD-ME03-02	217212	2	2		
0034	Cruceta metálica 2400 mm 3´´ x 3´´ x ¼´´	ET-TD-ME03-02	211275	2	2		
0044	Eslabón en U 5/8´´ forjado galvanizado	ET-TD-ME03-11	211318	6	10		
0073 (ver tabla 3)	Aislador suspensión porcelana 48 kV 10 ¾´´ ANSI C29.2 clase 52-4 clevis-lengüeta	ET-TD-ME02-01	200147	30	30		
0099	Tornillo de máquina cabeza hexagonal acero galvanizado 5/8´´ x 1 ½´´	ET-TD-ME03-17	211438	4	8		
0119	Esparrago 5/8´´ x 12´´	ET-TD-ME03-19	211392	9	15		
0132	Diagonal metálica recta 1 ½´´ x 1 ½´´ x 3/16´´ 1200 mm	ET-TD-ME03-04	222317	4	4		
0134	Bayoneta metálica riostra 3´´ x 3´´ ¼´´ separación 2000 mm	ET-TD-ME03-02	211301		2		

Código id.	Descripción técnica	Referencia	Código JDE	Cantidad por montaje			
				a	b	c	d
0153 (ver tabla 3)	Grapa de retención aluminio tipo pistola 2/0 AWG-266.8 kcmil	ET-TD-ME03-22	213341	6	8		
0246[(2)]	Viento convencional a suelo o poste auxiliar cable de acero extra resistente diámetro 3/8´´ poste 14 m	RA6-001	-	1	1		
2009[(3)]	Amortiguador stockbridge aluminio 1/0 AWG a 477 kcmil con grapa de sujeción	ET-TD-ME03-55	-				
[(4)(5)]	Cable AAAC monopolar cubierto XLPE/HDPE 15kV 90°C	ET-TD-ME01-05	-	6	6		

Notas:

(1) Consultar en la tabla de materiales opcionales o en su defecto, en el listado de artículos y agrupadores el número de artículo del poste requerido, según el material y características.
(2) Los componentes y cantidades asociadas a la instalación de los vientos se detallan en la norma RA6-001: Instalación de vientos.
(3) La cantidad de amortiguadores y su ubicación debe ser definida de acuerdo con la longitud del vano, el diámetro del conductor y el tipo de terreno, según se indica en la norma RA6-019
(4) Las cantidades para los conductores están expresadas en la unidad de metros
(5) Conductor requerido para los puentes primarios de las fases, el calibre debe corresponder con el conductor de la red.

Opciones de montaje:

a. Con retenida y sin bayoneta
b. Con retenida y con bayoneta para soportar el cable de guarda/neutro
c. Sin retenida y sin bayoneta
d. Sin retenida y con bayoneta para soportar el cable de guarda/neutro

En esta norma también se permitirá el uso de los materiales mostrados en la Tabla 3 como opcionales, de acuerdo con requerimientos particulares para la utilización de la estructura.

Tabla 3. *Materiales opcionales*

Código id.	Descripción técnica	Referencia	Código JDE
0133	Grapa de retención aluminio tipo pistola 4/0AWG a 336.4 kcmil	ET-TD-ME03-22	217324
0020	Poste fibra de vidrio 14 m 1050 kgf monolítico	ET-TD-ME04-02	200066
0020	Poste metálico 14 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	200084
0020	Poste concreto 14 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-01	215641
0020	Poste fibra de vidrio 14 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	215648
0020	poste concreto 16 m 1050 kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200031
0020	poste fibra de vidrio 16 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	215232
0020	poste metálico 16 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	200085
0020	Poste fibra de vidrio 18 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-02	200069
0020	Poste metálico 18 m 1050 kgf seccionado	ET-TD-ME04-03	200086

5. Tensionado del conductor

El cálculo mecánico de los conductores se muestra en el documento GM-12 Guía metodológica: cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción Grupo EPM y se hace para las siguientes condiciones limitantes.

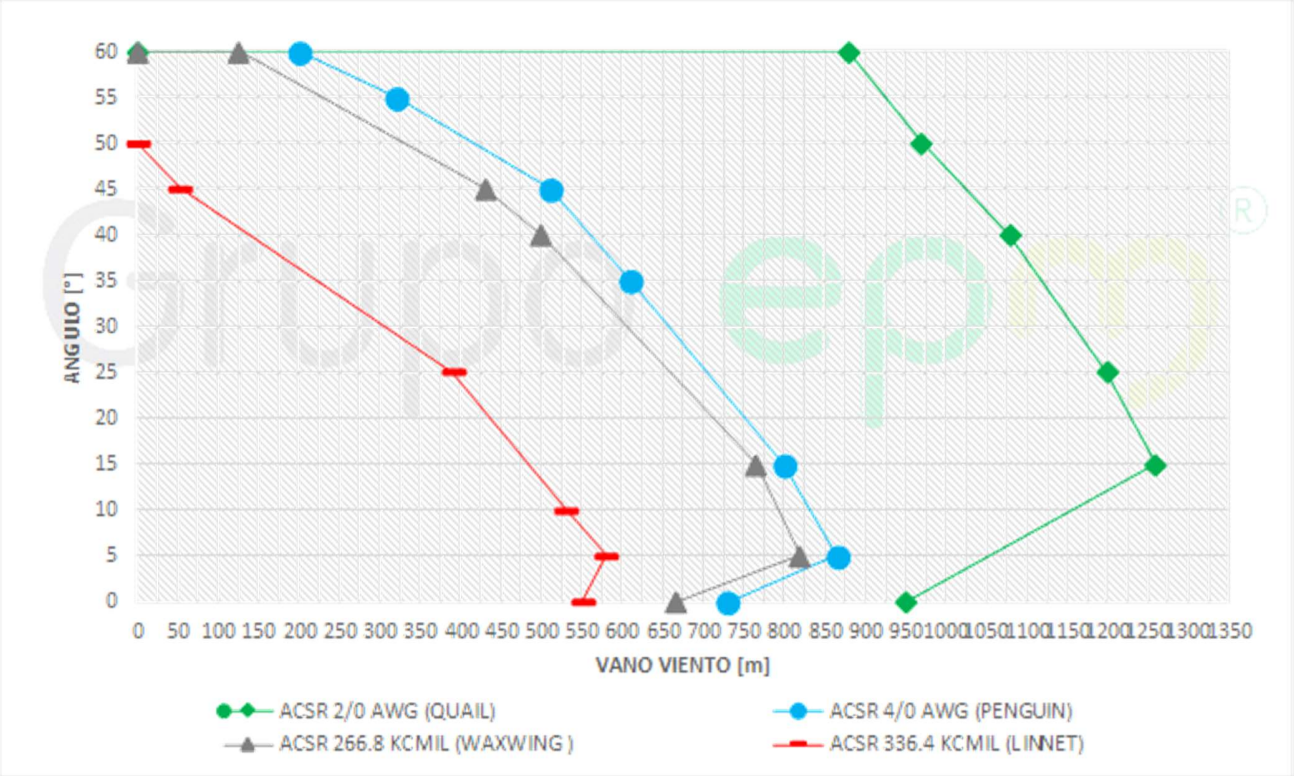
- Hipótesis A. Máxima velocidad del viento (temperatura mínima y viento máximo).

- Hipótesis B. Mínima temperatura (temperatura mínima y sin viento).
- Hipótesis C. Operación Diaria (Tensión diaria promedio, EDS).
- Hipótesis D. Máxima flecha (Temperatura máxima, sin viento).

Los valores de tensión y flecha de los cables a diferentes temperaturas, para su tendido, se encuentran en el documento ANX-12D: Tablas de tendido de los cables desnudos. Mientras que, las condiciones mecánicas limitantes se encuentran en el documento ANX-12B: Tablas de cálculo mecánico de conductores.

6. Curvas de utilización

Figura 4. *Curva de utilización para opción de montaje a: con retenida y sin bayoneta*



Notas:

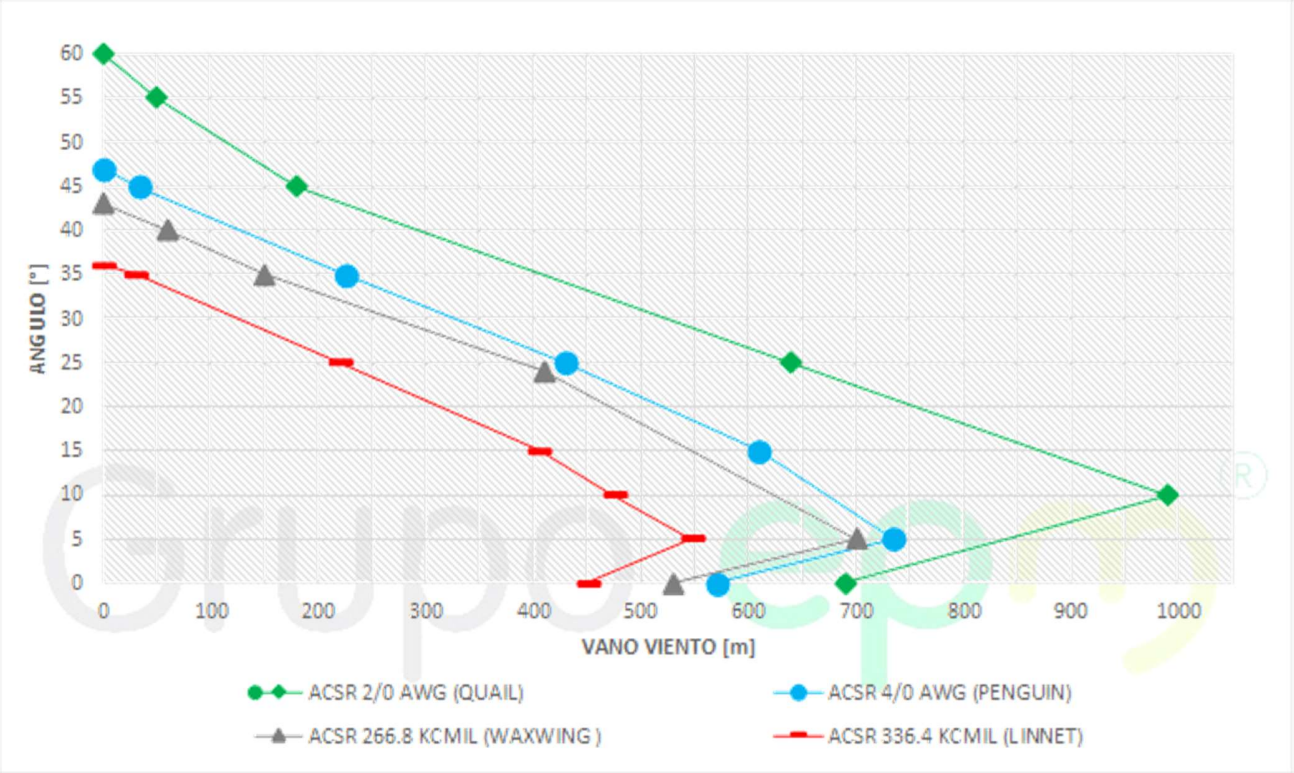
1. La curva de utilización se construyó con base en los parámetros meteorológicos más desfavorable del territorio de alcance del Grupo EPM, es decir clima cálido.
2. La velocidad de viento máxima utilizada para la construcción de la curva es de 100 km/h.
3. Las curvas en la gráfica indican el valor de vano viento máximo en función del ángulo para el rango de conductores verificados. El uso óptimo de la estructura corresponde a los puntos debajo de la curva.
4. El vano viento corresponde al promedio de los vanos adyacentes en la estructura, es decir, se debe tener en cuenta la longitud del vano adelante y del vano atrás.
5. El vano máximo admisible en la estructura limitado por la separación entre conductores es 800 m.
6. El vano máximo admisible en la estructura limitado por flecha para terreno plano es de 160 m.
7. Cuando se requiera mejorar la curva de utilización, se podrán realizar cambios en los elementos de esta estructura, tales como aumentar la capacidad de carga de rotura de los postes, vientos con cable de mayor calibre, entre otros. Estos cambios deben ser validados y justificados por medio de cálculos electromecánicos según la particularidad del caso.

8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es:

Tabla 4. *Vano peso para la opción de montaje c*

CABLE 2/0 AWG [m]	CABLE 4/0 AWG [m]	CABLE 266,8 kcmil [m]	CABLE 336.4 kcmil [m]
1045	803	731.5	605

Figura 5. *Curva de utilización para opción de montaje b: con retenida y con bayoneta para soportar el cable de guarda/neutro*



Notas:

1. La curva de utilización se construyó con base en los parámetros meteorológicos más desfavorable del territorio de alcance del Grupo EPM, es decir clima cálido.
2. La velocidad de viento máxima utilizada para la construcción de la curva es de 100 km/h.
3. Las curvas en la gráfica indican el valor de vano viento máximo en función del ángulo para el rango de conductores verificados. El uso óptimo de la estructura corresponde a los puntos debajo de la curva.
4. El vano viento corresponde al promedio de los vanos adyacentes en la estructura, es decir, se debe tener en cuenta la longitud del vano adelante y del vano atrás.
5. El vano máximo admisible en la estructura limitado por la separación entre conductores es 800 m.
6. El vano máximo admisible en la estructura limitado por flecha para terreno plano es de 160 m.
7. Cuando se requiera mejorar la curva de utilización, se podrán realizar cambios en los elementos de esta estructura, tales como aumentar la capacidad de carga de rotura de los postes, vientos con cable de mayor calibre, instalar viento en la bayoneta, entre otros. Estos cambios deben ser validados y justificados por medio de cálculos electromecánicos según la particularidad del caso.
8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es:

Tabla 5. *Vano peso para la opción de montaje d*

CABLE 2/0 AWG [m]	CABLE 4/0 AWG [m]	CABLE 266,8 kcmil [m]	CABLE 336.4 kcmil [m]
759	627	583	495

7. Puntos de diseño estructura de amarre

Esta estructura se podrá utilizar como estructura de amarre y requiere que se reemplacen algunos elementos de la configuración retención mostrada en las figuras, solo se deben instalar dos vientos en dirección longitudinal a los conductores de fase. El uso de la estructura de amarre está dado para ángulo 0°.

Tabla 6. *Características para construcción de estructura de amarre: montaje a con viento y sin bayoneta*

Conductores		Ángulo	Vano viento máximo	Vano peso máximo	Resistencia del poste	Tipo retenida	Cruceta	Ángulo vientos con la vertical
ACSR	AAAC	[°]	[m]	[m]	[kg]	[pulgada]	[pulgada]	[°]
2/0 AWG (Quail)	155.4 kcmil (Anaheim)	0	185	277	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30
4/0 AWG (Penguin)	246.9 kcmil (Alliance)	0	230	345	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30
266.8 kcmil (Waxwing)	312.8 kcmil (Butte)	0	255	382	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30
336.4 kcmil (Linnet)	394.5 kcmil (Canton)	0	330	495	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30

Tabla 7. *Características para construcción de estructura de amarre: montaje b con viento y con bayoneta*

Conductores		Ángulo	Vano viento máximo	Vano peso máximo	Resistencia del poste	Tipo retenida	Cruceta	Ángulo vientos con la vertical
ACSR	AAAC	[°]	[m]	[m]	[kg]	[pulgada]	[pulgada]	[°]
2/0 AWG (Quail)	155.4 kcmil (Anaheim)	0	145	217	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30
4/0 AWG (Penguin)	246.9 kcmil (Alliance)	0	168	252	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30
266.8 kcmil (Waxwing)	312.8 kcmil (Butte)	0	180	270	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30
336.4 kcmil (Linnet)	394.5 kcmil (Canton)	0	220	330	1750	4 x 1/4	4 x 4 x 1/4	30

Nota:

1. La estructura en el montaje b, cumple como estructura de amarre considerando el cable de guarda sano y rotura en uno de los cables de fase.

8. Notas generales

a. Todas las dimensiones, en las figuras, están dadas en milímetros.
b. En zonas con nivel de contaminación fuerte (IV) y muy fuerte (V) o costera se debe utilizar conductores AAAC.

c. En zonas con nivel de contaminación fuerte (IV) y muy fuerte (V) o costera se debe utilizar poste en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). ET-TD-ME04-02.
d. En zonas con nivel de contaminación media fuerte (IV) y muy fuerte (V) o costera se debe emplear herrajes de acero inoxidable y estructuras PRFV.
e. En caso de que el poste no tenga las perforaciones indicadas en los planos, se pude utilizar abrazadera o collarín fabricados según NTC 2663 con carga máxima a tensión de 30 KN y carga máxima cortante de 24 KN. Especificación técnica ET-TD-ME03-08.
f. La flecha del cable en los puentes de las fases debe ser de 40 cm

Grupo epm®

Anexo I. Puntos para curvas de utilización por conductor

Tabla 8. *Curvas de utilización por conductor montaje a*

ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 kcmil (WAXWING)		ACSR 336.4 kcmil (LINNET)	
ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]
0.0	950.0	0.0	730.0	0.0	665.0	0.0	550.0
15.0	1260.0	5.0	865.0	5.0	820.0	5.0	580.0
25.0	1200.0	15.0	800.0	15.0	765.0	10.0	530.0
40.0	1080.0	35.0	610.0	40.0	500.0	25.0	390.0
50.0	970.0	45.0	510.0	45.0	430.0	45.0	53.0
60.0	880.0	55.0	320.0	60.0	125.0	50.0	0.0

Tabla 9. *Curvas de utilización por conductor montaje b*

ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 kcmil (WAXWING)		ACSR 336.4 kcmil (LINNET)	
ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]
0.0	690.0	0.0	570.0	0.0	530.0	0.0	450.0
10.0	990.0	5.0	735.0	5.0	700.0	5.0	547.0
25.0	640.0	15.0	610.0	24.0	410.0	10.0	475.0
45.0	180.0	25.0	430.0	35.0	150.0	15.0	405.0
55.0	50.0	35.0	225.0	40.0	60.0	25.0	220.0
60.0	0.0	45.0	33.0	43.0	0.0	35.0	30.0