

NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO

Fecha	2020-06-29	
Revisión	0	
Naturaleza del cambio	Creación de la norma	
Elaboró		Área Proyectos CHEC - CET
		Área Proyectos CENS - CET
		Área Gestión Operativa - CET
		Área Proyectos ESSA - CET
		Unidad CET Normalización y Laboratorios
Revisó	Unidad CET Normalización y Laboratorios	
Aprobó	Gerencia Centros de Excelencia Técnica	

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
		NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO	
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A		ESCALA: N/A
		UNIDAD DE MEDIDA: mm	PÁGINA: 1 de 17

1 OBJETIVO

Definir la configuración básica de la estructura en vertical denominada NC-RA2-407 del Grupo EPM, teniendo en cuenta las condiciones límites resultantes del análisis electromecánico de las estructuras.

2 ALCANCE

Esta norma es aplicable en el diseño de redes con niveles de tensión a 13.2 kV, del sistema de distribución del Grupo EPM.

Este documento está dirigido a ingenieros y técnicos, encargados del diseño, construcción y mantenimiento.

3 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).

El análisis electromecánico emplea poste de concreto de 12 m y 750 kgf monolítico; no obstante, podrán ser empleados postes de igual longitud y capacidad de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o metálico (acero).

En los casos en que se requiere cadena de aisladores, se utiliza aislador de suspensión en porcelana, 15kV, ANSI C29.2, clase 52-1, tipo clevis. Podrán utilizarse también aisladores de vidrio de la misma clase. En zonas de contaminación media (III), fuerte (IV) o costera se recomienda utilizar en las cadenas un aislador de suspensión adicional por fase o aislador polimérico ANSI 29.13 tipo DS-28 tipo clevis lengüeta.

Los conductores utilizados en la verificación de esta norma son tipo ACSR (Conductor de aluminio con refuerzo de acero), sin embargo, lo que se concluye para este tipo de conductor es aplicable a los conductores equivalentes tipo AAAC (Conductor de aleación de aluminio), los calibres utilizados son:

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS			NC - RA2 - 407	REV 0
Grupo·epm®	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO				
	CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A		ESCALA: N/A	UNIDAD DE MEDIDA: mm

Tabla 1. Calibres de conductores para redes a 13.2 kV.

ACSR	AAAC
1/0 AWG (Raven)	123.3 kcmil (Azusa)
2/0 AWG (Quail)	155.4 kcmil (Anaheim)
4/0 AWG (Penguin)	246.9 kcmil (Alliance)
266.8 kcmil (Waxwing)	312.8 kcmil (Butte)

En los montajes con bayoneta se utilizará cable de acero recubierto de aluminio 7x8 AWG como cable de guarda. Como cable neutro se utilizará 1/0 ACSR AWAC para conductores de fase de calibre hasta 2/0 AWG, para calibres de cables de fase superiores a 2/0 AWG se utilizará cable neutro de 2/0 ACSR/AWAC.

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.

La bajante de puesta a tierra para esta norma deberá unirse con la estructura metálica del poste y los demás elementos metálicos tales como cruceta, pernos, tornillos, vientos, entre otros. Los materiales requeridos para la construcción se especifican en el documento *RA6-010 Norma técnica: Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica*.

Durante la implementación de esta norma se debe tener en cuenta la constitución o definición de la zona de servidumbre de acuerdo con el documento *NT-06 Norma técnica: distancias de seguridad 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*.

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A		ESCALA: N/A
		UNIDAD DE MEDIDA: mm	PÁGINA: 3 de 17

4 MODELO

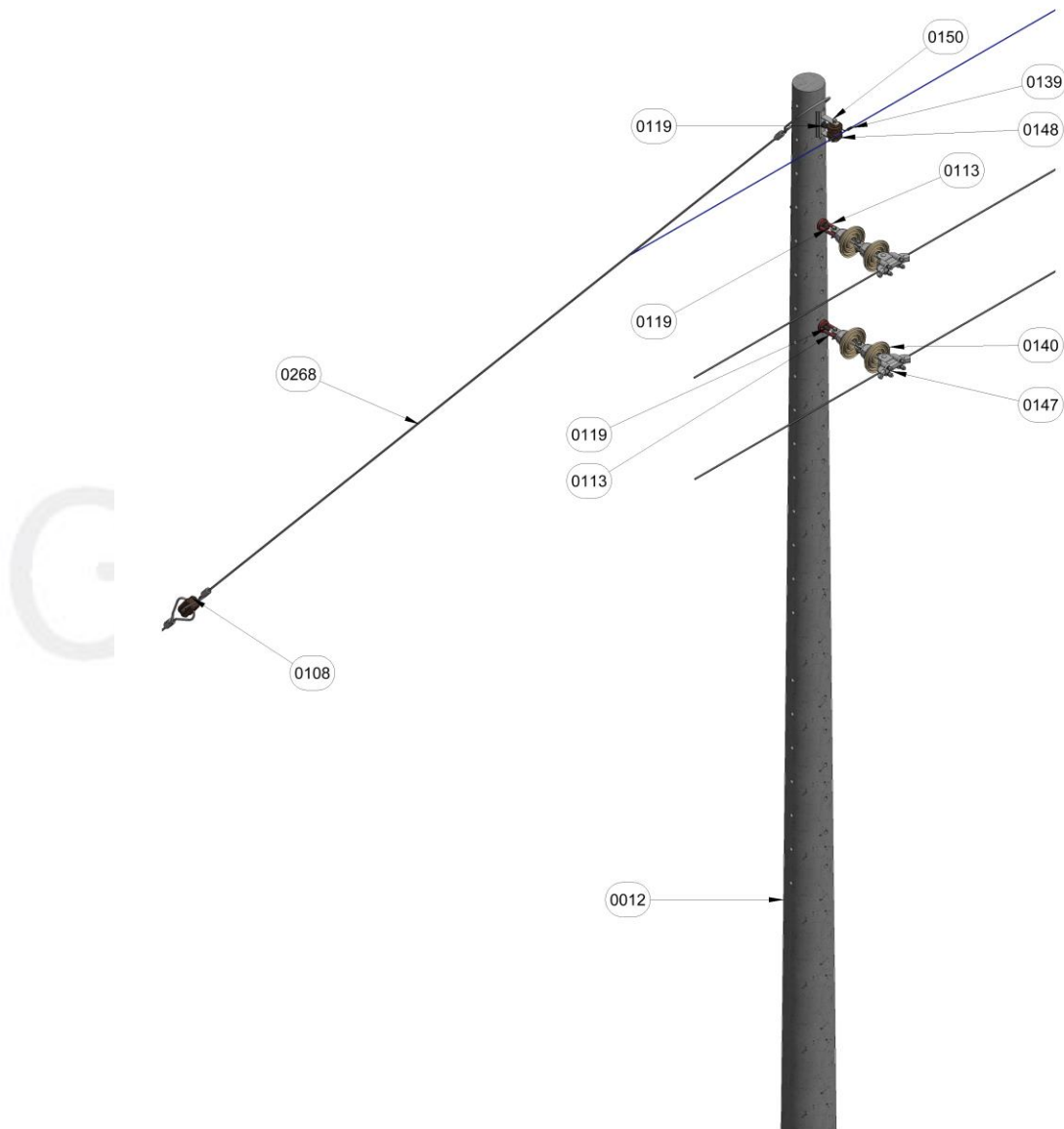


Figura 1. Vista isometrica.

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
Grupo epm	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A	ESCALA: N/A	UNIDAD DE MEDIDA: mm
			PÁGINA: 4 de 17

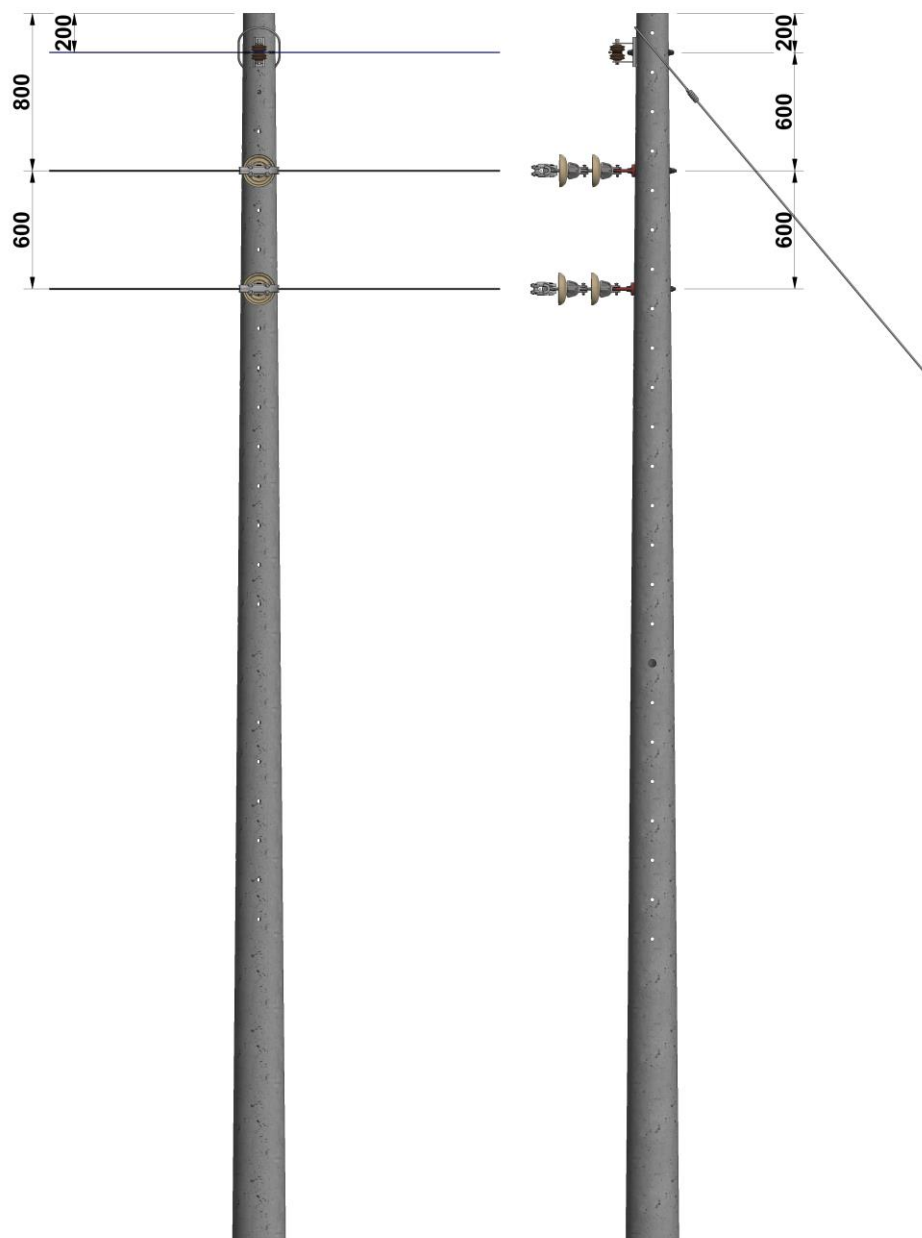


Figura 2. Vista frontal.

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
Grupo·epm®	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A	ESCALA: N/A	UNIDAD DE MEDIDA: mm
			PÁGINA: 5 de 17

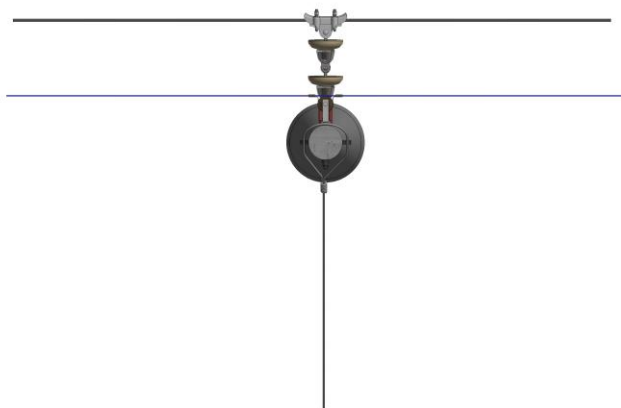


Figura 3. Vista en planta.

5 LISTADO DE MATERIALES

Tabla 2. Listado de materiales estructura NC-RA2-407

CÓDIGO IDENTIFIC.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	REFERENCIA	CÓDIGO JDE	CANTIDAD POR MONTAJE					
				a	b	c	d	e	f
0012	Poste de concreto de 12 m y 750 kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200015	1	1	1			
0014	Poste de concreto de 12m y 1350kgf monolítico	ET-TD-ME04-01	200017				1	1	1
0108	Aislador tensor porcelana 15 kV 4 1/4" ANSI C29.4 clase 54-2	ET-TD-ME02-01	200156	1	1	1			
0113	Tuerca de ojo alargada 5/8"	ET-TD-ME03-09	211356	2	2	2	2	2	2
0119	Esparrago 5/8" x 12"	ET-TD-ME03-19	211392	2	3	3	2	3	3
0139 ⁽¹⁾	Alambre de amarre de aluminio 4 AWG desnudo	ET-TD-ME01-15	213943		1	1		1	1
0140 (ver tabla 3)	Aislador suspensión porcelana 15kv 6 1/2" ANSI C29.2 clase 52-1 clevis-lengüeta	ET-TD-ME02-01	200149	4	4	4	4	4	4
0147 (ver tabla 3)	Grapa de suspensión aluminio 4/0 AWG a 336.4 KCMIL	ET-TD-ME03-16	217326	2	2	2	2	2	2
0148	Aislador carrete porcelana 0.6 kV 3" ANSI C29.3 clase 53-3	ET-TD-ME02-01	200151		1	1		1	1
0150	Percha 1 puesto	ET-TD-ME03-13	211319		1	1		1	1
0268 ⁽²⁾	Viento convencional a suelo o poste auxiliar cable de acero extra resistente diámetro 1/4"	RA6-001	-	1	1	1			

Notas:

- (1) Las cantidades para los conductores están expresadas en la unidad de metros
- (2) Los componentes y cantidades asociadas a la instalación de los vientos se detallan en la norma RA6-001: Instalación de vientos.

Donde:

- a → Montaje con viento y sin neutro
- b → Montaje con viento y con cable de guarda
- c → Montaje con viento y con neutro
- d → Montaje sin viento y sin neutro
- e → Montaje sin viento y con cable de guarda

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
 NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO			
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A		ESCALA: N/A
		UNIDAD DE MEDIDA: mm	PÁGINA: 6 de 17

En esta norma también se permitirá el uso de los materiales mostrados en la Tabla 3 como opcionales.

Tabla 3 Materiales opcionales

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	REFERENCIA	CÓDIGO JDE
0147	Grapa de suspensión aluminio 4 AWG - 2/0 AWG	ET-TD-ME03-16	213343
0147	Grapa de suspensión aluminio 2/0 AWG - 4/0 AWG	ET-TD-ME03-16	217325
0140	Aislador suspensión polimérico 23kv 16" ANSI 29.13 clase ds-28 clevis - lengüeta	ET-TD-ME02-04	200167

El listado de materiales para los elementos para el sistema de puesta a tierra se muestra en la tabla 4, la conexión debe realizarse por medio de conector de compresión tipo H.

Tabla 4: Listado de materiales Sistema de Puesta a Tierra

ITEM	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	REFERENCIA	CÓDIGO JDE	CANTIDAD (1)
0075 (2)	Conector compresión tipo H aluminio 1/0 AWG a 266.8 KCMIL (según calibre)	ET-TD-ME11-01		1
2 (3)	Alambre acero recubierto cobre 4 AWG monopolar cubierto PE 75°C	ET-TD-ME01-45	200536	15
3	Varilla puesta a tierra acero recubierto cobre 5/8" x 2400mm	ET-TD-ME21-01	211357	
4 (3)	Cable cobre 2/0AWG monopolar desnudo	ET-TD-ME01-28	200166	
5	Conector compresión tipo c cobre principal 4/0 AWG derivación 4/0 AWG	ET-TD-ME03-30	212857	
6	Conector compresión tipo c cobre principal 4 AWG derivación 4 AWG	ET-TD-ME03-30	212858	

NOTAS:

- (1) Las cantidades presentadas deben ser validadas y eventualmente ajustadas para cada uno de los elementos, de acuerdo con el valor de resistividad del suelo y la configuración que debe ser seleccionada según la norma RA6-010 o el diseño particular requerido considerando las condiciones de la red.
- (2) Consultar el listado de artículos y agrupadores el número de artículo el conector requerido, según el calibre del conductor.
- (3) Las cantidades para los conductores están expresadas en la unidad de metros.

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A		ESCALA: N/A
		UNIDAD DE MEDIDA: mm	PÁGINA: 7 de 17


6 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.

Grupo **epm**[®]

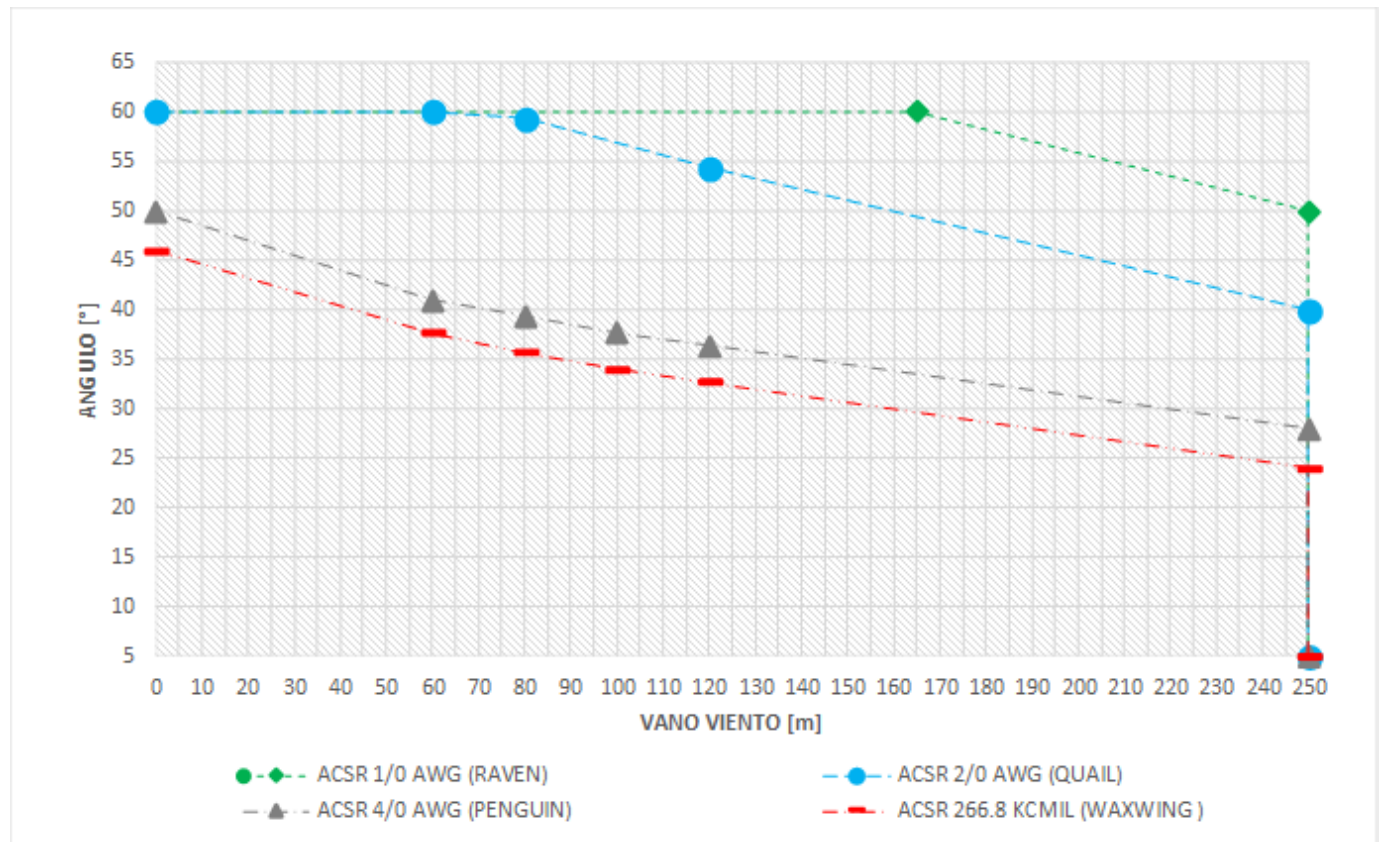
ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A		ESCALA: N/A
		UNIDAD DE MEDIDA: mm	PÁGINA: 8 de 17

7 CURVAS DE UTILIZACIÓN

Las curvas de utilización se limitan de forma tal, que la distancia fase - tierra (170 mm) se respete en cualquier condición, en especial para condición de temperatura máxima, considerada como la condición de mayor elongación del cable.

La estructura angular se podrá utilizar a partir de deflexiones en la línea iguales a 4 grados o superiores.

Montaje a: Montaje con viento y sin bayoneta



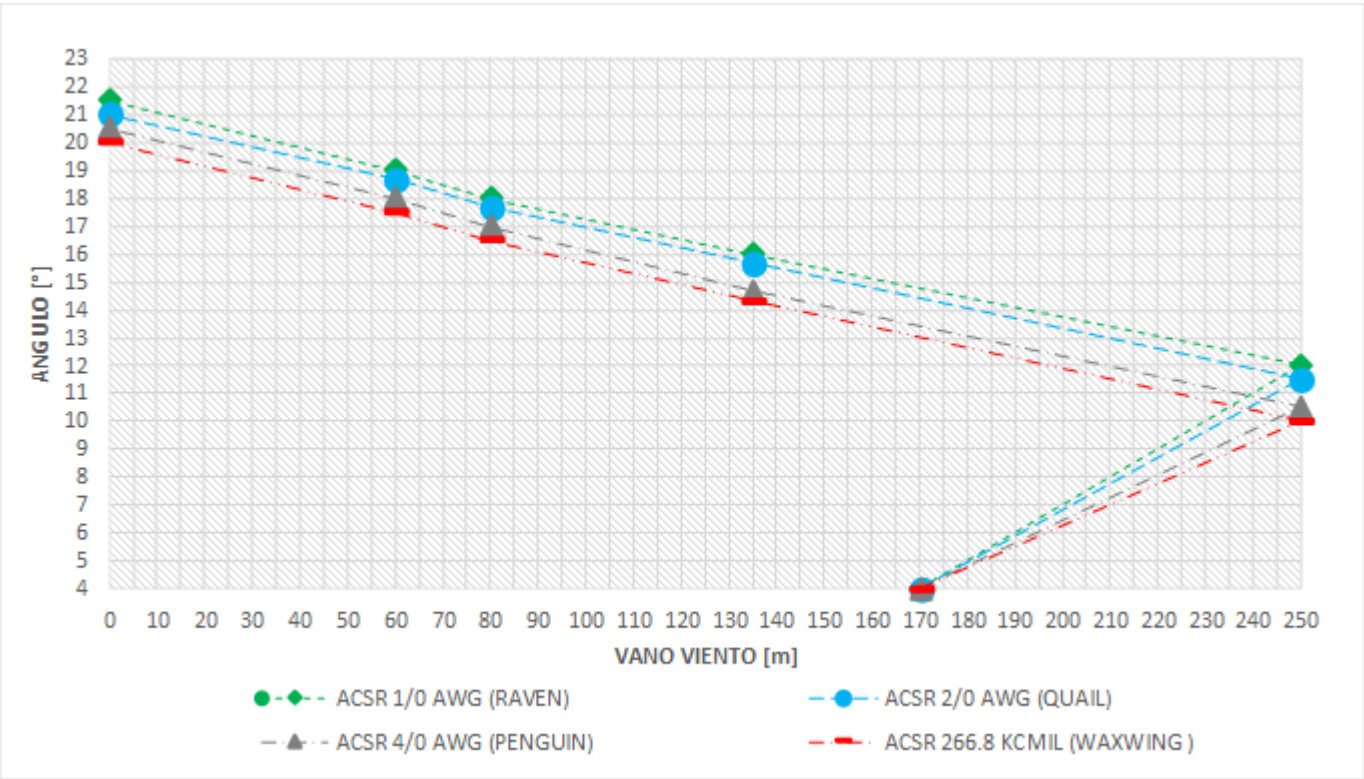
Notas:

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 flecha para terreno plano es de 140 m.
6. 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.
7. Las curvas de utilización se limitan de forma tal, que la distancia fase - tierra (170 mm) se respete en cualquier condición, en especial para condición de temperatura máxima, considerada como la condición de mayor elongación del cable. La estructura angular se podrá utilizar a partir de deflexiones en la línea iguales a 4 grados o superiores.

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
Grupo·epm®	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A	ESCALA: N/A	UNIDAD DE MEDIDA: mm
		PÁGINA: 9 de 17	

8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es de 300 m, este valor aplica para el rango de conductores de fase evaluados.

Montaje b: Montaje con viento y con bayoneta para soportar el cable de guarda

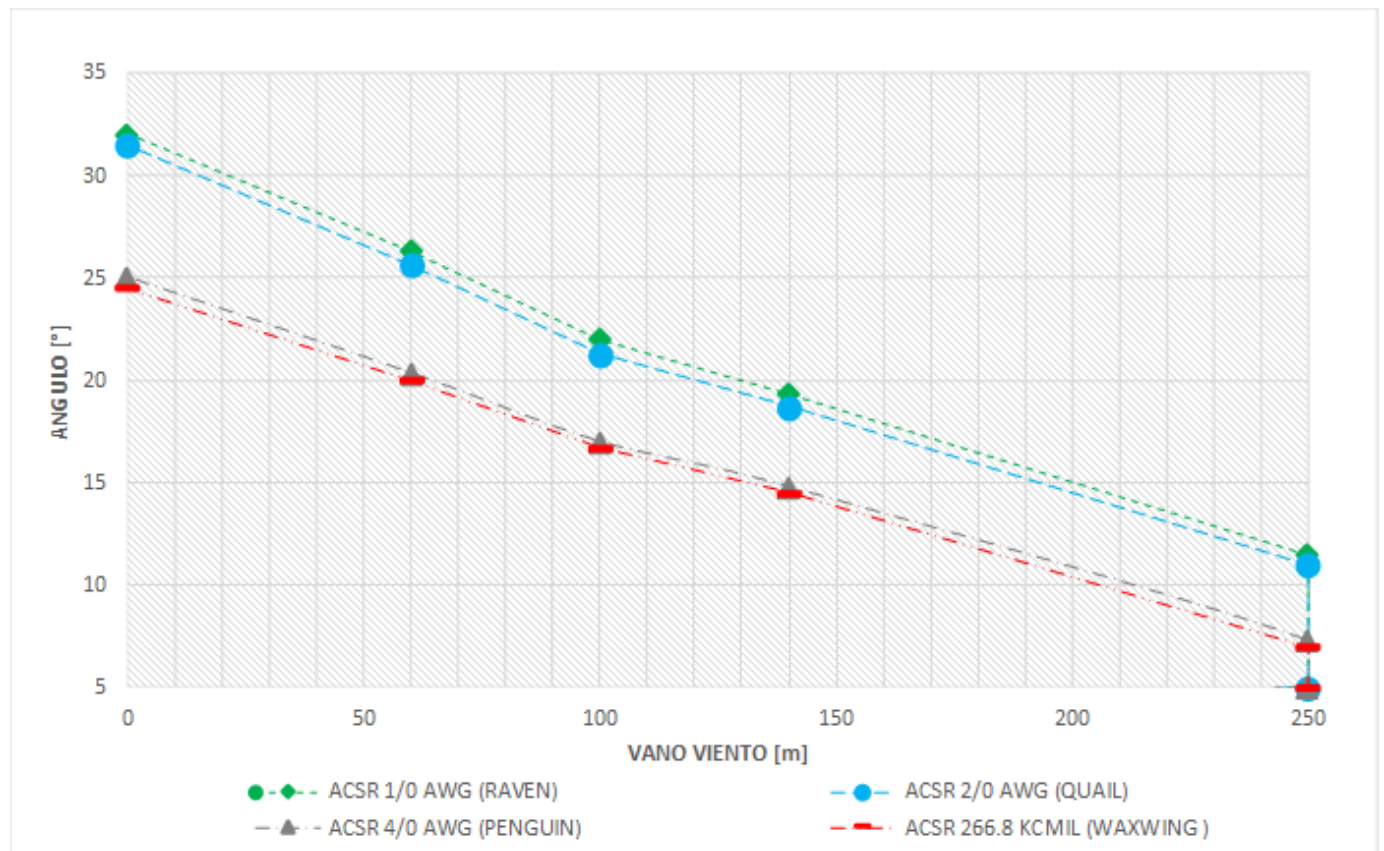


Notas:

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 flecha para terreno plano es de 140 m.
6. 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.
7. Las curvas de utilización se limitan de forma tal, que la distancia fase - tierra (170 mm) se respete en cualquier condición, en especial para condición de temperatura máxima, considerada como la condición de mayor elongación del cable. La estructura angular se podrá utilizar a partir de deflexiones en la línea iguales a 4 grados o superiores.
8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es de 204 m, este valor aplica para el rango de conductores de fase evaluados.

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
Grupo epm	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kv VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A	ESCALA: N/A	UNIDAD DE MEDIDA: mm
		PÁGINA: 10 de 17	

Montaje c: Montaje con viento y con bayoneta para soportar el neutro

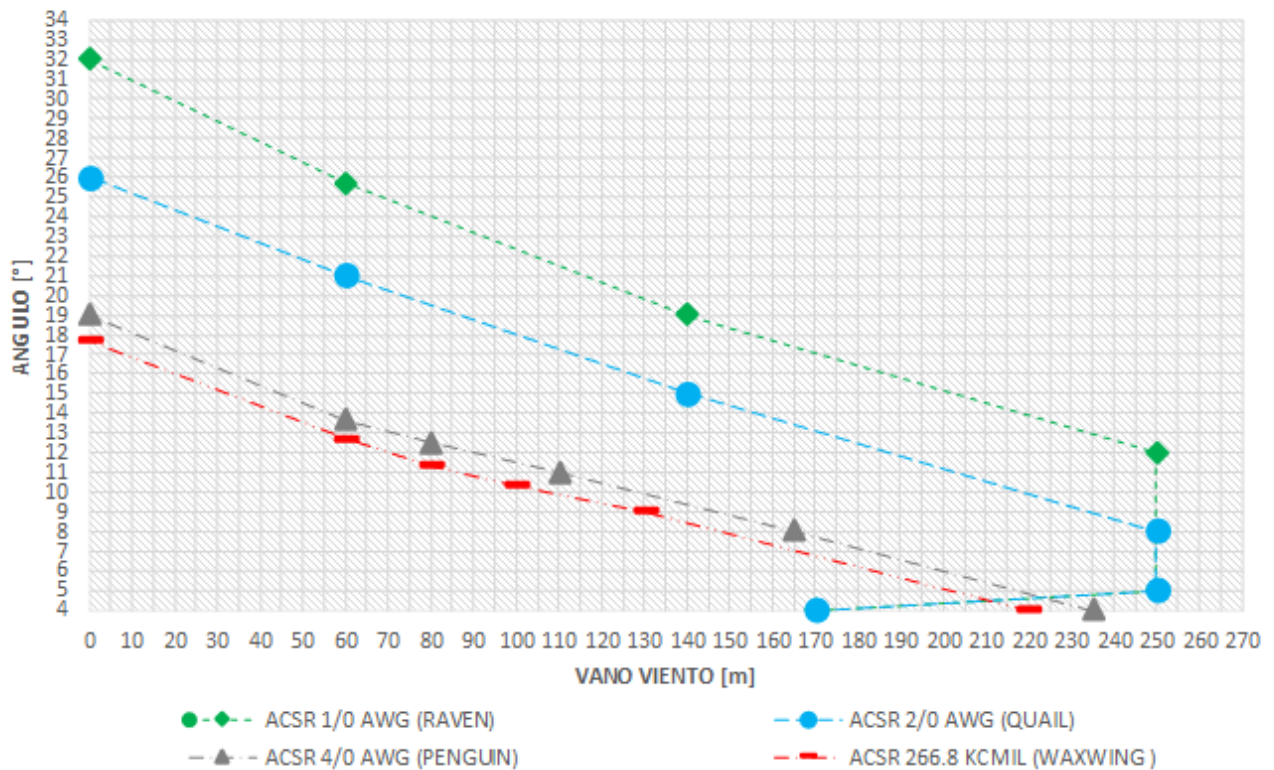


Notas:

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 flecha para terreno plano es de 140 m.
6. 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.
7. Las curvas de utilización se limitan de forma tal, que la distancia fase - tierra (170 mm) se respete en cualquier condición, en especial para condición de temperatura máxima, considerada como la condición de mayor elongación del cable. La estructura angular se podrá utilizar a partir de deflexiones en la línea iguales a 4 grados o superiores.
8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es de 204 m, este valor aplica para el rango de conductores de fase evaluados.

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS	NC - RA2 - 407	REV 0
Grupo epm	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO		
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A	ESCALA: N/A	UNIDAD DE MEDIDA: mm
			PÁGINA: 11 de 17

Montaje d: Montaje sin viento y sin bayoneta

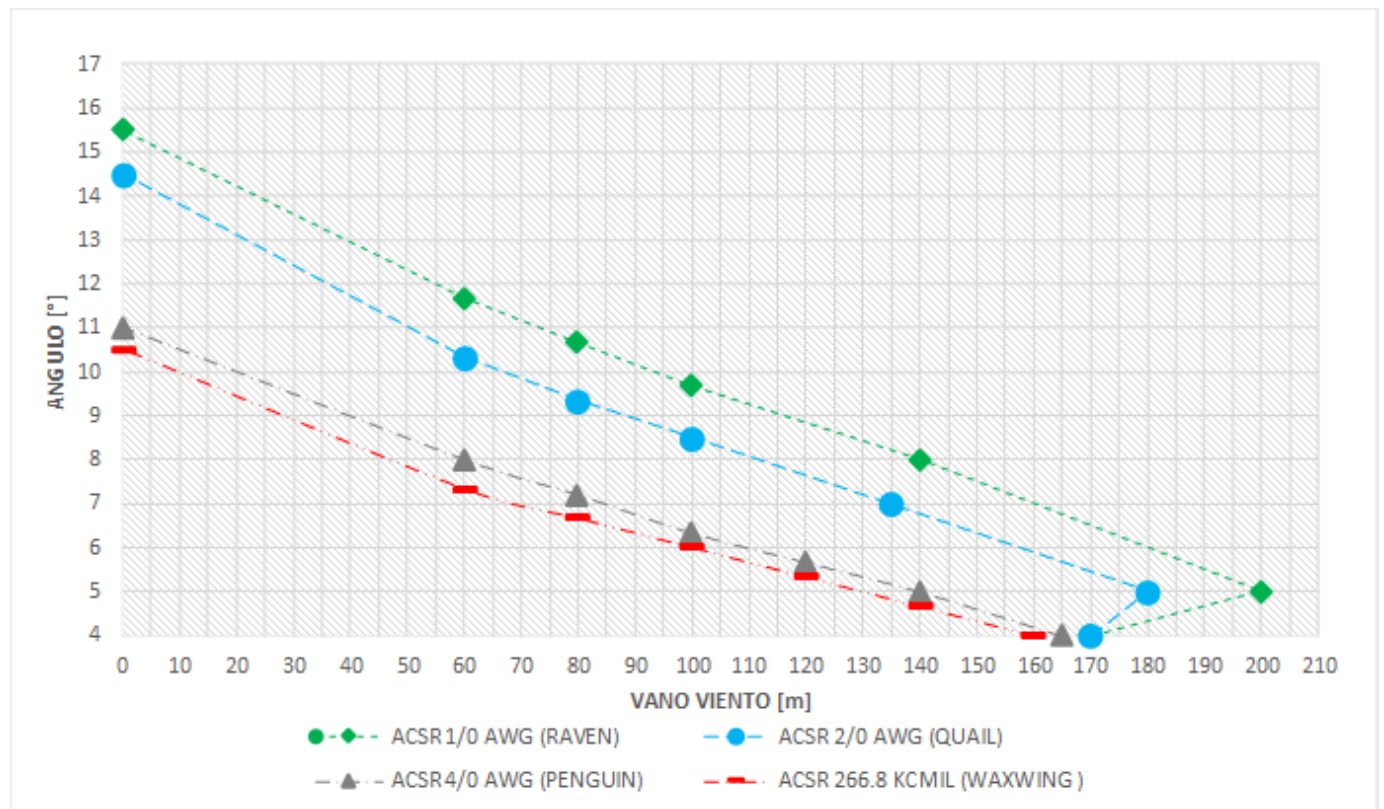


Notas:

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 flecha para terreno plano es de 140 m.
6. 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, entre otros. Estos cambios deben ser validados y justificados por medio de cálculos electromecánicos según la particularidad del caso.
7. Las curvas de utilización se limitan de forma tal, que la distancia fase - tierra (170 mm) se respete en cualquier condición, en especial para condición de temperatura máxima, considerada como la condición de mayor elongación del cable. La estructura angular se podrá utilizar a partir de deflexiones en la línea iguales a 4 grados o superiores.
8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es:

CABLE 1/0 AWG [m]	CABLE 2/0 AWG [m]	CABLE 4/0 AWG [m]	CABLE 266,8 KCMIL [m]
204	204	282	264

Montaje e: Montaje sin viento y con bayoneta para soportar el cable de guarda

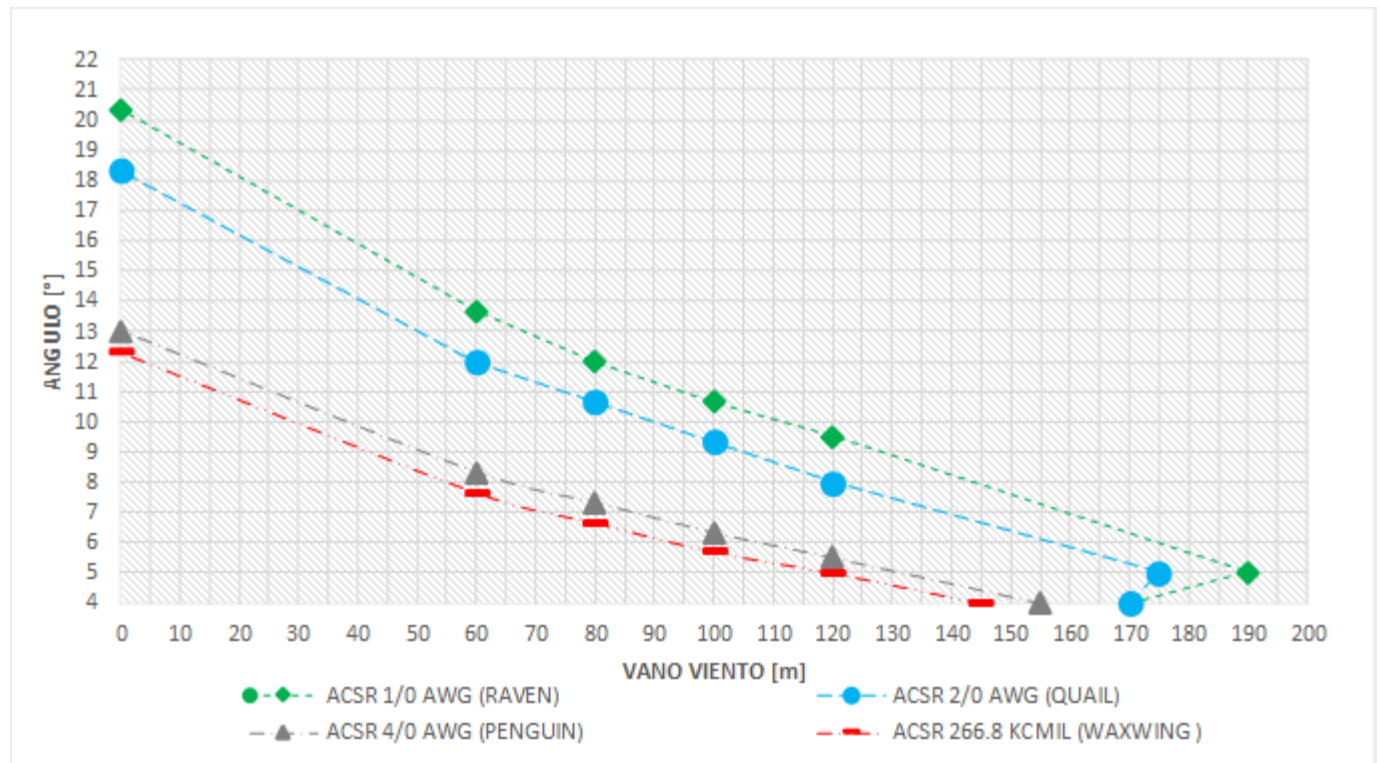


Notas:

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 flecha para terreno plano es de 140 m.
6. 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, entre otros. Estos cambios deben ser validados y justificados por medio de cálculos electromecánicos según la particularidad del caso.
7. Las curvas de utilización se limitan de forma tal, que la distancia fase - tierra (170 mm) se respete en cualquier condición, en especial para condición de temperatura máxima, considerada como la condición de mayor elongación del cable. La estructura angular se podrá utilizar a partir de deflexiones en la línea iguales a 4 grados o superiores.
8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es:

CABLE 1/0 AWG [m]	CABLE 2/0 AWG [m]	CABLE 4/0 AWG [m]	CABLE 266,8 KCMIL [m]
204	204	198	192

Montaje f: Montaje sin viento y con bayoneta o espigo para soportar el 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 flecha para terreno plano es de 140 m.
6. 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, entre otros. Estos cambios deben ser validados y justificados por medio de cálculos electromecánicos según la particularidad del caso.
7. Las curvas de utilización se limitan de forma tal, que la distancia fase - tierra (170 mm) se respete en cualquier condición, en especial para condición de temperatura máxima, considerada como la condición de mayor elongación del cable. La estructura angular se podrá utilizar a partir de deflexiones en la línea iguales a 4 grados o superiores.
8. El vano peso de la estructura para las condiciones climáticas evaluadas es:

CABLE 1/0 AWG [m]	CABLE 2/0 AWG [m]	CABLE 4/0 AWG [m]	CABLE 266,8 KCMIL [m]
204	204	186	174

8 NOTAS GENERALES

1. Todas las dimensiones, en las figuras, están dadas en milímetros.
2. En zonas con nivel de contaminación media (III) y fuerte (IV) o costera se recomienda utilizar conductores AAAC.
3. En zonas de contaminación media (III), fuerte (IV) o costera se recomienda utilizar en las cadenas, un aislador de suspensión adicional por fase o aislador polimérico ANSI 29.13 tipo DS-28 tipo clevis lengüeta.
4. En zonas con nivel de contaminación media (III) y fuerte (IV) o costera se recomienda utilizar poste en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). ET-TD-ME04-02.
5. En zonas con nivel de contaminación media (III) y fuerte (IV) o costera se recomienda emplear herrajes de acero inoxidable y estructuras FRP.
6. En caso de que el poste no tenga las perforaciones indicadas en los planos, se podrá 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.

Grupo **epm**[®]

ENERGÍA	NORMA TÉCNICAS		NC - RA2 - 407	REV 0	
Grupo·epm®	NC - RA2 - 407. NORMA DE CONSTRUCCIÓN RED AÉREA NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV VERTICAL BIFÁSICA. CONFIGURACIÓN ÁNGULO				
CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA UNIDAD NORMALIZACIÓN Y LABORATORIOS	ANSI A		ESCALA: N/A	UNIDAD DE MEDIDA: mm	PÁGINA: 15 de 17

9 ANEXOS

Tabla 5. Curvas de utilización por conductor montaje a.

ACSR 1/0 AWG (RAVEN)		ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 KCMIL (WAXWING)	
ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]
5.0	250.0	5.0	250.0	5.0	250.0	5.0	250.0
50.0	250.0	40.0	250.0	28.0	250.0	24.0	250.0
60.0	165.0	54.3	120.0	36.3	120.0	32.7	120.0
60.0	0.0	59.3	80.0	37.7	100.0	34.0	100.0
0.0	0.0	60.0	60.0	39.3	80.0	35.7	80.0
0.0	0.0	60.0	0.0	41.0	60.0	37.7	60.0

Tabla 6. Curvas de utilización por conductor montaje b.

ACSR 1/0 AWG (RAVEN)		ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 KCMIL (WAXWING)	
ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]
4.0	170.0	4.0	170.0	4.0	170.0	4.0	170.0
12.0	250.0	11.5	250.0	10.5	250.0	10.0	250.0
16.0	135.0	15.7	135.0	14.7	135.0	14.3	135.0
18.0	80.0	17.7	80.0	17.0	80.0	16.5	80.0
19.0	60.0	18.7	60.0	18.0	60.0	17.5	60.0
21.5	0.0	21.0	0.0	20.5	0.0	20.0	0.0

Tabla 7. Curvas de utilización por conductor montaje c.

ACSR 1/0 AWG (RAVEN)		ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 KCMIL (WAXWING)	
ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]
4.0	170.0	4.0	170.0	4.0	170.0	4.0	170.0
5.0	250.0	5.0	250.0	5.0	250.0	5.0	250.0
11.5	250.0	11.0	250.0	7.3	250.0	7.0	250.0
19.3	140.0	18.7	140.0	14.8	140.0	14.5	140.0
22.0	100.0	21.3	100.0	17.0	100.0	16.7	100.0
26.3	60.0	25.7	60.0	20.3	60.0	20.0	60.0

Tabla 8. Curvas de utilización por conductor montaje d.

ACSR 1/0 AWG (RAVEN)		ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 KCMIL (WAXWING)	
ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]	ÁNGULO [°]	VV [m]
4.0	170.0	4.0	170.0	4.0	235.0	4.0	220.0
5.0	250.0	5.0	250.0	8.0	165.0	9.0	130.0
12.0	250.0	8.0	250.0	11.0	110.0	10.3	100.0
19.0	140.0	15.0	140.0	12.5	80.0	11.3	80.0
25.7	60.0	21.0	60.0	13.7	60.0	12.7	60.0
32.0	0.0	26.0	0.0	19.0	0.0	17.7	0.0

Tabla 9. Curvas de utilización por conductor montaje e.

ACSR 1/0 AWG (RAVEN)		ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 KCMIL (WAXWING)	
ANGULO [°]	VV [m]	ANGULO [°]	VV [m]	ANGULO [°]	VV [m]	ANGULO [°]	VV [m]
4.0	170.0	4.0	170.0	4.0	165.0	4.0	160.0
5.0	200.0	5.0	180.0	5.0	140.0	4.7	140.0
8.0	140.0	7.0	135.0	5.7	120.0	5.3	120.0
9.7	100.0	8.5	100.0	6.3	100.0	6.0	100.0
10.7	80.0	9.3	80.0	7.2	80.0	6.7	80.0
11.7	60.0	10.3	60.0	8.0	60.0	7.3	60.0

Tabla 10. Curvas de utilización por conductor montaje f.

ACSR 1/0 AWG (RAVEN)		ACSR 2/0 AWG (QUAIL)		ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)		ACSR 266.8 KCMIL (WAXWING)	
ANGULO [°]	VV [m]	ANGULO [°]	VV [m]	ANGULO [°]	VV [m]	ANGULO [°]	VV [m]
4.0	170.0	4.0	170.0	4.0	155.0	4.0	145.0
5.0	190.0	5.0	175.0	5.5	120.0	5.0	120.0
9.5	120.0	8.0	120.0	6.3	100.0	5.7	100.0
10.7	100.0	9.3	100.0	7.3	80.0	6.7	80.0
12.0	80.0	10.7	80.0	8.3	60.0	7.7	60.0
13.7	60.0	12.0	60.0	13.0	0.0	12.3	0.0