

1. GENERALIDADES

Para definir la máxima utilización de estructuras en la Norma de Electrohuila se toma como mayor conductor 2/0 ACSR y el guarda es cable de acero de 1/4”.

2. CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR

Según catálogos de fabricante, los conductores seleccionados tienen las siguientes características:

<i>Material</i>	<i>ACSR</i>
<i>Calibre</i>	2/0
<i>Denominación</i>	QUAIL
<i>Diámetro</i>	11.354 mm.
<i>Sección</i>	78.645 mm ²
<i>Peso</i>	272,5 kgf/km
<i>Carga de rotura</i>	2425 kgf

3. CARACTERISTICAS DEL CABLE DE GUARDA

Según catálogos de fabricante el cable de guarda tiene las siguientes características:

<i>Material</i>	1/4”
<i>Calibre</i>	7
<i>Denominación</i>	6.32 mm.
<i>Diámetro</i>	31.37 mm ²
<i>Sección</i>	195 kgf/km
<i>Peso</i>	3020 kgf
<i>Carga de rotura</i>	1/4”

		CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS		EH – RAA -004
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	1 de 11

4. DATOS DE TEMPERATURAS Y VIENTO

Temperatura mínima	0 °C
Temperatura media	20 °C
Temperatura máxima	50 °C
Velocidad máxima del viento	100 km/h
Carga de rotura	3020 kgf/km

4.1. ESFUERZOS EN LOS CONDUCTORES.

f_c : El esfuerzo del conductor para las condiciones iniciales (sin viento) corresponde al peso propio del conductor

f_{c1} : El esfuerzo del conductor para las condiciones finales (con viento) es la resultante del peso del conductor y la fuerza del viento.

Para el conductor ACSR 2/0 normal se tienen los siguientes esfuerzos:

f_c : Es 0.272 Kg/m

f_v : Es la fuerza del viento en 1m de conductor

$$f_v = 0.0042V^2 \cdot \frac{D}{1000} = 0.0042 \left(100 \frac{km}{h} \right)^2 \left(\frac{11.35}{1000} \right) m = 0.477 \frac{kgf}{m}$$

$$f_{c1} = \sqrt{f_c^2 + f_v^2} = 0.549 \frac{kgf}{m}$$

4.2. ESFUERZOS EN LOS CABLES DE GUARDA.

f_{cg} : El esfuerzo del cable para las condiciones iniciales (sin viento) corresponde al peso propio del cable

f_{cg1} : El esfuerzo del cable para las condiciones finales (con viento) es la resultante del peso del cable y la fuerza del viento.

		CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS		EH – RAA -004
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	2 de 11

Para el cable de 1/4" de acero se tienen los siguientes esfuerzos:

f_{cg} : Es 0.195 Kg/m

f_{vg} : Es la fuerza del viento en 1m de cable

$$f_{vg} = 0.0042V^2 \cdot \frac{D}{1000} = 0.0042 \left(100 \frac{km}{h} \right)^2 \left(\frac{6.32}{1000} \right) m = 0.265 \frac{kgf}{m}$$

$$f_{c1} = \sqrt{f_c^2 + f_v^2} = 0.329 \frac{kgf}{m}$$

4.3. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD

4.3.1 Separación entre conductores

4.3.1.1 Para disposición vertical

$$e = 0.4 + \frac{Kv}{75} (m)$$

e = Separación de conductores vertical u oblicua entre conductores.

Para 34.5 kV, **e = 0.86 m.**

Para 13.2 kV **e = 0.58 m.**

4.3.1.2 Para disposición horizontal

$$e = k\sqrt{F + L} + \frac{Kv}{150} (m)$$

e = Separación de conductores (m)

k = 0.75 coeficiente para ACSR.

F = Flecha máxima (m)

		CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS		EH – RAA -004
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	3 de 11

L = longitud de la cadena de aisladores en m. L = 0 si el conductor está soportado en espigo, o es estructura terminal, 0.45 m para suspensión en 34.5 KV y 0.43 en 13.2 kV con cadenas de tres aisladores.

La separación de conductores se calcula para las flechas de la plantilla en caliente y sus resultados son los de la siguiente tabla:

DISTANCIAS DE SEGURIDAD SEPARACIÓN HORIZONTAL DE CONDUCTORES CABLE ACSR 2/0 13,2 Kv				DISTANCIAS DE SEGURIDAD SEPARACIÓN HORIZONTAL DE CONDUCTORES CABLE ACSR 2/0 34,5 Kv			
Vano (m)	Flecha T=40°C	Separación En espigo	Separación En cadena	Vano (m)	Flecha T=40°C	Separación En espigo	Separación En cadena
0	0,00	0,088	0,669	0	0,00	0,230	0,811
20	0,03	0,222	0,684	20	0,03	0,364	0,826
40	0,13	0,357	0,728	40	0,13	0,499	0,870
60	0,29	0,491	0,795	60	0,29	0,633	0,937
80	0,51	0,626	0,880	80	0,51	0,768	1,022
100	0,80	0,760	0,976	100	0,80	0,902	1,118
120	1,16	0,895	1,082	120	1,16	1,037	1,224
140	1,57	1,029	1,194	140	1,57	1,171	1,336
160	2,06	1,164	1,310	160	2,06	1,306	1,452
180	2,60	1,298	1,430	180	2,60	1,440	1,572
200	3,21	1,432	1,553	200	3,21	1,574	1,695
220	3,89	1,567	1,677	220	3,89	1,709	1,819
240	4,63	1,701	1,803	240	4,63	1,843	1,945
260	5,43	1,836	1,930	260	5,43	1,978	2,072
280	6,30	1,970	2,058	280	6,30	2,112	2,200
300	7,23	2,105	2,187	300	7,23	2,247	2,329
350	9,84	2,441	2,511	350	9,84	2,583	2,653
400	12,85	2,777	2,839	400	12,85	2,919	2,981
450	16,27	3,113	3,168	450	16,27	3,255	3,310
500	20,08	3,449	3,499	500	20,08	3,591	3,641
550	24,30	3,785	3,831	550	24,30	3,927	3,973
600	28,92	4,121	4,163	600	28,92	4,263	4,305

5. CALCULO MECANICO DE LOS APOYOS

		CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS		EH – RAA -004
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	4 de 11

5.1. FUERZA DEL VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

$$FV = 0.0042 * V^2 * D * L * N$$

5.1.1 Conductor 2/0 ACSR

- V Velocidad del viento = 100 km/h
D Diámetro del conductor = 0.01135 m.
L Longitud del vano viento m.
N Número de conductores = 3

$$FV = 0.4769 * L \text{ para un conductor}$$
$$FV = 1.4306 * L \text{ para tres conductores}$$

5.1.2 FUERZA DEL VIENTO SOBRE CABLES DE GUARDA

$$FV_g = 0.0042 * V^2 * D * L * N$$

- V Velocidad del viento = 100 km/h
D Diámetro del cable = 0.00632 m.
L Longitud del vano viento m.
N Número de cables = 2

$$FV = 0.26544 * L \text{ para un cable}$$
$$FV = 0.53088 * L \text{ para dos cables}$$

5.2. FUERZA DEL VIENTO SOBRE LOS APOYOS

Se calculará para postes de concreto con cargas de rotura en la punta de 750 kgf

$$FVA = 0.0042 * V^2 * H * \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

- H Altura libre del poste en m
d₁ Diámetro del poste a nivel del terreno

		CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS		EH – RAA -004
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	5 de 11

d_2 Diámetro del poste en la punta

Se tiene la siguiente información:

Longitud del poste (m)	10	12	14	16
Carga de rotura (Kg)	750	750	750	750
Empotramiento (m)	1.6	1.8	2.00	2.20
H: Altura libre del poste (m)	8.4	10.2	12.00	13.80
d: Diámetro en la base (m)	0.27	0.32	0.37	0.43
d_1: Diámetro a nivel del terreno (m)	0.23	0.27	0.32	0.36
d_2: Diámetro en la punta (m)	0.12	0.14	0.16	0.22
FVA (Kg)	62	88	121	168

5.3. FUERZA POR CAMBIO DE DIRECCIÓN (ÁNGULO)

5.3.1 PARA CONDUCTORES 2/0 ACSR

$$FT = 2t \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} * N$$

t tensión máxima del conductor = 1212 kgf para 2/0 ACSR

N Número de conductores = 3

Para un conductor 4/0 es $FT = 2424 \operatorname{SEN} \frac{\alpha}{2}$

5.3.2 PARA CABLES DE GUARDA

$$FT_g = 2t \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} * N$$

t tensión máxima del cable = 842 kgf

N Número de cables = 2

$FT_g = 1684 \operatorname{SEN} \frac{\alpha}{2}$ para un cable de guarda



CÁLCULOS MECÁNICOS
ESTRUCTURAS AÉREAS

EH – RAA -004

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	6 de 11

6. ECUACIÓN DE MOMENTOS

Para las estructuras se debe cumplir que:

$$MR = MV + MP + MT$$

- MR Momento de la resistencia del poste (kgf-m)
 MV Momento debido al viento en los conductores y cable de guarda (kgf-m)
 MP Momento debido al viento en el poste (kgf-m)
 MT Momento debido al cambio de dirección de la línea (kgf-m)

$$MR = H * Cr / k$$

- H Altura libre del poste (m)
 Cr Carga de rotura del poste (Kg)
 k Factor de seguridad = 2,5

Longitud del poste (m)	10	12	14	16
Carga de rotura (kgf)	750	750	750	750
Altura libre (m)	8.4	10.2	12.00	13.8
MR (kgf-m)	2520	3060	3600	4140

$$MV = Hc * FV + Hg * Fg$$

- FV Fuerza del viento en los conductores (kgf)
 Hc Altura de amarre de los conductores (m)
 Fg Fuerza del viento en los cables de guarda (kgf)
 Hg Altura de amarre de los cables de guarda (m)

$$MP = Hp * FVA$$

- Hp Altura de aplicación de la fuerza de viento sobre el poste (m)



CÁLCULOS MECÁNICOS
 ESTRUCTURAS AÉREAS

EH – RAA -004

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	7 de 11

$$H_p = \frac{H}{3} * \frac{d_1 + 2d_2}{d_1 + d_2}$$

Longitud del poste (m)	10	12	14	16
Carga de rotura (kgf)	750	750	750	750
Altura Hp (m)	3.76	4.56	5.33	6.34
MP (kgf-m)	330	552	896	1066

$$MT = H * FT + H_g * FT_g$$

FT Fuerza debida al cambio de dirección de conductores
H Altura de amarre de los conductores
FTg Fuerza debida al cambio de dirección de los cables de guarda
Hg Altura de amarre de los cables de guarda

7. UTILIZACION DE ESTRUCTURAS

Con los datos de flechas y de separación de conductores ya calculados y aplicando la ecuación de momentos se puede verificar el rango de utilización de las estructuras que se definirán con la plantilla, utilizando las estructuras normalizadas por el IPSE. Se toma la estructura RH-231 para mostrar el método de cálculo.

7.1. Estructura RH-231 en postes de 14 m x 750 kgf

7.1.1 Vano por altura útil.

Se trata de calcular el máximo vano que se puede alcanzar en terreno plano, partiendo de la flecha máxima permitida para que la distancia del conductor a tierra no sea menor a 5.8 m.(RETIE)

Conociendo la altura de amarre del conductor más bajo, se descuenta la distancia a tierra para hallar la flecha máxima y a partir de esta se calcula el vano correspondiente.

Ha Altura de amarre de los conductores = 11.3 m.

		CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS		EH – RAA -004
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	8 de 11

Dmt Distancia mínima a tierra = 5.80 m.

F Flecha máxima = Ha-Dmt = 5.50 m.

De las tablas de distancias de seguridad 34,5 kV, se tiene: para un vano (V1) de 240 m una flecha (F1) máxima de 4,63 m

$$Vm = V1 * \sqrt{\frac{F}{F1}}$$

$$Vm = 240 * \sqrt{\frac{5.50}{4.63}} = 262 \text{ m}$$

7.1.2 Vano por separación de conductores:

De la fórmula: $D = 0.75 * \sqrt{F + L} + \frac{KV}{150}$;

Para L = 0.00 m y KV = a 34.5 Kv se despeja F: Valor de la flecha máxima con la que se hallará el vano correspondiente:

$$F = 1.78 * (D - 0.23)^2$$

Para esta estructuras D = 1.90 así que F = 4.96 m.

El vano correspondiente a esta flecha es: 249 m.

7.1.3 Vano por resistencia de los postes

$$MR = 2 * 3600 \text{ Kg-m} = 7200 \text{ kgf-m}$$

$$MV = (3 * 0.4769 * 11.3 + 2 * 0.26544 * 13.4) * L \text{ kgf-m}$$

$$MP = 896 \text{ Kg-m}$$

$$MT = (3 * 2424 * 11.3 + 2 * 1684 * 13.4) * \text{sen}(\alpha/2)$$



CÁLCULOS MECÁNICOS
ESTRUCTURAS AÉREAS

EH – RAA -004

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	9 de 11

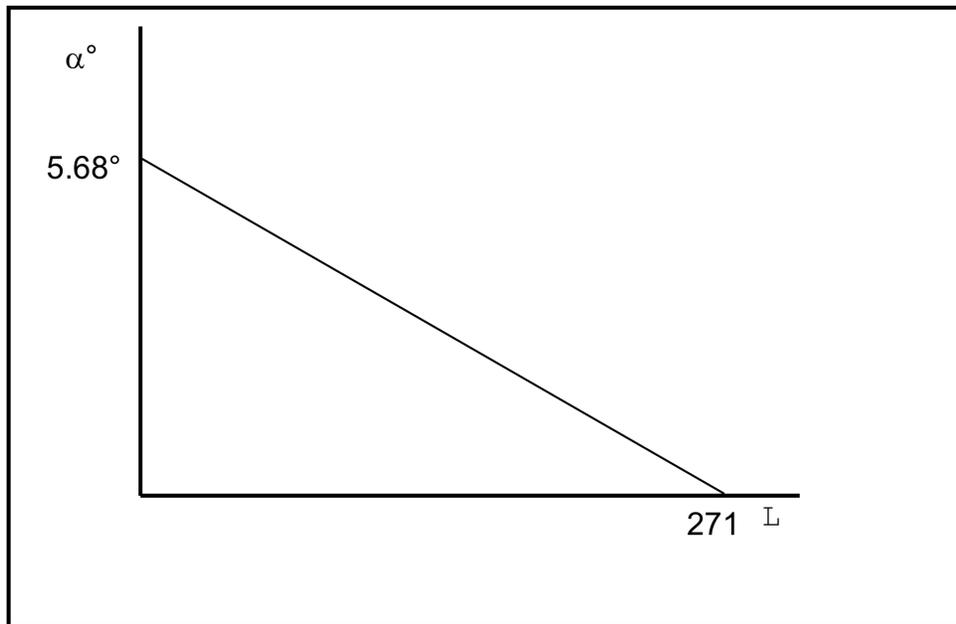
Así:

$$6304 = 23.280 \cdot L + 127305 \cdot \sin(\alpha/2)$$

Para $\alpha = 0$; $L = 271 \text{ m.}$

1. Para $L = 0$; $\alpha = 5.68^\circ$

El gráfico de utilización de esta estructura será:



El anterior procedimiento es aplicable para los otros tipos de estructuras.

Tabla de vanos máximos de utilización de conductores en terrenos montañosos (Apoyos a diferente nivel).

		CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS		EH – RAA -004
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	10 de 11

TIPO ESTRUCTURA	VANOS MÁXIMOS PERMITIDOS POR SEPARACION DE CONDUCTORES	
	POR SEPARACIÓN HORIZONTAL DE CONDUCTORES	
	34,5 kV	13,2 kV
P-102	234	255
P-103	100	121
P-111	234	255
P-112	100	121
S-120	NA	NA
S-121	NA	NA
S-125	221	244
R-131	219	240
P-151	234	255
P-161	234	255
S-175	221	244
R-181	219	240
PH-201	531	552
PH-202	249	270
PH-203	829	850
PH-204	397	418
PH-210	531	552
PH-211	249	270
PH-212	829	850
PH-213	397	418
SH-225	526	548
SH-226	237	260
SH-227	825	847
SH-228	390	412
RH-230	531	552

TIPO ESTRUCTURA	VANOS MÁXIMOS PERMITIDOS POR SEPARACION DE CONDUCTORES	
	POR SEPARACIÓN HORIZONTAL DE CONDUCTORES	
	34,5 kV	13,2 kV
RH-231	249	270
RH-232	829	850
RH-233	397	418
PH-250	249	270
PH-251	382	404
PH-252	531	552
PH-253	829	850
PH-254	829	850
PH-260	531	552
PH-261	382	404
PH-262	531	552
PH-263	397	418
PH-264	829	850
SH-270	NA	NA
SH-271	NA	NA
SH-275	237	260
SH-276	375	397
SH-277	526	548
SH-278	390	412
SH-279	825	847
RH-280	249	270
RH-281	382	404
RH-282	531	552
RH-283	397	418
RH-284	829	850



CÁLCULOS MECÁNICOS
ESTRUCTURAS AÉREAS

EH – RAA -004

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	11 de 11

NORMAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

REDES AÉREAS

BAJA TENSIÓN

MONTAJE DE TRANSFORMADORES EN POSTE



NORMAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN
MONTAJE DE TRANSFORMADORES EN
POSTE - CONTENIDO

EH-TRP-000

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	1 de 3