

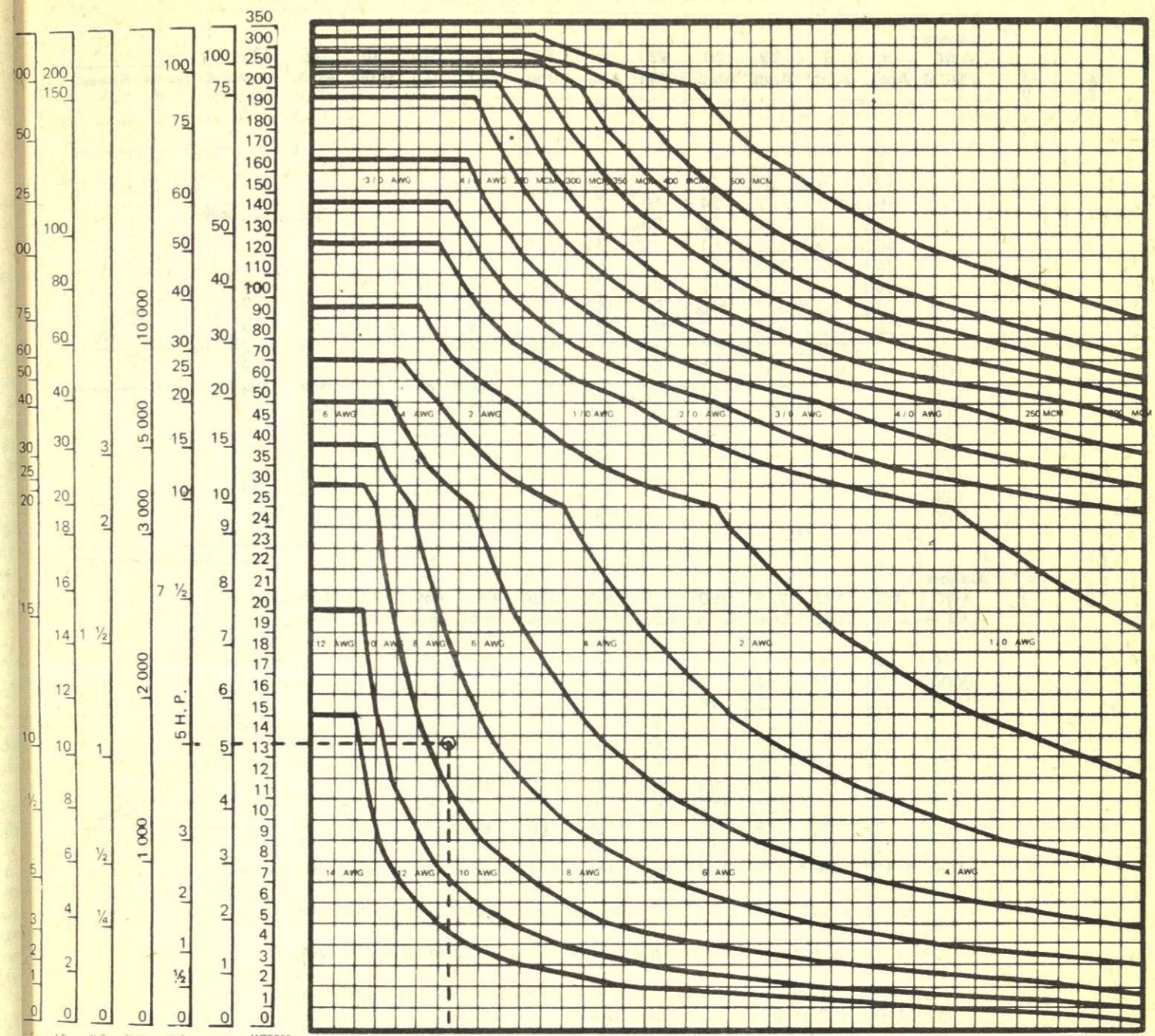
Cálculo de carga de Alimentadores por Locales		
Tipo de local	porción de la carga de alumbrado a la cual se aplica el factor de demanda (en watts)	Factor de demanda del alimentador
Domicilios—distintos a hoteles	Primeros 3,000 o menos	100 %
	3,001 siguientes a 120,000	35 %
	Resto, de más de 120,000 a	25 %
* Hospitales	Primeros 50,000 o menos	40 %
	Restantes, más de 50,000 a	20 %
* Hoteles—incluyendo casas de apartamentos, sin provisión de cocina por los ocupantes	Primeros 20,000 o menos	50 %
	20,001 siguientes a 100,000	40 %
	Resto, sobre 100,000, a	30 %
Bodegas (almacenaje)	Primeros 12,500 o menos	100 %
	Restante, más de 12,500, a	50 %
Todos los demás	Carga total en watts	100 %

* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplicarán a la carga calculada para los subalimentadores, en áreas de hospitales y hoteles en que sea probable el empleo de la totalidad del alumbrado, al mismo tiempo; por ejemplo, en salas de operaciones, salones de baile o comedores.

Basado en NEC - 1968

Factores de Demanda Comunes para el Calculo de Alimentadores Principales y de Servicio

Potencia de los Aparatos	Rango de factores de demanda comunes
Motores para bombas, compresoras, elevadores, máquinas herramientas, ventiladores, etc.	20 a 60 %
Motores para operaciones semi—continuas en algunos molinos y plantas de proceso.	50 a 80 %
Motores para operaciones continuas, como en máquinas textiles.	70 a 100 %
Hornos de arco.	80 a 100 %
Hornos de inducción	80 a 100 %
Soldadoras de arco	30 a 60 %
Soldadoras de resistencia	10 a 40 %
Calentadores de resistencia, hornos.	80 a 100 %



Watts	H.P.	Amperes
0	0	0
100	1	1
200	2	2
300	3	3
400	4	4
500	5	5
600	6	6
800	8	8
1000	10	10
1200	12	12
2000	20	20

Ejemplo:
 Para el calculo del calibre de un conductor de una linea de 100 metros, que alimentara a un motor de 5 H.P. a 220 Volts, 3 Fases, con un 3 % en pérdida de voltaje; se localizará en la columna correspondiente a H.P. y 220 Volts el valor de 5, y en el cuadro correspondiente a 3 Fases, 3 % y 220 Volts, se localizara la longitud de la línea de 100 metros. Se trazan las coordenadas y su punto de intersección se encontrará dentro del área que corresponde al calibre 8 AWG, que será el adecuado para estas necesidades.

⊕ Distancias de circuito en metros para una caída de tensión de 3% (+)

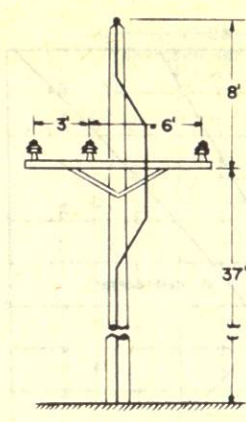
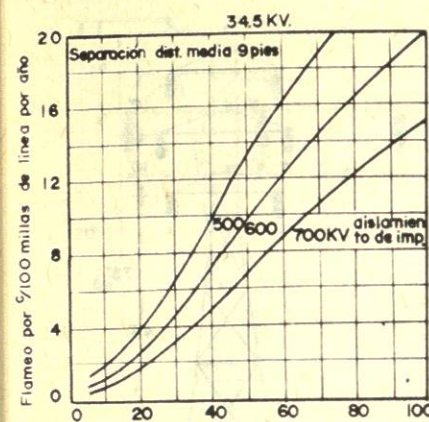
Calibre AWG o MCM	3 Amp.	6 Amp.	15 Amp.	20 Amp.	25 Amp.	35 Amp.	50 Amp.	70 Amp.	80 Amp.	90 Amp.	100 Amp.	125 Amp.
14	64	32	13									
12	101	51	20	15								
10	161	81	32	24	19							
8	256	128	51	38	30	22						
6	407	204	82	61	49	35	27					
4	647	324	129	97	78	55	39	28				
2	1030	515	207	155	124	88	62	44	38	34		
0	1635	820	327	246	196	140	98	70	61	55	49	39
00	2065	1033	413	310	248	177	124	88	77	69	62	49
000		1300	522	390	312	223	156	112	98	87	78	62
0000		1640	656	492	394	281	197	140	123	110	99	79
250			777	583	466	333	232	166	145	129	116	93
300			932	700	558	399	279	200	174	155	140	112
350				816	653	465	327	232	203	182	163	130
400				932	746	533	372	266	232	207	186	149
500					932	664	466	333	285	258	232	186
600						709	558	399	349	310	279	223
700						932	653	466	407	363	327	261

Calibre AWG o MCM	150 Amp.	175 Amp.	225 Amp.	250 Amp.	275 Amp.	300 Amp.	325 Amp.	400 Amp.	450 Amp.	500 Amp.	525 Amp.
00	41	45									
0000	66	56	44								
250	78	66	52	46							
300	93	80	62	56	51						
350	108	93	72	65	59	54					
400	124	106	83	74	67	62	57				
500	155	133	103	93	85	78	72	58			
600	186	159	124	112	102	93	86	70	62		
700	217	186	145	130	119	108	100	82	72	65	
800	248	213	166	149	135	124	114	93	83	75	71
1000	310	266	207	186	169	155	144	116	104	93	89

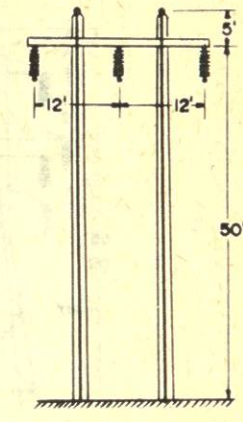
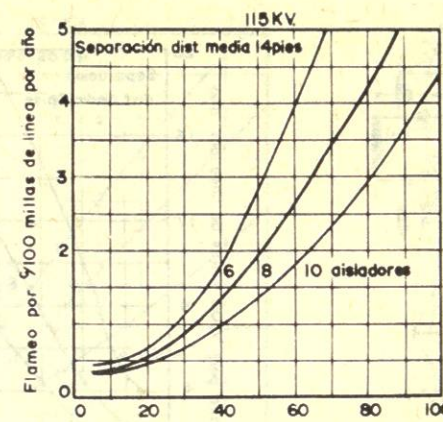
(+) La tabla se calculó para 110 V.C.D.; pero es aplicable para circuitos monofásicos con F.P=1.
 Para circuitos trifásicos, multiplíquense los valores de la tabla por el factor 1.12.
 Para otros voltajes, pueden usarse los siguientes factores: 2.0 para 220V., 4.0 para 440V., 5.0 para 550V., 20.0 para 2200V.
 Para otras caídas, pueden usarse los siguientes factores: 0.33 para 1%, 0.67 para 2%

Voltaje de línea a línea Kv.	Potencia trifásica transmitida en Kw, con un factor de potencia de 0.8									
	corriente del conductor en amperes.									
	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
7.5	2,080	2,600	3,120	3,640	4,160	4,680	5,200	5,710	6,230	6,750
13.2	3,660	4,570	5,480	6,400	7,320	8,230	9,150	10,100	11,000	11,900
23	6,370	7,970	9,550	11,100	12,700	14,300	15,900	17,500	19,100	20,700
34.5	9,560	11,900	14,300	16,700	19,100	21,500	23,900	26,300	28,700	31,000
46	12,800	16,000	19,100	22,300	25,500	28,700	31,900	35,100	38,200	41,400
69	19,100	24,000	28,700	33,500	38,300	43,100	47,900	52,700	57,400	62,200
92	25,500	31,900	38,300	44,700	51,000	57,400	63,800	70,200	76,600	82,900
115	31,900	39,900	47,800	55,800	63,800	71,700	79,700	87,700	95,700	104,000
138	38,200	47,800	57,300	66,900	76,500	86,100	95,600	105,000	115,000	124,000
154	42,700	53,300	64,100	74,700	85,300	96,000	107,000	117,000	128,000	139,000
161	44,600	55,800	66,900	78,100	89,200	100,000	112,000	123,000	134,000	145,000
196	54,300	67,900	81,500	95,100	109,000	122,000	136,000	149,000	163,000	177,000
230	63,800	79,700	95,700	112,000	128,000	143,000	159,000	175,000	191,000	207,000
287	79,600	99,400	119,000	139,000	159,000	179,000	199,000	219,000	239,000	258,000

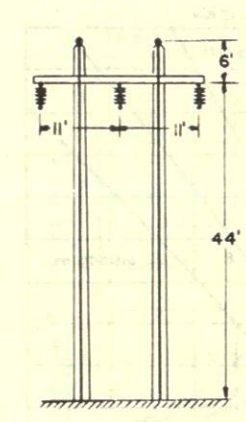
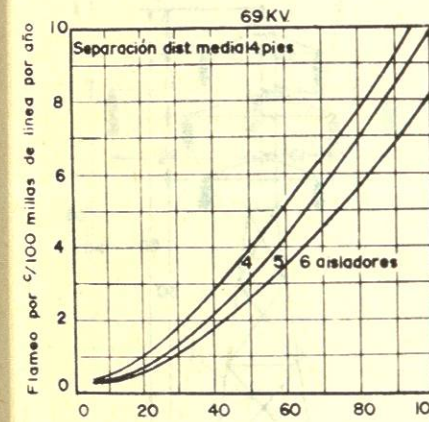
⊕ Diseño de Líneas, Basado Sobre Esfuerzos Directos



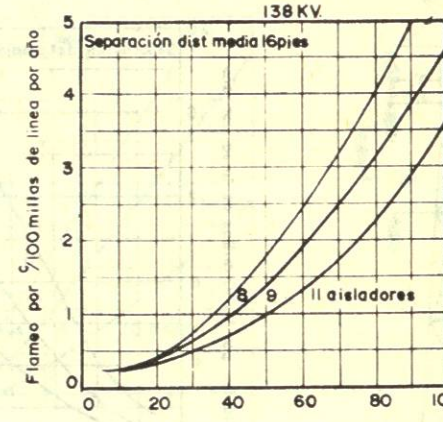
A Resistencia a tierra del poste en ohms. Claro promedio 300 pies



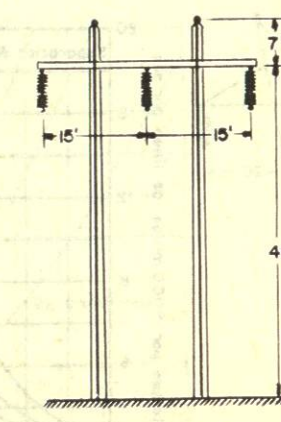
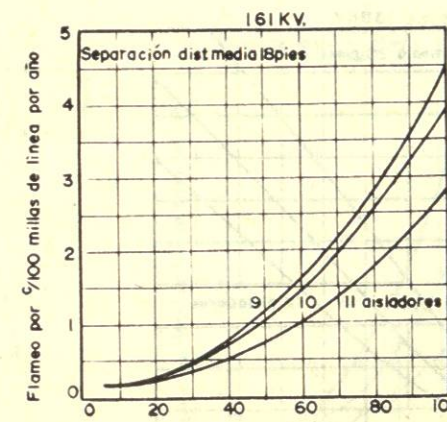
C Resistencia a tierra del poste en ohms. Claro promedio 600 pies



B Resistencia a tierra del poste en ohms. Claro promedio 500 pies

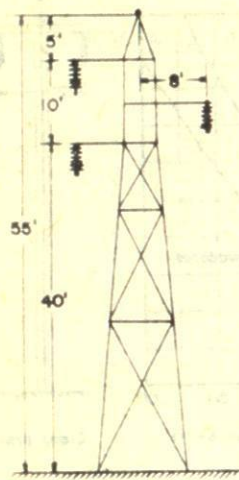


D Resistencia a tierra del poste en ohms. Claro promedio 600 pies

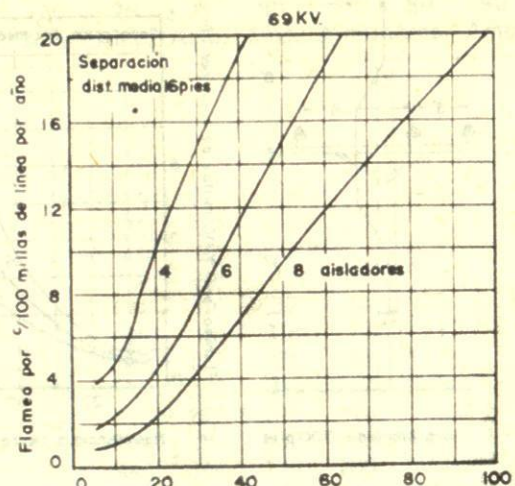


E Resistencia a tierra del poste en ohms. Claro promedio 600 pies

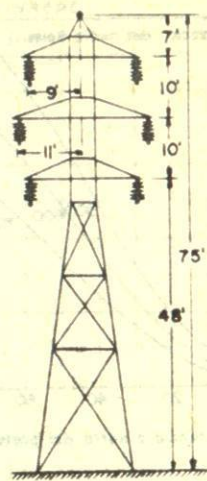
⊕ Configuraciones típicas de líneas en postes de madera y curvas para considerar el comportamiento de la línea, basado en aisladores estándar y un nivel de 30 días tormenta por año.



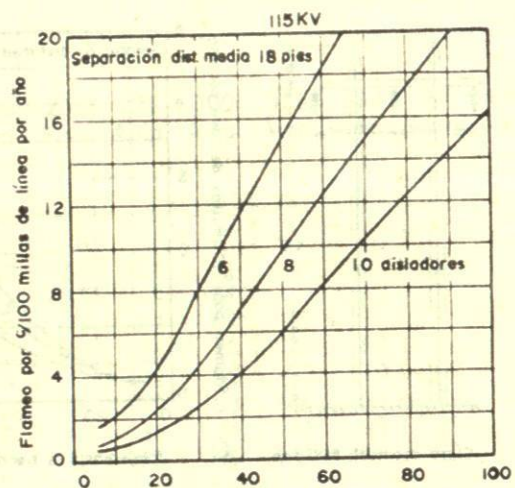
Claro promedio 600 pies



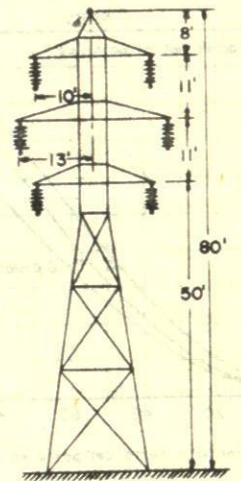
A Resistencia de la base de la torre en ohms.



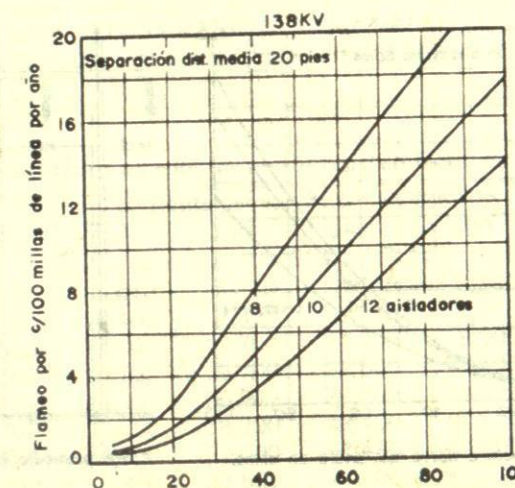
Claro promedio 600 pies



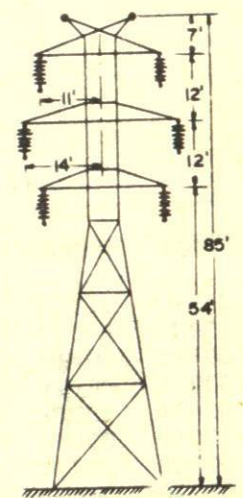
B Resistencia de la base de la torre en ohms.



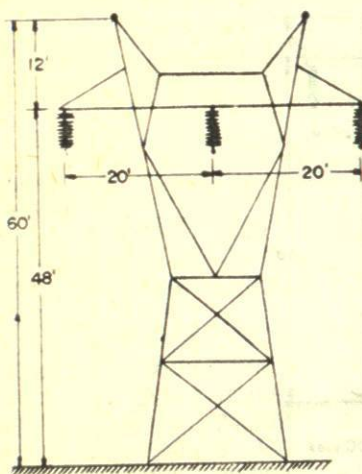
Claro promedio 700 pies



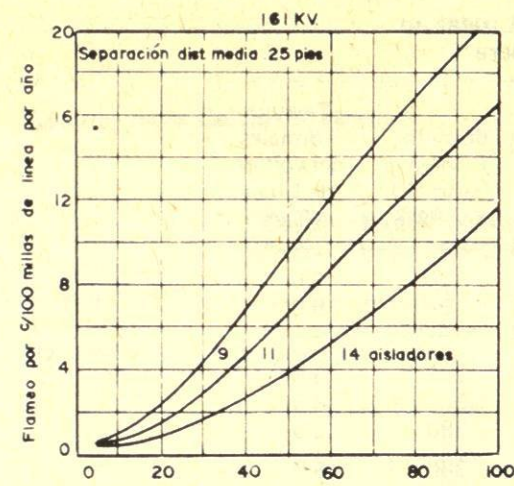
C Resistencia de la base de la torre en ohms.



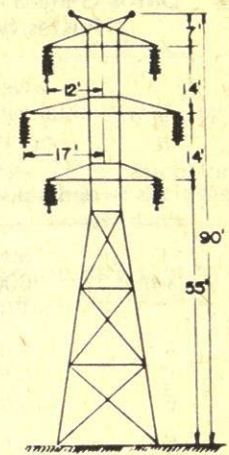
Claro promedio 800 pies



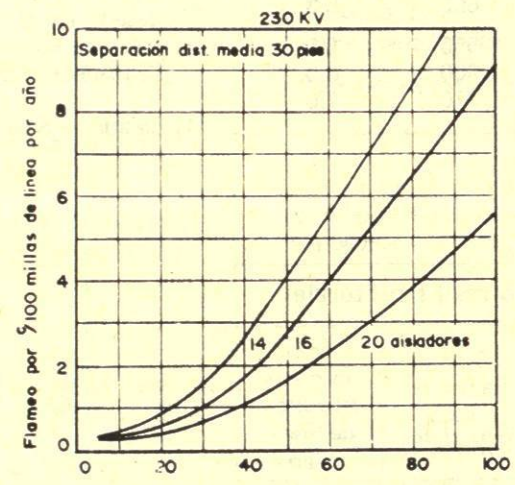
Claro promedio 900 pies



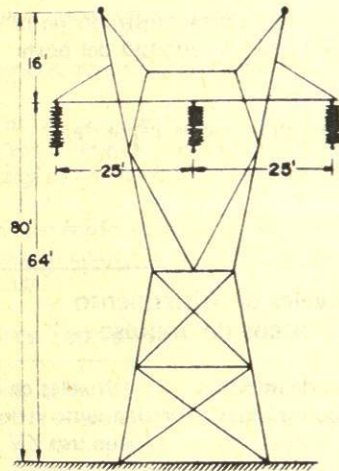
D Resistencia de la base de la torre en ohms



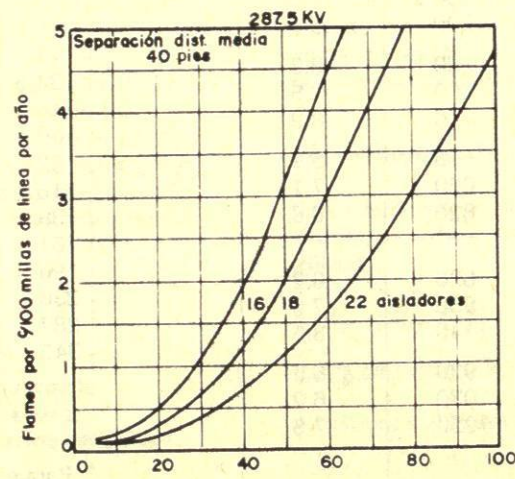
Claro promedio 900 pies



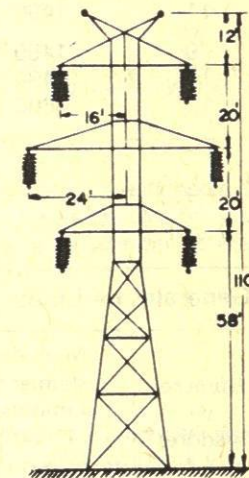
E Resistencia de la base de la torre en ohms



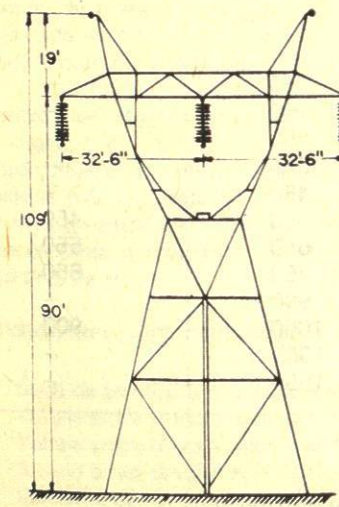
Claro promedio 1000 pies



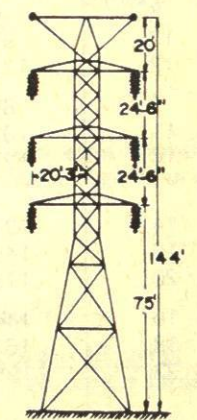
F Resistencia de la base de la torre en ohms



Claro promedio 900 pies



Claro promedio 1000 pies



Claro promedio 850 pies

Configuraciones típicas de líneas en torres estructurales y curvas para considerar el comportamiento de la línea, basado en aisladores estándar y un nivel de 30 días tormenta por año.

⊕ Datos Generales de Líneas en Postes de Madera				
Voltaje Nominal KV	Número de aisladores*	Nivel de aislamiento al impulso** (1-1/2x 40) ondas positivas	60 ciclos Flameo en seco (1) (KV-RMS)	Tiempos normales del voltaje de Línea a Tierra
34.5	Tipo alfiler	500	120	6.0
		600	180	9.0
		700	—	—
69	4	970	270	6.8
		1020	330	8.3
		1070	380	9.5
115	6	1130	380	5.7
		1220	500	7.5
		1330	600	9.0
138	8	1330	500	6.3
		1380	550	6.9
		1490	660	8.3
161	9	1450	550	5.9
		1490	600	6.5
		1600	710	7.6

* Valores promedio más utilizables

** Basado en el número de aisladores mostrado en la columna correspondiente, más la longitud del poste de madera empleado.

(1) Basado en aislamiento de porcelana únicamente.

⊕ Datos Generales de Líneas en Torres Estructurales				
Voltaje Nominal KV	Número de aisladores*	Nivel de aislamiento al impulso (1-1/2x40) ondas positivas	60 ciclos flameo en seco (KV-RMS)	Tiempos normales del voltaje de línea a tierra
69	4	430	270	6.8
		600	380	9.5
		760	500	12.5
115	6	600	380	5.7
		760	500	7.5
		930	600	9.0
138	8	760	500	6.3
		930	600	7.5
		1100	710	8.9
161	9	850	550	5.9
		1020	660	7.1
		1270	820	8.8
230	14	1270	820	6.2
		1440	930	7.0
		1780	1140	8.6
287.5	16	1440	930	5.6
		1610	1030	6.2
		1950	1250	7.5
345	18	1610	1030	5.2
		1780	1140	5.7
		2110	1350	6.8

* Valores promedio más utilizables.

Niveles de Aislamiento Básicos de impulso		
Clase KV	Niveles de impulso básico estándar KV	Niveles de aislamiento reducido en uso KV
1.2	30*	45†
2.5	45*	60†
5.0	60*	75†
8.7	75*	95†
15	95*	110†
23	150	—
34.5	200	—
46	250	—
69	350	—
92	450	—
115	550	450
138	650	550
161	750	650
196	900	—
230	1050	900
287	1300	—
345	1550	—

* Para equipo de distribución.

† Para equipo de potencia.

Cálculo de la Caída de Tensión

Calculo de Caidas de Tensión Constante

La caída de tensión constante se debe al flujo de la corriente a través de una impedancia. Para calcular la caída de tensión constante, la impedancia del circuito, la corriente del circuito y el factor de potencia de esa corriente relativo a algún voltaje, deben ser conocidos. Se considera que el factor de potencia será el de la carga.

Métodos rigurosos de cálculo de caída de tensión pueden ser muy rebuscados y complicados, particularmente en los casos en donde sólo el voltaje final enviado es conocido y la corriente y el factor de potencia de la carga cambian con la variación del voltaje final recibido. Para el propósito de uso ordinario en problemas de plantas industriales, los métodos aproximados son generalmente satisfactorios.

Se describen dos métodos para determinar la caída de tensión:

1. Por cálculo, usando cualquiera de los voltajes finales: enviado o recibido, la magnitud y el factor de potencia de la carga de corriente y la impedancia total del circuito.
2. Este método incluye el uso de las cartas de la caída de tensión contra la carga de las varias componentes del circuito.

Caída de Tensión por Formula.

La caída de tensión en un sistema de fuerza puede ser calculado por la selección de la fórmula, la cual sea más adecuada a la exactitud requerida y el voltaje, el cual es conocido, así como el voltaje final de envío o de recepción del circuito.

En todas las fórmulas siguientes, excepto la ecuación (8), los voltajes están en caída de tensión línea a neutro. Para obtener la caída de tensión en un sistema trifásico, multiplique la caída de tensión de línea a neutro por $\sqrt{3}$. Para el sistema de una fase, la caída de tensión de línea es obtenida, multiplicando la caída de tensión de línea a neutro por 2.

Es posible, bajo algunas condiciones obtener un resultado con signo negativo de las siguientes fórmulas. En tales casos, el resultado deberá ser interpretado entendiendo que el voltaje recibido es más alto que el voltaje final enviado. Estos casos serán raros, sin embargo la gran mayoría de los sistemas tendrán voltaje de carga o recepción, los cuales son más bajos que el voltaje final de envío.

Nomenclatura para Fórmulas.

- e = Caída de tensión entre línea a neutro
- e_s = Voltaje entre línea a neutro al final de la fuente
- e_R = Voltaje entre línea a neutro al final de la carga
- φ = Angulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga
- I = Corriente de línea
- R = Resistencia del circuito en ohms
- X = Reactancia del circuito en ohms

(Por conveniencia, la reactancia inductiva tiene valor positivo y la reactancia capacitiva tiene valor negativo)

Cos φ = Factor de potencia de la carga en decimales
Sen φ = Factor reactivo de carga, en decimales

(Por conveniencia, sen φ es positivo para el factor de potencia de cargas retardadas y negativo para el factor de potencia de cargas adelantadas).

Formulas Exactas

Si e_R es conocida:

$$\text{Caída de tensión de línea a neutro} = \sqrt{(e_R \cos \phi + IR)^2 + (e_R \sin \phi + IX)^2} - e_R \quad (1)$$

Si e_S es conocida:

$$\text{Caída de tensión línea a neutro} = e_S + IR \cos \phi + IX \sin \phi - \sqrt{e_S^2 - (IX \cos \phi - IR \sin \phi)^2} \quad (2)$$

La caída de tensión puede ser obtenida también por un método proporcional. Ambas, la caída de tensión y el cambio de fase debido a la caída de tensión pueden ser obtenidas por:

$$e_R = e_S \frac{Z_I}{Z_S} \quad (3)$$

en donde todas las cantidades son expresadas vectorialmente y Z_I es la impedancia de la carga equivalente y Z_S es la impedancia del sistema, incluyendo Z_L

$$\text{Caída de tensión} = e_S - e_R \text{ (numéricamente)}. \quad (4)$$

Si se usa la ecuación (3) deberá tomarse en cuenta que la impedancia de la carga es afectada por ser constante, de donde todas las otras formulas están basadas en que la corriente de carga permanece constante.

Fórmulas aproximadas

En casos prácticos, los resultados de estas fórmulas aproximadas son lo suficientemente precisas, en donde se usa la regla de cálculo.

Si e_R es conocida:

$$\text{Caída de tensión de línea a neutro} = I (R \cos \phi + X \sin \phi) + \frac{(IX \cos \phi - IR \sin \phi)^2}{2(e_R + IR \cos \phi + IX \sin \phi)} \quad (5)$$

Si e_S es conocida:

$$\text{Caída de tensión de línea a neutro} = IR \cos \phi + IX \sin \phi + \frac{(IX \cos \phi - IR \sin \phi)^2}{2 e_S} \quad (6)$$

Fórmulas Aproximadas más Comúnmente Usadas. ⚙

Donde e_R ó e_S es conocida:

Caida de tensión de línea a neutro =

$$= I (R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (7)$$

La ecuación (7) puede ser convertida como sigue para calcular el por ciento de caída de tensión.

Por ciento de la caída de tensión =

$$= \frac{Kva (R \cos \theta + X \sin \theta)}{10 (Kv)^2} \quad (8)$$

Donde Kva. son Kva trifásicos, Kva. y Kv. son Kilovolts de línea a línea.

Para circuitos monofásicos el por ciento de la caída es dos veces este valor. Del diagrama vectorial en la figura siguiente puede ser visto que, las ecuaciones (7) y (8) son aproximadas,

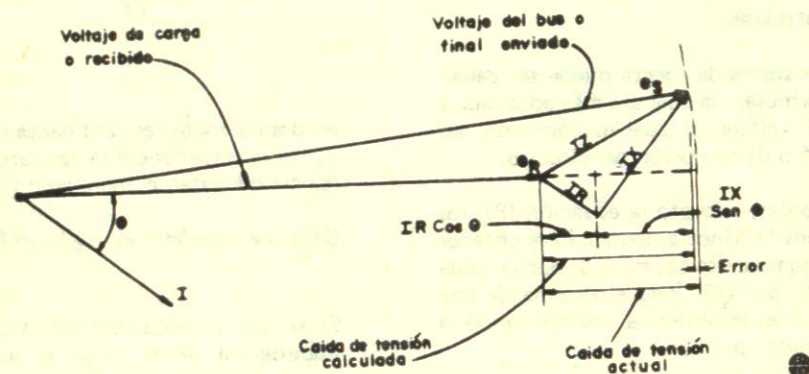


Diagrama que indica la magnitud del error cuando se utilizan las ecuaciones (7) y (8).

para fines prácticos. En casos prácticos el ángulo entre e_R y e_S será pequeño. En estas fórmulas el error disminuye cuando el ángulo entre e_R y e_S se aproxima a cero y son exactas cuando el ángulo es cero. La última condición existirá cuando el factor de potencia de una carga inductiva sea el mismo que el del circuito inductivo a través de la carga de corriente que causa la caída de tensión. En la figura, θ es el factor de potencia de la carga.

Efecto de Cargas no Lineales

El error causado por la variación de la corriente de carga y el factor de potencia, con el voltaje aplicado a la carga, no es

tomado en consideración en las fórmulas anteriores. Si el error es considerable, puede compensarse usando el método "ejecutar y comprobar"; esto es, primero se toma una carga dada o el voltaje final de recepción e_R en las fórmulas. Entonces si el valor obtenido por sustracción del cálculo de caída de tensión de el voltaje final enviado es considerablemente diferente de el tomado para el voltaje final recibido prueba otra vez. Generalmente tal refinamiento no es necesario cuando la caída de tensión de la planta total es menor del 10 %.

Calculos de la Caída de Tensión incluyendo la Reactancia del Conductor

Cuando la corriente circula en un conductor en el cual la reactancia debida a la misma inducción es despreciable, la caída de tensión es igual al producto de la corriente en amperes y resistencia total del conductor en ohms. Pero cuando la reactancia del conductor no es despreciable la caída de tensión es igual al producto de la corriente en amperes y la impedancia total de el conductor, la cual es determinada de la fórmula

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

En la cual: Z = Impedancia total en volts.
 R = Resistencia total de la corriente alterna conductor en ohms.
 X = Reactancia del conductor en ohms.

La caída de tensión en tal conductor es:

$$V = IZ$$

En la cual: V = Caída de tensión en volts
 I = Flujo de corriente en el conductor en res.
 Z = Impedancia total del conductor en ohms

⚙ Cálculo de Caída de Tensión

La resistencia de un alambre de cobre de 1 pie de longitud y 1 circular mil, en su sección transversal, es aproximadamente 10.8 ohms.

En la ley de Ohm $I = \frac{E}{R}$

donde:

$$R = \frac{2 \times \text{pies (longitud del circuito)} \times 10.8}{\text{CM}}$$

Usando la ley de Ohm, $E = IR$

$$E = \frac{\text{amperes} \times 2 \times \text{pies} \times 10.8}{\text{CM}}$$

Donde el término "Pies" indica la longitud del circuito, el número de pies de alambre en el circuito, siendo doble la longitud del mismo.

Ejemplo: Cual sería la pérdida de voltaje en un circuito de alambre No. 12 llevando 20 amperes una distancia de 50 pies?

No. 12 AWG = 6530 CM

$$E = \frac{20 \times 2 \times 50 \times 10.8}{6530} = \frac{3.3 \text{ caída de tensión, o}}{3 \% \text{ en circuito de 110 volts}}$$

Como hacer un Estudio de Circuito Corto, para Determinar la Corriente de Circuito Corto

Fórmulas para el Estudio del Circuito Corto.

I.- Cambiando de ohms. a % ohms., etc.

reactancia por unidad en Kva de base 2 =

$$= \frac{Kva \text{ base } 2}{Kva \text{ base } 1} \times [\text{reactancia por unidad (en ohms) en Kva base } 1] \quad (6)$$

$$\text{reactancia en \% en ohms.} = \frac{(\text{reactancia en ohms}) (Kva \text{ base})}{(Kv)^2 (10)} \quad (1)$$

$$\text{reactancia por unidad (0/1) en ohms.} = \frac{(\text{reactancia en ohms}) (kva \text{ base})}{(Kv)^2 (1000)} \quad (2)$$

$$\text{reactancia en ohms.} = \frac{(\text{reactancia en \%}) (Kv)^2 (10)}{Kva \text{ base}} \quad (3)$$

$$\text{reactancia por unidad en ohms.} = \frac{\text{reactancia en \% en ohms.}}{100} \quad (4)$$

III.- Convirtiendo la reactancia del sistema en servicio a reactancia en % o por unidad en ohms en Kva base siendo usados en el estudio:

a) Si está dada la reactancia en % en ohms en unos Kva base tan diferente a los usados en el estudio, convertir de acuerdo a la ecuación (5)

b) Si está dado el circuito corto en Kva, convertir a ohms por unidad como sigue:

$$\text{reactancia por unidad} = \frac{Kva \text{ base usados en diagrama de reactancias}}{(\text{circuito corto en Kva del sistema utilizado})} \quad (7)$$

II.- Cambiando la reactancia en % o por unidad (en ohms.) de unos Kva. base por otros.

reactancia en % en ohms en Kva de base 2 =

$$= \frac{Kva \text{ base } 2}{Kva \text{ base } 1} \times [\text{reactancia en \% (en ohms) de base } 1] \quad (5)$$

$$\text{0/1 reactancia} = \frac{Kva \text{ base usado en diagrama de reactancia}}{\left[\frac{\text{corriente en circuito corto}}{\sqrt{3}} \right] \left[\frac{Kv \text{ considerado del sistema}}{\sqrt{3}} \right]} \quad (8)$$