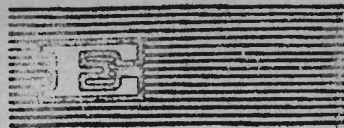


C.2



NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO
CCE/SC.5/CRNE/V/3
21 de noviembre de 1969

ORIGINAL: ESPAÑOL

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA
DEL ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE ELECTRIFICACION
Y RECURSOS HIDRAULICOS

Comité Regional de Normas Eléctricas
Quinta reunión
San José, Costa Rica, 1 a 6 de diciembre de 1969

PROYECTOS DE NORMAS DE TRABAJO PARA EL DISEÑO DE REDES
DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

CRNE-10: Criterios de diseño mecánico

CRNE-11: Criterios de diseño eléctrico
(Equipos de protección y medición)

Documento elaborado para el Comité Regional de Normas Eléctricas por el
experto, señor Rafael Carrillo Lara, integrante de la Misión Centroameri-
cana de Electrificación y Recursos Hidráulicos.

INDICE

Página

Proyecto de norma de trabajo CRNE-10

CRITERIOS DE DISEÑO MECANICO DE REDES DE DISTRIBUCION
DE ENERGIA ELECTRICA

Introducción	v
I. Resistencia mecánica	1
II. Clases de construcción según resistencia mecánica	4
1. Clasificación de construcción	4
2. Requisitos mínimos para cada clase de construcción de líneas	4
3. Requisitos adicionales especiales para la clase A, en cruzamientos con vías férreas	11
III. Clase de construcción según lugares y condiciones	12
IV. Distancias mínimas entre partes calientes y entre éstas y tierra	17
1. Altura de conductores sobre el piso o vías férreas	17
2. Altura de la conexión de subidas de cables subterráneos a líneas aéreas	17
3. Separación entre conductores que se crucen	17
4. Separación de conductores a edificios	19
5. Separación mínima entre conductores en sus soportes, en postes o estructuras	19
6. Separación mínima entre conductores y soportes en cualquier dirección	21
7. Separación entre conductores en bastidores verticales	21
8. Separación vertical entre conductores o equipo colocados a diferentes niveles en el mismo poste o estructura	23
Bibliografía	26

Proyecto de norma de trabajo CRNE-11

CRITERIOS DE DISEÑO ELECTRICO PARA REDES DE DISTRIBUCION
DE ENERGIA ELECTRICA

I. Equipo de protección	27
1. Pararrayos	27
a) Consideraciones generales	27
b) Criterios de selección	30
c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Pararrayos de distribución	34
2. Cortacircuitos	37
a) Consideraciones generales	37
b) Criterios de selección	37
c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Corta-circuitos para distribución	43
3. Cuchillas seccionadoras	44
a) Consideraciones generales	44
b) Criterios de selección	48
c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Cuchillas seccionadoras para distribución	50
4. Restauradores y seccionadores automáticos	51
a) Consideraciones generales	51
b) Criterios de selección	54
c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Restauradores y seccionadores automáticos	54
II. Equipo de medición	58
1. Consideraciones generales	58
2. Propuesta de norma de trabajo CRNE. Medidores de kWh para acometidas de servicio eléctrico	64
Bibliografía	68
OBSERVACIONES DE LOS COMITES NACIONALES DE NORMAS ELECTRICAS DEL ISTMO Y DEL EXPERTO REGIONAL	69

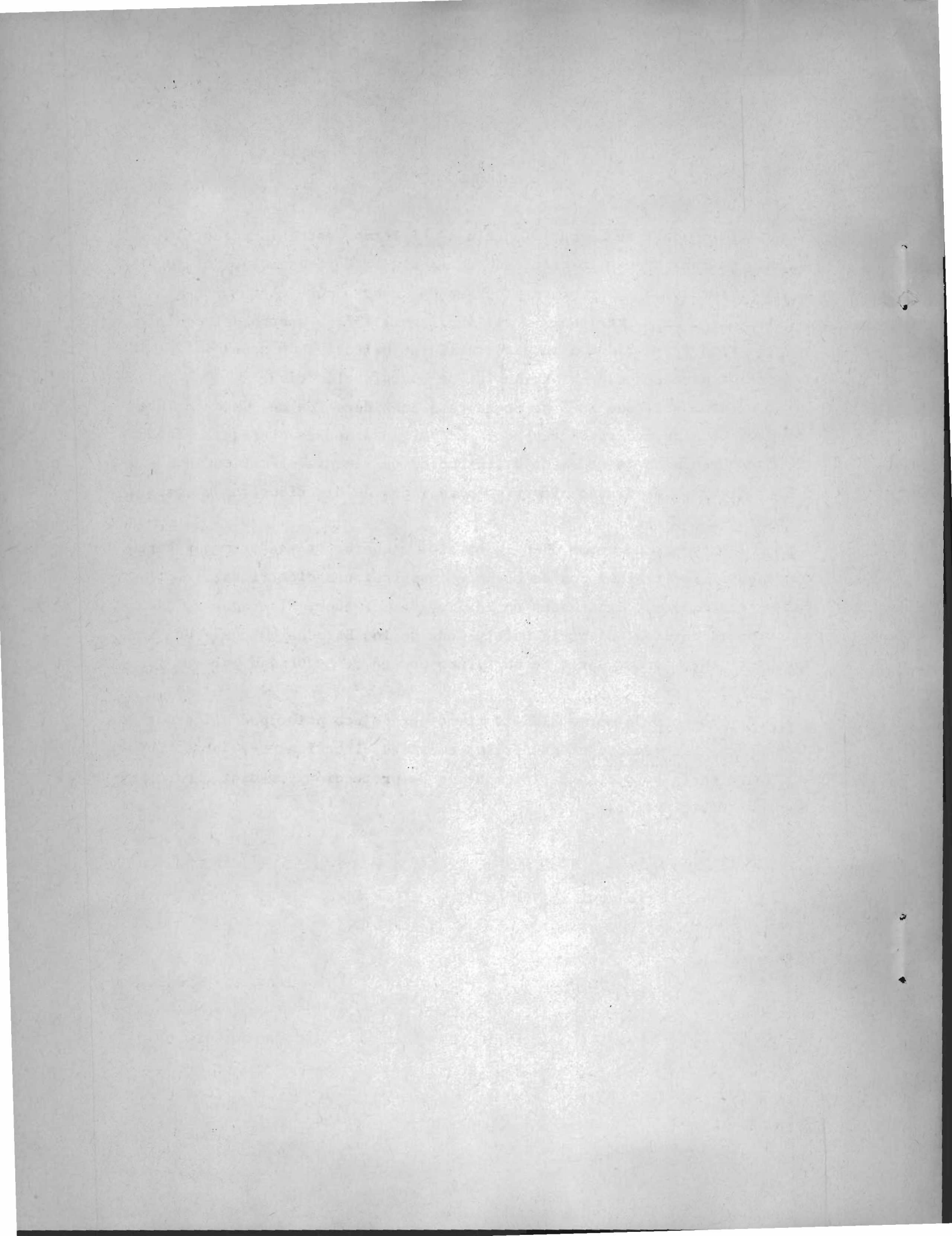
INTRODUCCION

El Comité Regional de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano, CRNE, durante su cuarta reunión celebrada en la ciudad de Guatemala, del 19 al 24 de marzo de 1969, aprobó un programa de trabajo para el segundo año de labores del experto regional (abril 1969-abril 1970), dentro del cual le asignó primera prioridad a la elaboración de criterios de diseño eléctrico y mecánico para redes de distribución de energía eléctrica.

El documento que aquí se presenta a consideración del CRNE incluye dos proyectos de normas de trabajo: a) "Algunas normas de seguridad para el diseño mecánico de redes de distribución de energía eléctrica (CRNE-10)" y b) "Criterios de diseño eléctrico para redes de distribución de energía eléctrica (CRNE-11)".

El proyecto de norma CRNE-10 ha sido elaborado tomando como referencia fundamental los reglamentos de obras e instalaciones eléctricas, (o proyectos de los mismos), existentes en México, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, así como el National Electric Safety Code de los Estados Unidos. Una vez aprobado podrá formar parte de un futuro Código de Seguridad para instalaciones eléctricas.

El proyecto de norma CRNE-11 tiene por objeto principal uniformar los diferentes criterios seguidos por las empresas eléctricas del Istmo Centroamericano en la selección de los equipos de protección y medición para redes de distribución.



I. RESISTENCIA MECANICA

Las líneas aéreas, ya sean suministradoras o de comunicación, deberán tener resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas a que puedan estar sometidas y que razonablemente puedan anticiparse, con factores de seguridad que podrán variar según el lugar y las condiciones de peligro en que se encuentren, como se establece más adelante.

Bases para el cálculo de las cargas

a) Cargas de conductores

Para calcular la tensión mecánica de los conductores, se considerará como la carga total, la resultante del peso del conductor y de la fuerza producida por el viento, actuando horizontalmente y en ángulo recto con la dirección de la línea, a la temperatura mínima, de acuerdo con las bases siguientes:

i) Presión del viento. Para todo el Istmo Centroamericano la fuerza ejercida por el viento se calculará como la correspondiente a una presión no menor de 39 kilogramos por metro cuadrado de área proyectada de superficies cilíndricas.

ii) Temperaturas mínima y máxima. Para todo el Istmo Centroamericano se supondrá que los conductores estarán sometidos a una temperatura mínima de 10° C y máxima de 50° C.

b) Cargas en postes o estructuras de soporte

La carga que actúe sobre los postes o estructuras de soporte y sobre todo el material usado para soportar los conductores, se calculará como sigue:

i) Carga vertical. La carga vertical sobre postes, torres, cimientos, crucetas, espigas, aisladores y dispositivos de sujeción se considerará como su propio peso más el de todos los conductores, cables y equipo que soporten, teniendo en cuenta los efectos que pueden resultar de diferencia de elevación entre soportes de conductores de estructuras inmediatas.

ii) Carga

ii) Carga transversal. La debida al viento soplando horizontalmente y en ángulo recto a la dirección de la línea, como sigue: para todas las superficies cilíndricas del poste o estructura y conductores soportados, se considerará una presión no menor de 39 kilogramos por metro cuadrado sobre el área proyectada. Cuando la estructura tenga superficies planas, se considerará una presión no menor de 60 kilogramos por metro cuadrado de área proyectada sobre un plano normal a la dirección del viento.

La carga transversal sobre cualquier poste o estructura podrá calcularse usando el promedio de las distancias interpostales, siempre que este promedio no difiera en más del 25 por ciento de las distancias interpostales a un lado y otro del poste o estructura de que se trate.

En cruzamiento con ferrocarriles o con conductores de comunicación, la carga transversal sobre el poste o estructura deberá calcularse considerando la distancia interpostal real.

iii) Carga longitudinal.

1. Tramos rectos de línea. En general, no es necesario considerar carga longitudinal en los postes o estructuras comprendidos en tramos rectos de líneas aéreas, donde no cambie la tensión mecánica de los conductores a uno y otro lado de los postes o estructuras.

Se exceptúa el caso en que al final de una sección de la línea con construcción de clase A (véase más adelante la clasificación de construcción según resistencia mecánica) la línea cambia a otra clase inferior, como puede suceder en cruzamientos con ferrocarriles. En este caso, se considerará un esfuerzo longitudinal desequilibrado mínimo, en la dirección de la clase A, sobre postes, y retenidas, igual a la tensión en las condiciones de carga especificadas en el inciso a), de las dos terceras partes de los conductores soportados más delgados que el número 2 AWG, escogiendo los conductores que produzcan los mayores esfuerzos sobre las estructuras.

Si las dos terceras partes dan un número fraccionario, se tomará el entero más próximo. El esfuerzo longitudinal mencionado no deberá ser menor que el producido por la tensión de dos de los conductores soportados, incluyendo hilos de guarda y mensajeros, en la combinación más desfavorable.

2. Remates. En los remates, el esfuerzo longitudinal se considerará igual a la suma de las tensiones de todos los conductores que rematen en el poste o estructura, incluyendo hilos de guarda y mensajeros en las condiciones de carga especificadas en el inciso a).

iv) Cambio de dirección de la línea. La carga debida a la tensión de los conductores y al viento, en los postes o estructuras de soporte y sus retenidas, instalados donde la línea cambie de dirección, se considerará igual a la resultante de las tensiones de los conductores originadas por el cambio de dirección de la línea, sumándole aritméticamente a esta resultante la fuerza del viento calculada como si la línea fuera recta. Puede usarse un método de cálculo más exacto.

v) Aplicación simultánea de cargas.

1) Al calcular la resistencia transversal, se supondrá que las cargas vertical y transversal actúan simultáneamente.

2) Al calcular la resistencia longitudinal, no se tomarán en cuenta las cargas vertical y transversal.

II. CLASES DE CONSTRUCCION SEGUN RESISTENCIA MECANICA

1. Clasificación de construcción

Con el objeto de establecer los coeficientes de seguridad y otros requisitos que las redes deben cumplir en diferentes lugares y condiciones que representen peligro a personas, a sus intereses, o a otras redes como en cruzamientos, campo abierto, etc., tanto las líneas aéreas suministradoras como las de comunicación se dividen, en cuanto a su construcción, en tres clases que se denominan por letras A, B y C.

La clase A es la más fuerte y la que llena los requisitos más exigentes, que se consideran necesarios en los casos de mayor peligro. La clase B es menos fuerte que la A; pero llena ciertos requisitos que se consideran necesarios en algunos lugares o condiciones en que el peligro es menor que en los considerados para la clase A. La clase C es la menos exigente para condiciones generales que no implican peligros especiales. En esta última clase no se requieren coeficientes mínimos de seguridad determinados, sino que bastará con que las construcciones sean suficientemente fuertes para resistir con seguridad las cargas que normalmente lleve, incluyendo el peso de los operarios que trabajen en ellas y que cumplan con algunos requisitos esenciales.

El artículo siguiente especifica detalladamente los requisitos que debe cumplir cada clase. El capítulo III señala los lugares y condiciones en que deberán usarse las líneas de cada clase.

2. Requisitos mínimos para cada clase de construcción de líneas

En el cuadro 1 comprendido en este capítulo, se especifican los coeficientes mínimos de seguridad y otros requisitos mínimos que deberá cumplir cada clase de construcción de líneas aéreas, tanto suministradoras como de comunicación.

En cruzamientos sobre vías férreas, las líneas de la clase A deberán cumplir, además, con los requisitos adicionales del artículo 3.

/Al calcular

Al calcular los esfuerzos a que esté sometido un poste o estructura de soporte y todos sus accesorios, no se deberán tomar en consideración las deformaciones causadas por la aplicación de las cargas, a menos que el método de cálculo haya sido previamente aprobado por el organismo nacional competente.

Cuadro 1

REQUISITOS MINIMOS PARA CADA CLASE DE CONSTRUCCION DE LINEAS AEREAS

	CLASE A	CLASE B	CLASE C
CONDUCTORES SUMINISTRADORES EN LINEA ABIERTA (Incluye hilos de guarda)			
<u>Tensión</u>			
Coefficiente de seguridad mínimo basado en la resistencia máxima de los conductores en las condiciones de carga especificadas en el punto I-a).	1.7	1.7	
<u>Material para conductores</u>			
Deberá ser resistente a la corrosión excesiva bajo las condiciones de operación	SI	SI	SI
<u>Empalmes</u>			
Se recomienda no hacerlos en cruzamientos; los que se hagan deben tener la resistencia mecánica igual o mayor que la requerida para el conductor	SI	SI	SI
CONDUCTORES SUMINISTRADORES EN CABLE			
Si el cable lleva forro metálico conectarlo al mensajero y a tierra, estableciendo continuidad eléctrica	SI	SI	SI
CABLE MENSAJERO			
<u>Tensión</u>			
Coefficiente de seguridad basado en su resistencia máxima, con las cargas especificadas en el punto I-a) y el peso adicional que soporta	1.7	1.7	

	CLASE A	CLASE B	CLASE C
<u>Material</u>			
Resistente a corrosión excesiva	SI	SI	SI
Deberá estar conectado a tierra en forma efectiva	SI	SI	SI
CONDUCTORES DE COMUNICACION EN LINEA ABIERTA			
<u>Tensión</u>			
Coefficiente de seguridad mínima basado en resistencia máxima en las condiciones de carga especificadas en el punto I-a).	1.7	1.7	
<u>Material para conductores</u>			
Deberá ser resistente a corrosión excesiva bajo las condiciones de operación	SI	SI	SI
<u>Empalmes</u>			
Se recomienda no hacerlos en cruzamientos. Si se hacen, su resistencia mecánica no debe ser menor que la requerida para el conductor	SI	SI	
CONDUCTORES DE COMUNICACION EN CABLE			
Se les aplicará lo estipulado para conductores suministradores en cable	SI	SI	
Carga nominal de ruptura, en kg, del mensajero en cruzamientos con claros no mayores de 50 metros:			
Para cable soportado de menos de 3.5 kg, por metro	2 700		
Para cable soportado de 3.5 a 7.5 kg, por metro	4 500		
Para cable soportado de 7.5 a 12.5 kg, por metro	7 200		
ESPIGAS, AMARRES Y HERRAJES PARA FIJAR CONDUCTORES			
En general, deberán poder resistir una tensión desequilibrada del conductor, en kg, no menor de	200	200	

/En remates

	CLASE A	CLASE B	CLASE C
En remates y en lugares donde la Clase A cambie a otro inferior deberán poder resistir la tensión del conductor en las condiciones especificadas en el punto I-a)	SI	SI	
Este último requisito se considerará satisfecho, cuando se usen aisladores tipo espiga, si se limita la tensión del conductor a 200 kg, y se usan aisladores y amarres dobles	SI	SI	

CRUCETAS

Resistencia vertical

Al instalarse deberán tener un coeficiente de seguridad basado en su resistencia máxima con la carga especificada en el punto I-b) y 100 kg, adicionales en cualquiera de los extremos de cualquiera de las crucetas, con excepción de la más alta, no menor de

2 2

Para cumplir con la disposición anterior y para soportar cargas no llevadas normalmente por la cruceta, podrán usarse puntales u otros dispositivos adecuados

SI SI

Cuando las crucetas formen parte integrante de estructuras de soporte metálicas, aplíquese el coeficiente de seguridad que corresponda a las estructuras

SI SI

Resistencia longitudinal

Cuando la tensión de los conductores sea normalmente equilibrada, la cruceta deberá poder resistir una tensión del conductor más alejado del centro, en kg, no menor de

200 200

En remates y puntos donde la clase de construcción (A) cambie a otra inferior, las crucetas deberán poder resistir la tensión desequilibrada de todos los conductores soportados, en las condiciones de carga especificadas en el punto I-a) , con los coeficientes de seguridad siguientes:

Crucetas de madera (basado en resistencia máxima)

1 1

	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Crucetas de acero (basado en punto cedente):			
En cambio de clase (A) a inferior	1		
En remates	1.6	1.1	

Crucetas dobles

Deberán usarse en remates y en postes de cruzamientos sobre ferrocarriles cuando se usen aisladores de espiga	SI	SI	SI
---	----	----	----

POSTES Y ESTRUCTURAS

Los postes y estructuras deberán poder resistir las cargas especificadas en el punto I-b) - con los coeficientes de seguridad que se indican a continuación y además cumplirán con las disposiciones adicionales que se señalan en cada caso

Postes de concreto

Coeficiente de seguridad basados en resistencia máxima:

Resistencia transversal al instalarse	3	2	
Resistencia longitudinal, en todo tiempo:			
En cambios de clase (A) a inferior	1		
En remates	2	1.3	
Resistencia horizontal en ángulos	2	1.3	

Postes y estructuras de acero

Resistencia. Coeficientes de seguridad basados en punto cedente:

Resistencia vertical	1.3	1.1	
Resistencia transversal	2	1.6	
Resistencia longitudinal:			
En cambios de clase (A) a inferior	1.0		
En remates	1.6	1.1	
Resistencia horizontal en ángulos	1.6	1.1	

Material. Para postes y estructuras de acero no deberá usarse material más delgado que el siguiente expresado en milímetros:

/En lugares

	CLASE A	CLASE B	CLASE C
En lugares donde la pintura o cubierta protectora se deteriore con rapidez, como en las costas:			
En miembros principales	6	6	
En otros miembros	4	4	
En otros lugares:			
En miembros principales	4	4	
En otros miembros	3	3	
<u>Protección contra corrosión.</u> Las partes empotradas de postes y estructuras de acero deberán protegerse contra la corrosión mediante alguna cubierta o protección adecuada, que sobresalga del nivel del suelo			
	SI	SI	
<u>Conexión a tierra.</u> Los postes y estructuras de acero deberán conectarse a tierra en forma efectiva, cuando estén en contacto con cables de forro metálico o partes de equipo con conductores a más de 750 voltios a tierra a menos que estén protegidos adecuadamente para evitar contactos accidentales de personas			
	SI	SI	SI
<u>Postes de madera</u>			
<u>Resistencia.</u> Coeficientes de seguridad basados en resistencia máxima $\frac{1}{2}$			
Resistencia transversal y vertical:			
Al instalarse	3	1.6	
Se conservarán a no menos de	2	1.2	
Resistencia longitudinal:			
En cambio de clase (A) a inferior:			
Al instalarse ^{3/}	1.3		
Se conservarán a no menos de	1.0		
<u>En remates</u>			
Al instalarse ^{3/}	2.0	1.3	
Se conservarán a no menos de	1.2	1.0	
Resistencia horizontal en ángulos:			
Al instalarse ^{3/}	2.0	1.3	
Se conservarán a no menos de	1.2	1.0	

	CLASE A	CLASE B	CLASE C
<u>Diámetro mínimo</u> que los postes de madera deberán tener en el extremo superior, expresado en centímetros	12	12	
Serán de madera escogida y libre de defectos que puedan disminuir su resistencia y preferentemente deberán ser tratados para aumentar su duración	SI	SI	
<u>Ensambladuras.</u> Se recomienda no hacerlas. Cuando se hagan, deberán tener un coeficiente de seguridad no menor que el requerido para el poste	SI	SI	
RETENIDAS			
Las retenidas deberán tener un coeficiente de seguridad, basado en su resistencia máxima bajo las cargas especificadas en el punto I-b) no menor de:			
Para carga transversal de la línea al instalarse	2.5	2	
Para carga longitudinal en la línea, en cualquier tiempo:			
En cambio de clase (A) a inferior	1		
En remates	1.5	1.1	
Para carga en ángulos, en cualquier tiempo	1.5	1.1	

- 1/ Se considera que los postes de pino y cedro tienen una resistencia máxima aproximada de 400 kg por centímetro cuadrado. Sin embargo, deberán usarse preferentemente valores de resistencia máxima que se obtengan en pruebas experimentales en los postes de que se trata.
- 2/ En cruzamientos de la clase (A) en que la dirección de la línea no cambia y que no sean sobre ferrocarriles, se podrá considerar que los postes de madera tienen suficiente resistencia longitudinal, aunque no se haga uso de retenidas, si son redondos y si su resistencia transversal cumple con el coeficiente de seguridad especificado en este cuadro.
- 3/ Si la construcción es temporal, el coeficiente de seguridad para resistencia longitudinal al instalar postes de madera podrá ser disminuido siempre que durante el tiempo en que la línea esté en servicio, dicho coeficiente de seguridad no sea menor que el mínimo a que debe conservarse.

3. Requisitos adicionales especiales para la clase A,
en cruzamientos con vías férreas

a) Angulo de la línea con la vía

Debe procurarse no variar la dirección de la línea al cruzar la vía.

b) Distancia interpostal

Se recomienda que en el cruzamiento la distancia interpostal sea tan corta como sea posible; pero se procurará que las estructuras de soporte disten de la vía cuando menos el equivalente a su altura.

c) Conductores.

Si se trata de líneas de comunicación en línea abierta, no deberán usarse conductores de calibre más delgado que el No. 10, cuando sean de cobre semiduro, ni que el No. 12, cuando sean de acero galvanizado o sus equivalentes en resistencia mecánica. Se recomienda usar calibres mayores cuando se trate de claros de más de 50 metros, así como en distritos que no sean rurales.

d) Amarres en soportes

Deberán ser de suficiente resistencia para evitar que el conductor se corra hacia el tramo del cruzamiento.

e) Aisladores y espigas

Deberán resistir la tensión del conductor que soporten, bajo las condiciones especificadas en el punto I-a) sin sufrir daño.

III. CLASE DE CONSTRUCCION SEGUN LUGARES Y CONDICIONES

Los peligros que representa una línea aérea, tanto por su voltaje como por los lugares por donde pase o que cruce y por su posición con relación a otras líneas, determinan cual de las clases de construcción a que se refiere el punto II-1. deberá emplearse para la línea de que se trate.

El cuadro 2 indica la clase de construcción de la línea, tanto en lo referente a conductores como a sus aisladores y estructuras soportadoras, que debe usarse para los distintos voltajes y en las distintas condiciones que el mismo cuadro señala. Para la aplicación de este cuadro, véase las disposiciones de la fracción siguiente.

Disposiciones para la selección del tipo de construcción. (Véase el cuadro 2)

a) Circuitos de comunicación

En general, para la aplicación del cuadro, los circuitos de comunicación deberán considerarse como suministradores de 0 a 750 voltios. Se procurará que los conductores de comunicación no queden a niveles superiores a los de líneas suministradoras.

Cuando sea necesario que queden arriba de conductores suministradores de más de 750 voltios entre conductores, los conductores de comunicación deberán instalarse como si fueran suministradores de 750 a 8 700 voltios.

b) Conflicto entre líneas

En caso de conflicto entre líneas^{1/} los postes o estructuras de la línea que puedan llegar a tocar a los conductores de la otra línea deberán ser de una clase no inferior a la que corresponda a un cruzamiento de la primera sobre la segunda.

1/ Definición de "conflicto entre líneas": Se dice que hay conflicto entre dos líneas cuando, sin cruzarse, están situadas de tal manera que si los postes o estructuras de una de ellas llegaran a caerse, dichos postes o estructuras, o sus conductores, pueden llegar a tocar a los conductores de la otra línea suponiendo que ninguno de los conductores se haya reventado. Se exceptúa de lo anterior el caso de dos líneas que se encuentran en lados opuestos de una calle, callejón o camino, con la separación máxima permitida por el derecho de vía, siempre que dicha separación sea mayor que el 60 por ciento de la altura de los postes o estructuras más altas y de más de 6 metros, caso en el cual se considerará que las líneas no están en conflicto.

Cuadro 2

CLASE DE CONSTRUCCION REQUERIDA PARA LINEAS SUMINISTRADORAS Y DE COMUNICACION

Las clases de construcción que da este cuadro corresponden a las líneas en los niveles superiores.

Los voltajes son entre conductores

CONDUCTORES A NIVELES SUPERIORES CONDICIONES INFERIORES	0 a 750 voltios		750 a 8 700 voltios		Más de 8 700 voltios	
	Lugares pobla- dos o muy transitados	Lugares des- poblados o poco transi- tados	Lugares pobla- dos o muy transitados	Lugares des- poblados o poco transi- tados	Lugares pobla- dos o muy transitados	Lugares des- poblados o poco transi- tados
Derechos de vía cercados	C	C	C	C	C	C
Calles, caminos y campo abierto	C	C	B	C	A	C
Vía férrea	A	A	A	A	A	A
Conductores de comunicación	C	C	B	B	A	A
CONDUCTORES 0 a 750 voltios	C	C	B	C	A	B
SUMINISTRADORES 750 a 8 700 voltios	B	C	B	C	A	C
Más de 8 700 voltios	A	B	A	C	A	C

c) Conductores en cable

A las líneas que lleven conductores en cable con cubierta metálica conectada a tierra, se les podrá aplicar la clase inmediata inferior a la indicada en el cuadro, con excepción del caso en que crucen sobre vías férreas, en el que se les aplicará la clase A.

d) Más de una condición para determinar la clase de construcción

Cuando existan dos o más condiciones que afecten a la clase de construcción de la línea, se escogerá la clase más alta fijada por la condición más exigente.

e) Cruzamientos de líneas

Cuando una línea cruce a otra por abajo, la clase de construcción para la línea inferior se determinará como si la línea más alta no existiera.

Si en una misma distancia interpostal los conductores de una línea cruzan sobre los conductores de otras dos líneas, la clase de construcción para los conductores más altos no deberá ser inferior a la clase más fuerte que corresponda a la combinación más exigente de las líneas inferiores, si éstas estuvieran en cruzamiento.

Si una línea cruza sobre otra y en la misma distancia interpostal la línea cruzada cruza a su vez sobre otra línea, la clase de la línea más alta no deberá ser menor que la de la línea inmediata inferior.

f) Circuitos de señales para la policía y para alarmas de incendio.

Para determinar la clase de construcción que les corresponda, se considerarán como de comunicación y en las condiciones correspondientes.

g) Neutros de circuitos suministradores

Cuando se encuentren conectados a tierra en forma efectiva y no estén arriba de conductores de más de 750 voltios a tierra, podrán instalarse como conductores de 0 a 750 voltios a tierra, excepto que no habrá requisitos para su aislamiento. Otros conductores neutros deberán instalarse con la misma clase que se requiere para los conductores suministradores con que estén asociados.

h) Circuitos

h) Circuitos de corriente constante

La clase de construcción para circuitos de corriente constante se basará en su voltaje nominal a plena carga.

i) Proximidad al mar

Con el objeto de evitar o disminuir la corrosión en las líneas aéreas que se construyan cerca de la costa y se encuentren expuestas directamente a la contaminación salina de la brisa del mar, se recomienda el uso de conductores de aluminio tipo A.A. o de cobre.

En los casos en que se deba usar el conductor de aluminio tipo ACSR, éste debe estar cubierto por una capa de grasa.

Todos los herrajes deberán ser galvanizados.

En casos especiales de alta contaminación salina se recomienda elevar el nivel de aislamiento de la línea a la clase inmediata superior.

En estos casos es también recomendable el uso del "copperweld" y del "alumoweld".

Cuadro 3

ALTURA MINIMA DE CONDUCTORES SOBRE EL PISO O RIELES

(Metros)

Clase de piso o rieles sobre los cuales pasan los conductores	Retenidas, mensajeros; conductores de comunicación y de tierra y de cualquier voltaje con cubierta metálica conectada a tierra	Líneas abiertas suministradoras, incluyendo las de alumbrado en serie y acometidas (voltaje entre conductores)		
		0 a 750 v	750 a 15 000 v	15 a 50 000 v
		<u>En cruzamiento sobre a/ b/</u>		
Vías férreas	8.00	8.00	8.50	9.00
Carreteras	7.00	7.00	7.00	7.00
Calles, callejones o caminos vecinales	5.50	5.50	6.00	7.00
Lugares no transitados por vehículos	4.50	4.50	4.50	5.00
		<u>A lo largo de</u>		
Calles o Callejones en distritos urbanos	5.50	5.50	6.00	6.50
Caminos en distritos rurales	4.00	4.00	5.50	6.00

Condiciones: Temperatura: 16°C sin viento. Distancia entre post s no mayor de 100 m ^{c/}

a/ Al aplicar el cuadro 3 se entenderá por el punto de cruce en el caso de vías férreas, caminos, calles, y callejones, la intersección de la línea del centro de éstos con la línea que une los centros de los postes o estructuras del cruzamiento.

b/ En cruzamiento sobre vías de conductores soportados por aisladores de suspensión, la altura deberá aumentarse en una cantidad tal que aún en el caso de que se rompa uno de los conductores en los tramos adyacentes, el conductor conserve la altura especificada en el cuadro 3.

c/ Para distancias interpostales mayores de 100 metros los valores especificados en el cuadro 3, deberán aumentarse un centímetro por cada metro en exceso de 100 metros.

IV. DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE PARTES CALIENTES Y
ENTRE ESTAS Y TIERRA

1. Altura de conductores sobre el piso o vías férreas

El cuadro 3 especifica las alturas mínimas de los conductores sobre el piso o rieles.

2. Altura de la conexión de subidas de cables subterráneos a líneas aéreas

Esta altura no será menor que la indicada en el cuadro 4 siguiente:

Cuadro 4

ALTURA MÍNIMA SOBRE EL PISO DE LA CONEXIÓN DE LAS SUBIDAS
DE CABLES SUBTERRÁNEOS A LÍNEAS AERÉAS

Localización en el poste o estructura soportadora	Voltaje entre conductores		
	0 a 750 voltios	750 a 15 000 voltios	Más de 15 000 voltios
	Metros	Metros	Metros
En el lado expuesto al tránsito de vehículos	4.50	5.00	5.50
En el lado no expuesto al tránsito de vehículos	2.50	3.50	4.00

3. Separación entre conductores que se crucen

El cuadro 5 especifica las separaciones mínimas entre conductores que se crucen. Sin embargo, en los casos de cruzamiento de conductores soportados por aisladores de suspensión, sobre líneas de comunicación, la separación deberá aumentarse lo suficiente para que en caso de que se rompa uno de los conductores en los tramos adyacentes, los conductores que se crucen conserven la separación especificada en el cuadro.

SEPARACIONES MINIMAS ENTRE CONDUCTORES QUE SE CRUZAN

(Metros)

Naturaleza de los conductores sobre los que se cruza	Conductores, cables de la comunicación y mensajeros	Conductores suministradores de 0 a 750 v. Cables suministradores de cualquier voltaje; siempre que tengan cubierta metálica conectada a tierra. Mensajeros asociados con dichos cables		Conductores suministradores en línea abierta incluyendo acometidas		Retenidas y mensajeros
		Líneas	Acometidas	750 a 8 700 v	8 700 a 50 000 v	
Conductores y cables de comunicación incluyendo mensajeros	0.60	1.20	0.60	1.20 ^{a/}	1.80 ^{b/}	0.60
Cables suministradores con mensajero o con cubierta metálica conectados a tierra de cualquier voltaje	1.20	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60
Líneas abiertas suministradoras:						
0 - 750 v	1.20	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60
750 - 8 700 v	1.20	0.60	1.20	0.60	1.20	1.20
8 700 - 50 000 v	1.80	1.20	1.80	1.20	1.20	1.20
Retenidas, mensajeros y acometidas de 0 a 750 v	0.60 ^{c/}	0.60	0.60	1.20	1.20	0.60

Condiciones: Temperatura: 16°C sin viento. Distancia entre postes no mayor de 100 metros^{d/}

Nota: Los números subrayados indican que no es recomendable cruzar con los conductores en esa posición. Los voltajes son entre conductores.

- a/ Esta separación debe aumentarse a 1.80 metros cuando el cruzamiento del conductor suministrador sobre el de comunicación se haga a menos de 1.80 metros horizontalmente, del poste de comunicación.
- b/ Los circuitos de no más de 8 700 voltios a tierra pueden tener una separación de 1.20 metros siempre que el cruzamiento se efectúe a más de 1.80 metros horizontalmente, del poste de comunicación.
- c/ Esta separación deberá aumentarse a 1.20 metros cuando los alambres de comunicación crucen sobre acometidas.
- d/ Cuando el cruzamiento ocurra en el punto medio del claro del conductor superior, la separación deberá aumentarse un centímetro por cada metro del claro en exceso de 100 metros.

4. Separación de conductores a edificios

El cuadro 6 especifica la separación mínima de conductores suministradores a edificios, para distancias interpostales hasta de 50 metros.

Cuando la distancia interpostal sea mayor de 50 metros y el voltaje mayor de 8 700 voltios, deberá aplicarse a las separaciones indicadas en el cuadro 6, un incremento de 1 cm por cada metro del claro en exceso de 50.

Cuadro 6

SEPARACION MINIMA DE CONDUCTORES SUMINISTRADORES A EDIFICIOS (METROS)

(Todos los voltajes son entre conductores)

Voltaje de la línea	Distancia horizontal	Distancia vertical
300 a 8 700	1.00	2.40
8 701 a 15 000	2.00	2.50
15 001 a 50 000	3.00	3.00

5. Separación mínima entre conductores en sus soportes, en postes o estructuras

a) Separación horizontal mínima

La separación horizontal mínima entre conductores de una línea, ya sean del mismo o de diferentes circuitos, no debe ser menor que la especificada en el cuadro 7 siguiente:

Cuadro 7

SEPARACION HORIZONTAL MINIMA, EN SUS SOPORTES, DE CONDUCTORES DEL MISMO O DE DIFERENTES CIRCUITOS

(Los voltajes son entre conductores)

Clase de circuito	Separación Centímetros
Conductores de comunicación	7.5 ^{a/}
Conductores suministradores de 0 a 8 700 voltios	30
Para todos los conductores de más de 8 700 voltios, agréguese por cada 1 000 voltios en exceso de 8 700 voltios	1

a/ No se aplica en los puntos de transposición. Se recomienda dejar una separación mayor donde las circunstancias lo permitan.

b) Separación de acuerdo con la flecha

La separación de los conductores en sus soportes, ya sean del mismo o de diferentes circuitos, de las clases de construcción A o B, en ningún caso deberá ser menor que los valores dados por las fórmulas siguientes a 16° C sin viento. Si el cuadro 7 anterior da una separación mayor, dicho cuadro deberá ser aplicado.

Fórmula No. 1. Para conductores de calibre más delgado que el No. 2 AWG.

$$\text{Separación en centímetros} = 0.75 \times \text{kilovoltios} + 9 \sqrt{\frac{F}{2} - 30}$$

Fórmula No. 2. Para conductores No. 2 AWG o más gruesos:

$$\text{Separación en centímetros} = 0.75 \times \text{kilovoltios} + 9 \sqrt{\frac{F}{6}}$$

(F) es la flecha del claro en centímetros, del conductor que la tenga mayor.

6. Separación mínima entre conductores y soportes en cualquier dirección

Esta separación se medirá en cualquier dirección entre conductores de la línea y sus soportes o entre dichos conductores y conductores verticales o transversales y cables de suspensión o mensajeros fijados a la misma estructura.

a) Soporte fijos

La separación no debe ser menor que la especificada en el cuadro 8.

b) Aisladores de suspensión con movimiento libre

Quando se usen aisladores de suspensión que puedan oscilar libremente, la distancia del conductor a la superficie de los soportes o a cables de retenida o de suspensión, o a conductores verticales o transversales, debe ser tal que la separación no sea menor que la especificada en el cuadro 8 cuando el aislador oscile 30° de la vertical. (Véase el cuadro 8).

7. Separación entre conductores en bastidores verticales

Los conductores pueden montarse en bastidores verticales colocados en un lado del poste o estructura, si se cumple con las condiciones siguientes:

- a) El voltaje entre conductores no debe ser mayor de 750 voltios. Se exceptúan los cables de cualquier voltaje que tengan cubierta metálica continua conectada a tierra;
- b) Todos los conductores deben ser del mismo material;
- c) La separación vertical entre conductores de distinta fase o distinta polaridad no debe ser menor que la siguiente:

Longitud del claro en metros	Separación vertical mínima entre conductores de dis- tinta fase o distinta pola- ridad en centímetros
0 a 50	10
50 a 65	15
65 a 80	20
80 a 100	30

En claros no mayores de 25 metros cuando se usen conductores con forro aislante, la separación podrá reducirse hasta a 7.5 centímetros.

- d) La separación entre los conductores y la superficie de postes o estructuras no debe ser menor de 7.5 centímetros.

SEPARACION MINIMA EN CUALQUIER DIRECCION ENTRE CONDUCTORES DE UNA LINEA Y SUS SOPORTES, CONDUCTORES VERTICALES O TRANSVERSALES, CABLES DE SUSPENSION Y RETENIDAS SUJETOS A LA MISMA ESTRUCTURA

Conductores de líneas Estructuras soportadoras y conductores fijados a las mismas	Líneas de comunicación		Líneas suministradoras (Voltajes entre conductores)		
	Únicamente líneas de comunicaciones (centímetros)	Con otras líneas en los mismos postes o estructuras (centímetros)	0 a 8 700 voltios		Más de 8 700 voltios, agréguese por cada 1 000 voltios en exceso (centímetros)
			Únicamente líneas suministradoras (centímetros)	Con otras líneas en los mismos postes o estructuras (centímetros)	
Superficie de crucetas y otros soportes horizontales	7.5	7.5	7.5	7.5	0.6
Superficies de postes o estructuras	7.5	12.5	7.5 ^{d/}	12.5 ^{b/d/}	0.6
Hilos de guarda	<u>a/</u>	<u>a/</u>	<u>a/</u>	<u>a/</u>	1.0
Cables de retenida y de suspensión, fijos al mismo poste o estructura:					
Paralelos a la línea	7.5	15	30	30	1.0
Otras direcciones	7.5	15	15	15	1.0
Conductores transversales o verticales:					
Del mismo circuito	7.5	7.5	7.5	7.5	0.6
De otros circuitos	7.5	7.5	15 ^{c/}	15 ^{c/}	1.0

a/ La separación entre el hilo de guarda y los conductores del circuito que proteja, no debe ser menor que la especificada en el cuadro 7, para dos conductores de dicho circuito. Para determinar la separación mínima del hilo de guarda a otros conductores que no sean los del circuito que proteja, se considerará que el hilo de guarda tiene el voltaje a tierra de dicho circuito; b/ Esta separación solamente se aplica a conductores suministradores montados en crucetas que se encuentren abajo de conductores de comunicación, en el mismo poste o estructura. Cuando los conductores suministradores estén arriba de los de comunicación, la distancia mínima será de 7.5 centímetros; c/ Para circuitos suministradores de 0 a 750 voltios esta distancia puede reducirse a 7.5 centímetros; d/ Un conductor neutro que esté efectivamente conectado a tierra a lo largo de la línea y que forme parte de un circuito de 0 a 15 000 voltios entre conductores puede sujetarse directamente al poste o a la estructura.

8. Separación vertical entre conductores o equipo colocados a diferentes niveles en el mismo poste o estructura

a) Separación vertical entre crucetas horizontales.

Las crucetas que soporten conductores de línea deben estar espaciadas de acuerdo con el cuadro 9. La separación vertical entre crucetas debe medirse de centro a centro.

Donde se haya establecido la práctica de instalar crucetas con menor separación que la especificada en el cuadro 9, puede seguirse usando dicha separación, siempre que se cumpla con todas las otras separaciones prescritas en esta norma que les sean aplicables.

b) Separación vertical entre conductores soportados por crucetas horizontales

Cuando los conductores de líneas suministradoras estén soportados por crucetas horizontales con la separación especificada en la fracción anterior, la separación vertical entre dichos conductores no debe ser menor que la siguiente:

i) Cuando los conductores en la cruceta son de la misma clasificación de voltaje de las señaladas en el cuadro 9. En estas condiciones, la separación vertical requerida en el cuadro 9 puede reducirse como sigue:

Separación entre crucetas requeridas en el cuadro 9	La separación entre conductores puede reducirse a:
0.60 metros	0.40 metros
1.20 metros	1.00 metros
1.80 metros	1.50 metros

ii) Cuando se instalen conductores de diferente clasificación de voltaje en la misma cruceta. En estas condiciones, la separación vertical entre conductores de crucetas adyacentes será la especificada en el cuadro 9 para el conductor de mayor voltaje.

iii) Conductores con diferentes flechas en el mismo poste o estructura.

1) Variación de la separación. Los conductores soportados a diferentes niveles en el mismo poste o estructura y tendidos con diferentes flechas, deberán tener una separación vertical, en los soportes, que asegure

/una separación

una separación de los conductores en cualquier punto del claro a 16° C, sin viento, no menor que el 75 por ciento de las separaciones señaladas en el cuadro 7 y en esta fracción.

2) Restablecimiento de flechas. Las flechas deberán restablecerse cuando sea necesario, a fin de que se cumplan con lo antes prescrito.

c) Separación en cualquier dirección

Los conductores de igual o diferente clasificación de voltaje, de las señaladas en el cuadro 9, cuando se instalen en el mismo poste o estructura en crucetas no horizontales, deberán tener una separación entre conductores en cualquier dirección no menor que la indicada en el mencionado cuadro 9 para separación vertical, ni que la separación horizontal especificada en el cuadro 7.

d) Separación vertical para conductores de líneas no soportados por crucetas

La separación vertical entre conductores no soportados por crucetas, será igual a la especificada en el inciso b)-i). Para conductores en crucetas, con excepción de los conductores en bastidores verticales que cumplan con los requisitos del artículo 7, los cuales pueden tener las separaciones indicadas en esa fracción.

Cuadro 9

SEPARACION VERTICAL MINIMA ENTRE CRUCETAS HORIZONTALES CON CONDUCTORES

(Todos los voltajes son entre conductores)

Conductores suministradores de preferencia en los niveles superiores Conductores generalmente en niveles inferiores	Línea abierta de 0 a 750 voltios, cables de todos los voltajes con cubierta metálica conectada a tierra o mensajeros (metros)	750 a 8 700 voltios (metros)	8 700 a 15 000 voltios (metros)	15 000 a 50 000 voltios (metros)
Conductores de comunicación				
En general	1.20	1.20	1.80	...
Que se usen en la operación de líneas suministradoras	0.60	0.60 ^{a/}	1.20	1.20
Conductores suministradores				
0 a 750 voltios	0.60	0.60	1.20	1.20
Más de 750 a 8 700 voltios	...	0.60	1.20	1.20
Más de 8 700 a 15 000 voltios				
Si se trabajan vivos con herramientas de mangos largos, cuando los circuitos adyacentes no estén muertos ni protegidos	...	...	1.20	1.20
Si no se trabajan vivos excepto cuando los circuitos adyacentes (arriba o abajo) estén muertos o protegidos	...	...	0.60	1.20 ^{b/} 1.20 ^{b/}
Más de 15 000 a 50 000 voltios	...	...	...	1.20 ^{b/}

a/ Esta separación debe aumentarse a 1.20 metros cuando los conductores de comunicación queden arriba de los conductores suministradores, a menos que los conductores de las líneas de comunicación sean del calibre requerido para líneas suministradoras de clase de construcción B.

b/ Esta separación no se aplica al caso en que los distintos conductores de un mismo circuito queden repartidos en crucetas adyacentes.

BIBLIOGRAFIA

National Electrical Code. USASI, C1 - 1959.

National Electrical Safety Code. USASI, C2 - 1960.

Reglas de seguridad para la instalación y mantenimiento de líneas eléctricas de suministro y de comunicación. Traducción de la parte 2 de la sexta edición del National Electrical Safety Code, publicada por el Centro de Productividad de Monterrey, México y el Bureau of Labor Standards, Department of Labor, USA. Noviembre de 1961.

Líneas aéreas de transporte de energía eléctrica e instalaciones auxiliares de telecomunicación. Luis María Checa. Escuela Especial de Ingenieros Industriales. Madrid, España.

Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas. Secretaría de Industria y Comercio. México 1950.

Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas. Ministerio de Obras Públicas. El Salvador, 1960.

Proyecto de Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas. Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Nicaragua, 1964.

Proyecto de Código de Obras e Instalaciones Eléctricas. Servicio Nacional de Electricidad. Costa Rica, 1964.

Distancias mínimas de seguridad de conductores sin aislamiento. ENALUF, Nicaragua, 1967.

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-11
CRITERIOS DE DISEÑO ELECTRICO PARA REDES DE
DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA
(Equipo de protección y medición)

I. EQUIPO DE PROTECCION

Con el objeto de normalizar las características eléctricas generales de los equipos de protección para los sistemas de distribución de energía eléctrica, se ha considerado conveniente clasificar dichos equipos en los cuatro grupos siguientes y analizarlos en su orden:

- a) Pararrayos
- b) Cortacircuitos
- c) Cuchillas seccionadoras
- d) Restauradores y seccionadores automáticos

1. Pararrayos

a) Consideraciones generales

Un estudio efectuado en el Istmo Centroamericano arrojó los resultados que se presentan en el cuadro 1, el cual contiene la información que ha sido posible obtener de las empresas eléctricas en lo referente a las características fundamentales de los pararrayos más usados por éstas para la protección de sus sistemas de distribución. Se incluyen en este cuadro, como referencia, los pararrayos normalizados por la CFE de México, y se complementa dicha información con el cuadro 2, en el que se han recopilado las características de los mismos y su aplicación en los sistemas de distribución de CFE.

Sobre estos cuadros es interesante hacer las siguientes observaciones:

En los sistemas de 2.4/4.16 kV Yo, el uso de pararrayos de distribución tipo de válvula de 3 kV nominales está generalizado, excepción hecha del IRHE de Panamá, que usa los tipos de expulsión y de clase intermedia.

En los sistemas de 7.62/13.2 kV Yo, existe la tendencia general a normalizar el pararrayos de distribución tipo de válvula de 10 kV nominales, con la excepción del IRHE de Panamá que usa el tipo de expulsión del mismo voltaje nominal.

/Cuadro 1

Cuadro 1

PARARRAYOS MAS USADOS EN EL ISTMO CENTROAMERICANO
Y MEXICO

Pág. 28

Pararrayos (kV)	Guatemala		El Salvador		Hondu ras	Nicara gua	Costa Rica		Panamá			México
	INDE	EEG	CEL	CAESS	ENEE	ENALUF	ICE	CNFL	IRHE	CPFL	EECH	CFE
<u>De distribución</u>												
<u>tipo de válvula</u>												
3				X	X	X		X		X	X	
6												X
9												X
10	X	X	X			X	X	X		X	X	
12						X		X				X
15						X						X
18							X	X				X
21	X		X	X			X	X				X
25			X									
27							X		X			X
30			X					X	X			X
<u>De distribución</u>												
<u>tipo expulsión</u>												
3									X		X	
10									X			
<u>Clase intermedia</u>												
<u>tipo de válvula</u>												
3									X			
12									X			
27									X			
30									X			

Quadro 2

PARARRAYOS NORMALES EN LA CFE, MEXICO

Características generales

Tipo: Autovalvular sin entrehierro externo
 Frecuencia: 50/60 hertz
 Temperatura ambiente: 40°C
 Corriente de descarga máxima: 65 000 A
 De larga duración onda rectangular de: 75 A
 Terminales de línea y tierra tipo tuerca y tornillo
 para calibre: No. 6 a No. 2 AWG
 Placa de datos: Si

Clase: Distribución
 Altitud: 2 000 m.s.n.m.
 Corriente de descarga nominal: 5 000 A
 Con onda de: 4 x 10 a 8 x 20 micro-segundos
 Tiempo de aplicación: 1 000 micro-segundos
 Indicador de falla: Si
 Normas de fabricación y pruebas: ASA, NEMA, IEE e IEC

Servicio: Intemperie
 Montaje: En cruceta

Características particulares

Nominal	Voltajes (kV)		Residual máximo a 5 000 A	Niveles de aislamiento (kV)	Para sistemas de kV máximo entre fases con neutro					
	Arqueo				MBI	A 50/60 hertz		Multi- aterrizado	Sólidamente a tierra en la fuente	Aislado
	Mínimo a 50/60 Hz	Máximo al impulso				En seco 1 min.	Húmedo 10 seg.			
6	9	32	22	60	21	20	9	7.50	6	
9	13.50	43	31	75	27	24	12.80	11.25	9	
12	18	54	48	85	31	27	16.60	15	12	
15	22.50	65	50	95	35	30	20	18	15	
18	27	76	60	125	42	36	25	22.50	18	
20	30	85	66	125	42	36	27.70	25	20	
27	40.50	103	90	150	70	60	34.50	31.25	25	
30	45	124	100	200	95	80	41.60	37.50	30	

Esta tendencia contrasta con la de CFE de México, en donde se ha normalizado para ese voltaje el uso del pararrayos de 12 kV nominales, debido a que en dicha empresa prevalece el sistema de distribución primaria trifásica trifilar, con conexión a tierra sólo en la fuente de alimentación.

Para la protección en los sistemas de 14.4/24.9 kV, Y_0 , se utilizan pararrayos de 18 y 21 kV nominales, y en el caso de 19.92/34.5 kV, Y_0 , el más usado es el de 27 kV.

En forma general, al efectuar un pedido de esta clase de equipo se especifican las normas de diseño y fabricación norteamericanas de la USASI y NEMA, cuyos puntos más pertinentes se reproducen en el cuadro 3 para efectos comparativos.

Al analizar los valores de los cuadros 2 y 3 se puede observar lo siguiente:

i) Uno de los voltajes nominales preferido, según las normas USASI-NEMA es 20 kV; sin embargo, los fabricantes en los Estados Unidos fabrican sus pararrayos de 21 kV nominales;

ii) Los valores de los voltajes máximos permitidos entre fases de sistemas trifásicos, según USASI-NEMA, correspondientes a los voltajes nominales de los pararrayos de 12, 15 y 21 (o 20) kV, son menores que los especificados por los fabricantes;

iii) La industria norteamericana de estos equipos clasifica los pararrayos mayores de 21 kV nominales como de clase intermedia, por lo que les asigna un nivel básico de aislamiento al impulso (IBI) más alto que el especificado en la norma USASI-NEMA para los de distribución de igual voltaje nominal. Estos valores han sido normalizados por CFE para los pararrayos de 27 y 30 kV nominales (150 y 200 kV respectivamente). Lo mismo sucede con los voltajes de prueba a 60 Hz en seco y en húmedo. Desde luego, al especificar valores más altos, siempre están dentro de la norma, cuyos valores en estos casos deben considerarse como mínimos permitidos.

b) Criterios de selección

Cuando un pararrayos se conecta entre fase y tierra en un sistema trifásico, el voltaje nominal del pararrayos debe ser igual o mayor que la máxima tensión eléctrica a la frecuencia del sistema que puede serle

Cuadro 3

NORMAS USASI-NEMA DE PARARRAYOS DE DISTRIBUCION

(kV)

Nomina les (prefe ridos)	Máximo 3 ó permitido			NBI (cresta)	Pruebas a 60 Hz	
	Tipo A <u>b/</u>	Tipo B <u>b/</u>	Tipo C <u>b/</u>		Seco 1 mi nuto	Húmedo 10 se gundos
3	4.5	3.75	3.0	45	15	13
6	9.0	7.50	6.0	60	21	20
9	12.8	11.25	9.0	75	27	24
10	14.5	12.50	10.0	75	27	24
12	15.0 ^{c/}	15.00	12.0	85	31	27
15	18.0 ^{d/}	18.00	15.0	95	35	30
18	25.0	22.50	18.0	125	42	36
20	-	25.00	20.0	125	42	36
21 ^{a/}	27.5 ^{a/}	25.00 ^{a/}	21.0 ^{a/}	-	-	-
25	-	30.00	25.0	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-
30	-	37.00	30.0	-	-	-

- a/ Fabricantes de Estados Unidos.
- b/ Definidos en propuesta de norma más adelante.
- c/ 17.1 kV según fabricantes de Estados Unidos.
- d/ 21.4 kV según fabricantes de Estados Unidos.

aplicada bajo condiciones normales o anormales de operación, incluyendo condiciones de falla, con el objeto de evitar el riesgo de que se dañe. Aunque el voltaje entre fase y tierra puede variar debido a una serie de razones, (fallas del sistema, regulación, sobrevelocidades de los generadores, etc.), se ha encontrado generalmente satisfactorio para la selección del pararrayos el considerar únicamente la tensión eléctrica producida entre las fases que no fallan y tierra en caso de fallas en el sistema. La experiencia ha demostrado que la mayoría de los sistemas pueden clasificarse en un número limitado de grupos, según las condiciones de las conexiones a tierra, y que los voltajes nominales de los pararrayos pueden determinarse para estos grupos de la manera siguiente:

i) Si el neutro del sistema está conectado efectivamente a tierra, el voltaje entre cualquier fase y tierra bajo condiciones de falla, no excederá el 80 por ciento del voltaje más alto entre fases del sistema; por lo tanto, el pararrayos deberá tener un voltaje nominal igual o mayor que el 80 por ciento de la tensión eléctrica más alta entre fases del sistema;

ii) En ciertos sistemas de distribución de bajo voltaje, del tipo de cuatro hilos, donde los neutros de los transformadores y el conductor neutro de la línea están directamente conectados a tierra en puntos frecuentes del circuito, la tensión eléctrica entre las fases sin falla y tierra, bajo condiciones de falla, puede limitarse a menos del 80 por ciento del voltaje más alto entre fases del sistema. Bajo estas condiciones el voltaje nominal del pararrayos puede ser menor que el 80 por ciento de dicho voltaje.

iii) Si el neutro del sistema no está conectado efectivamente a tierra, la tensión eléctrica entre las fases sin falla y tierra, bajo condiciones de falla, puede llegar a exceder el 80 por ciento y en ciertos casos hasta el 100 por ciento del voltaje más alto entre fases del sistema. En estos casos, el voltaje nominal del pararrayos deberá ser igual o mayor que la tensión eléctrica más alta entre fases del sistema;

iv) Los sistemas de neutro aislado requieren consideraciones especiales, y no se encuentran dentro de los normalizados por el CRNE.

/Las consideraciones

Las consideraciones anteriores, que se basan en la experiencia, además de otras derivadas de análisis teóricos, son el fundamento de las normas que han publicado la NEMA y la USASI sobre la selección de los pararrayos apropiados para la protección de las redes de distribución de energía eléctrica.

Tomando en cuenta las consideraciones, normas y criterios expuestos anteriormente, se propone a continuación una norma de trabajo para consideración del CRNE.

En esta propuesta se recomienda el uso del pararrayos de distribución tipo de válvula, no solamente por ser el más usual en el Istmo sino por sus mejores características técnicas, las cuales han resultado en un equipo de vida útil más larga y de mayor nivel de protección con respecto al tipo expulsión.

En lo que se refiere a la clasificación de sistemas en función de las constantes R_0 , X_0 y X_1 , se ha propuesto esencialmente la norma USASI; sin embargo, existe actualmente una recomendación de la industria norteamericana en el sentido de clasificar los sistemas de distribución en función de otras características que ofrecen mayor facilidad práctica para esta aplicación, la cual se encuentra en estudio por parte del comité de normas correspondiente. El resultado de dicho estudio no afectará mayormente la propuesta de norma que se expone a continuación, ya que al CRNE le interesa en especial el tipo A, el cual no se define en función de las constantes del sistema sino de la experiencia.

c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Pararrayos de distribución

1) Relaciones fundamentales. En la selección del pararrayos apropiado para la protección de redes de distribución, deben evaluarse las siguientes relaciones fundamentales:

1) Las características de protección al impulso del pararrayos en relación al nivel básico de aislamiento al impulso (NBI) de los aparatos que se protegen;

2) El voltaje nominal del pararrayos en relación a la máxima tensión eléctrica que puede ocurrir entre fase y tierra del sistema bajo cualquier condición de operación, en el lugar de instalación del pararrayos.

El nivel de protección al impulso que puede ser obtenido con un tipo determinado de pararrayos es, en general, proporcional al voltaje nominal del mismo. Por lo tanto, para obtener el máximo margen de protección bajo condiciones de impulso, el pararrayos debe tener el mínimo voltaje nominal que le permitan los valores normales y anormales de la tensión eléctrica que pueden ocurrir entre fase y tierra del sistema, en el lugar en que éste será instalado.

ii) Voltajes anormales del sistema. Cualquiera de las causas siguientes, o una combinación de ellas, puede producir voltajes anormales en el sistema:

1) Contacto con circuitos de alto voltaje;

2) Pérdida de conexión del neutro a tierra. (Debida, por ejemplo, a la operación selectiva de dispositivos de interrupción, en tal forma que dejen esa parte del sistema en que el pararrayos está localizado, energizada por una fuente de alimentación sin el neutro a tierra);

3) Regulación de aparatos o líneas, sobrevelocidades de los generadores, operaciones de recierre de interruptores, aperturas de una o dos fases de interruptores trifásicos, etc.;

4) Fallas en el sistema.

iii) Clasificación de sistemas. Las tensiones eléctricas anormales entre fase y tierra de un sistema durante condiciones de falla varían en forma considerable, dependiendo de conexiones del neutro a tierra y de las constantes del sistema, las cuales se expresan en términos de resistencia

/de secuencia

de secuencia cero R_0 , reactancia de secuencia cero X_0 y reactancia de secuencia positiva X_1 , incluyendo, dentro del sistema, la impedancia de la conexión a tierra del neutro. Con estas constantes se pueden calcular, usando métodos conocidos, los voltajes a tierra, durante condiciones de falla.

La efectividad de la conexión del neutro a tierra para limitar la magnitud de los voltajes de fase a tierra, puede expresarse aproximadamente en función de las proporciones X_0/X_1 y R_0/X_1 . En general, cuanto más bajas sean estas proporciones, tanto más bajos serán dichos voltajes durante las fallas.

De lo anterior se deriva que en sistemas en los que dichas proporciones se mantienen dentro de ciertos límites prefijados, pueden usarse pararrayos cuyos voltajes nominales son menores que la tensión eléctrica entre fases del sistema. En la misma forma, para otros límites de dichas proporciones, los pararrayos deberán tener voltajes nominales iguales al voltaje entre fases del sistema.

Para el propósito de seleccionar el pararrayos apropiado, los sistemas trifásicos con neutro a tierra se clasifican en los tipos siguientes:

Tipo A. Son aquellos que están usualmente bien aterrizados, y cuyas proporciones de reactancia y resistencia son más bajas que para los sistemas tipo B, pero cuyas constantes no son conocidas con suficiente detalle para establecer sus límites. Específicamente, a este tipo pertenecen los sistemas usuales de distribución en estrella con neutro a tierra, para los cuales la selección de pararrayos ha sido establecida por la experiencia.

Tipo B. Son aquellos en los que X_0/X_1 , es positiva y menor que 3, y R_0/X_1 es positiva y menor que 1, en cualquier parte del sistema. Estos límites corresponden a la definición de un sistema "efectivamente aterrizado".

Tipo C. Son aquellos que no llenan los requisitos del tipo B, ya sea porque X_0/X_1 , es mayor que 3, aunque siempre positiva, o porque R_0/X_1 sea mayor que la unidad, o porque ambas proporciones sean excedidas. En este tipo se incluyen los sistemas que usan neutralizadores de fallas a tierra.

iv) Selección de pararrayos. La tabla I especifica el criterio que debe seguirse para la selección del pararrayos apropiado, en función de la clasificación de sistemas, basado en las normas NEMA, publicación No. LA-1, revisión de 1966, así como los niveles de aislamiento necesarios para cada voltaje nominal.

Tabla I

PARARRAYOS DE DISTRIBUCION. CARACTERISTICAS NORMALES Y CRITERIOS DE SELECCION

(Voltajes en kV)

Valores nominales	Niveles de aislamiento			Máximo permitido entre fases		
	NBI	Pruebas a 60 Hz		Tipo A	Tipo B	Tipo C
		Seco (1 min.)	Húmedo (10 seg.)			
3	45	15	13	4.50	3.75	3
6	60	21	20	9.00	7.50	6
10	75	27	24	14.50	12.50	10
12	85	31	27	15.00	15.00	12
15	95	35	30	18.00	18.00	15
18	125	42	36	25.00	22.50	18
21	125	42	36	27.50	25.00	21
27	150	70	60	34.50	31.25	25
30	200	95	80	41.60	37.50	30

v) Recomendación. Se recomienda a las Empresas Eléctricas del Istmo Centroamericano, el uso, en sus sistemas de distribución, de pararrayos tipo válvula, sin entrehierro externo, de los siguientes voltajes nominales:

Tensión eléctrica del sistema en Kv	Voltaje nominal del pararrayos en Kv	
	Neutro multi-aterizado	Neutro sólidamente a tierra en la fuente
2.4/4.16 Y	3	-
7.62/13.2 Y	10	12
14.4/24.94 Y	18	21
19.92/34.5 Y	27	30

/vi) Correspondencia

vi) Correspondencia con otras normas. En el diseño, fabricación y pruebas de los pararrayos deberán prevalecer, en su orden, las normas que al respecto han establecido la IEC/ISO, USASI y NEMA.

2. Cortacircuitos

a) Consideraciones generales

En el cuadro 4 se indican las características fundamentales de los cortacircuitos usados por las empresas eléctricas del Istmo para la protección de sus redes de distribución, según las informaciones suministradas al experto por las diferentes empresas eléctricas. En este cuadro se han incluido como referencia las características básicas de los cuatro tipos de cortacircuitos que ha normalizado la CFE de México.

Todos los tipos de cortacircuitos especificados aquí tienen varias características comunes, como por ejemplo el ser de tipo abierto, (exceptuando algunos de 5.2 kV) de un polo y un tiro, un aislador por polo, montaje vertical, operación con pértiga y de regirse por normas de fabricación y pruebas USASI y NEMA de los Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, como se puede observar, existe una variedad considerable en las características fundamentales de los mismos.

Por considerarlo de interés se ha incluido el cuadro 5, en el cual se presenta para efectos comparativos, la norma que sobre este aspecto ha elaborado la CFE de México. En este cuadro salta a la vista la normalización que ha efectuado esta empresa en las corrientes nominales de servicio continuo de todos los cortacircuitos, fijando 100 amperios para este valor.

b) Criterios de selección

La aplicación de los cortacircuitos especificados en el cuadro 5, según los sistemas de distribución de energía eléctrica usados por la CFE de México es la siguiente:

- i) Para 14.4 kV nominales y 95 kV-NBI: sistemas de 13.2 kV entre fases;
- ii) Para 17 kV nominales y 125 kV-NBI: sistemas de 16.5 kV entre fases y de 13/23 kV Yo;

Cuadro 4
CORTACIRCUITOS USADOS EN EL ISTMO CENTROAMERICANO
Y MEXICO

Cortacircuitos				Guatemala		El Salvador		Honduras	Nicaragua	Costa Rica			Panamá			México
Voltajes kV		Corrientes		INDE	EEG	CEL	CAESS	ENEE	ENALUF	ICE	CNFL	Otras	IRHE	CPFL	EECH	CFE
Máximo diseño	NBI	Continua (A)	Interrup tiva (kA)													
5.2	75	50	1.2				X									
5.2	75	50	2					X	X		X	X	X			
5.2	75	100	5				X	X		X <u>b/</u>		X <u>b/</u>	X			
5.2	75	100	10						X					X	X	
5.2	75	200	15				X						X			
7.8/13.5	95	100	3							X						
7.8/13.5	95	100	5	X <u>c/</u>						X						
7.8/13.5	95	100	10						X	X						
7.8/13.5	95	200	5							X						
7.8/13.5	95	200	12							X						
15	95	100	2							X						
15	95	100	4		X <u>a/</u>			X		X <u>c/</u>		X	X			
15	95	100	8		X				X	X						
15	110	100	8	X							X			X		
15	95	100	10													X <u>c/</u>
15	95	200	4							X			X	X		
15	95	200	8											X		
15	95	200	10						X	X						
18	125	100	8													X <u>c/</u>
15/26	110	100	4	X <u>c/</u>												
15/26	125	100	10				X									
23		100				X										
27	150	100	1.2										X			
27	125	100	4	X					X							
27	125	100	6				X									
27	150	100	6													X <u>c/</u>
38	150 <u>a/</u>	100	2													X <u>c/</u>
38	200	100	10								X					

a/ La norma es 200.
b/ A 6 000 A.
c/ Tendencia a normalizar.

Cuadro 5

CORTACIRCUITOS NORMALIZADOS POR LA CFE DE MEXICO

Características generales

Tipo: Abierto Frecuencia: 60 hertz
 Clase: Distribución Altitud: 2 000 msnm
 Polos: Uno Montaje: Vertical
 Tiros: Uno Operación: Con pértiga
 Aislador: Tubular Soporte: ASA tipo B
 Expulsión: Simple hacia abajo
 Rango de conectores: 6S a 2/0 AWG
 Porta fusible para: Listón universal
 Con cuernos para ruptura de carga
 Pruebas de aceptación: Dieléctricas y de capacidad interruptiva con frecuencia natural del "VRT" de 2.3 a 3.2 KHz
 Normas de fabricación y pruebas : USASI, NEMA, ASE, IEE, IEC en lo aplicable
 Placa de datos: 1) marca del fabricante; 2) corriente continua nominal;
 3) voltaje máximo de diseño; 4) capacidad interruptiva nominal

Nominal	Máximo diseño	NBI	Voltajes (kV)			Distancia de fuga (mm)	Corrientes (amperios)	
			Arqueo a 60 hertz				Continua nominal	Interruptiva nominal (asimétrica)
			En seco (1 minuto)		Húmedo			
Terminal y tierra	Entre terminales	Terminal y tierra (10 segundos)						
14.4	15	95	35	35	30	216	100	10 000
17	18	125	42	42	36	279	100	8 000
25	27	150	70	70	60	432	100	6 000
34.5	38	200 ^{a/}	95	95	80		100	2 000

a/ Ya se están usando de 150 kV-NBI por ser más económicos y prácticos.

iii) Para 25 kV nominales y 150 kV-NBI: sistemas de 23 kV entre fases y 20/34.5 kV Yo;

iv) Para 34.5 kV nominales y 200 kV-NBI: sistemas de 34.5 kV entre fases.

Las casas fabricantes de estos equipos en los Estados Unidos de Norteamérica han adoptado recientemente una nueva forma de designar su voltaje máximo de diseño que indica la tensión eléctrica del sistema en el que se puede usar el equipo. De esta manera, los cortacircuitos se especifican con uno o dos voltajes máximos de diseño (designación simple y doble) para la selección de estos aparatos en sistemas monofásicos y trifásicos respectivamente.

Por ejemplo, al indicar un voltaje máximo de diseño de 15 kV, esto quiere decir que el cortacircuito puede usarse en líneas cuyas tensiones eléctricas de fase a fase no excedan el valor de 15 kV.

En igual forma, una especificación de 14.4/24.9 kV, Yo, voltaje máximo, indica que el cortacircuito puede usarse en líneas monofásicas cuyas tensiones eléctricas de fase a tierra no excedan 14.4 kV, así como en circuitos trifásicos cuyos voltajes de fase a fase no excedan 24.9 kV.

Las reglas anteriores tienen una excepción y es el caso de los cortacircuitos especificados por la industria norteamericana para 7.8 kV, los cuales pueden usarse en sistemas trifásicos de neutro sólidamente conectado a tierra, de voltajes nominales entre fases hasta de 14.4 kV, es decir, en sistemas en donde anteriormente sólo los cortacircuitos de 15 kV eran aplicables. Esta excepción se deriva de resultados obtenidos en pruebas de laboratorio y se basa en el hecho de que aún en el caso en que ocurriese una falla entre fases del sistema, siempre habrán dos cortacircuitos en serie para limpiar la falla.

Otra observación interesante es la aplicación del dispositivo "rompecargas", (loadbuster), a los cortacircuitos en las redes de distribución, para permitir su operación con carga, lo cual aumenta la flexibilidad del sistema en una forma económica.

Para efectos comparativos se incluye a continuación el cuadro 6, en el cual se ilustran los valores de voltajes, corrientes y niveles de aislamiento de los cortacircuitos, según la norma USASI C37.42 de 1962.

Cuadro 6

NORMAS USASI PARA CORTACIRCUITOS

Voltaje nominal (kV)	Voltaje máximo de diseño (kV)	Corriente continua (A)	Corriente interruptiva asimétrica (KA)	Clase según capacidad interruptiva	NBI	Terminales para cable Cu. (rango en AWG)
4.8	5.2	100	5	TP	60	6S a 2/0
4.8	5.2	100	10	TEP	60	6S a 2/0
4.8	5.2	200	4	TN	60	2S a 250 MCM
4.8	5.2	200	12	TP	60	2S a 250 MCM
7.2	7.8	100	5	TP	75	6S a 2/0
7.2	7.8	100	10	TEP	75	6S a 2/0
7.2	7.8	200	4	TN	75	2S a 250 MCM
7.2	7.8	200	12	TP	75	2S a 250 MCM
14.4	15	100	4	TP	95	6S a 2/0
14.4	15	100	8	TEP	95	6S a 2/0
14.4	15	200	4	TN	95	2S a 250 MCM
14.4	15	200	10	TP	95	2S a 250 MCM
25.0	27	100	3	TP	125	6S a 2/0
25.0	27	100	6	TEP	125	6S a 2/0

a/ TN: trabajo normal. TP: trabajo pesado. TEP: trabajo extra pesado.

Como puede notarse en el cuadro 6, la doble designación de los voltajes nominales y máximos de diseño no está normalizada todavía (1962), sino que existe únicamente una designación para cada voltaje y nivel de aislamiento.

Se observan también ciertas discrepancias entre los valores de este cuadro con los del cuadro 4, en lo referente a las capacidades interruptivas y a los valores de carga continua de ciertos equipos usados en el Istmo Centroamericano.

Tomando en cuenta las consideraciones y criterios expuestos, especialmente las normas USASI, la tendencia actual de la industria manufacturera y las características de los equipos usados por las empresas eléctricas del Istmo, se presenta a continuación una propuesta de norma de trabajo para ser considerada por el CRNE.

iii) Placa de características. La placa de características debe incluir, como mínimo, los siguientes datos:

- 1) Marca del fabricante;
- 2) Corriente continua nominal;
- 3) Voltaje máximo de diseño;
- 4) Capacidad interruptiva nominal;
- 5) Nivel básico de aislamiento al impulso (NBI).

iv) Correspondencia con otras normas. En el diseño, fabricación y pruebas de los cortacircuitos, deberán prevalecer las normas que al respecto han establecido la USASI y la NEMA de los Estados Unidos de Norteamérica.

3. Cuchillas seccionadoras

a) Consideraciones generales

De las informaciones suministradas al experto regional por las diversas empresas eléctricas del Istmo, se deriva el cuadro 7, en el cual se especifican las características eléctricas básicas de las cuchillas seccionadoras utilizadas por las empresas en sus sistemas de distribución. En este cuadro se han indicado para efectos comparativos, los dos tipos de cuchillas que ha normalizado la CFE de México; específicamente, las de 14.4 y 23 kV, que son utilizadas por esta empresa para sus sistemas hasta 13.2 y de 22 kV, respectivamente. Como se puede notar, no han normalizado aún este tipo de equipo para sus sistemas de 33 kV, debido entre otras razones, a la tendencia actual de reducir el valor del nivel básico de aislamiento al impulso (NBI) usado tradicionalmente en estos voltajes. Estos datos se complementan con el cuadro 8, el cual muestra la norma completa de la Comisión Federal de Electricidad de México sobre cuchillas seccionadoras.

El cuadro 9 es una recopilación de datos suministrados por las normas USASI C37.32, el cual se ha incluido como referencia.

Al comparar los cuadros 8 y 9, se observa que la norma CFE concuerda esencialmente con la norma USASI.

Cuadro 7

CUCHILLAS SECCIONADORAS USADAS EN EL ISTMO CENTROAMERICANO
Y MEXICO

Cuchillas			Corriente continua (A)	Guatemala		El Salvador		Mondu ras ENEE	Nicara gua ENALUF	Costa Rica			Panamá			México CFE
Nominal	Máximo diseño	NBI		INDE	EEG	CEL	CAESS			ICE	CNFL	Otras	IRHE	CPFL	EECH	
7.2	8.25	75	400										X			
7.2	8.25	95	400				X	X	X							
13.8	15.00	110	200						X	X	X					
14.4	15.50	95	200	X ^{a/}				X	X	X ^{a/}	X ^{a/}		X	X ^{a/}		
14.4	15.50	95	400				X			X		X				
14.4	15.50	110	400	X		X			X ^{a/}	X	X	X		X	X	X ^{a/}
14.4	15.50	110	600		X								X			
23.0	25.80	150	400	X		X	X		X							X ^{a/}
	27.00	125	600		X								X	X		
34.5	38.00	200									X				X	

a/ Tendencia a normalizar.

Cuadro 8

CUCHILLAS SECCIONADORAS NORMALES EN LA CFE, MEXICO

Características generales

Tipo: Rural
 Clase: Distribución
 Polos: Uno
 Tiros: Uno
 Aisladores: Tipo barril; 2 por polo; 2 columnas por polo
 Rango de conectores: No. 6S a 2/0 AWG
 Prueba de aceptación: De resistencia a voltaje de baja frecuencia en seco
 Normas de fabricación y pruebas: ASA, NEMA e IEE
 Placa de datos: 1) marca del fabricante; 2) corriente continua nominal; 3) voltaje máximo de diseño

Nominal	Máximo diseño	NBI	Voltajes (kV)			Corrientes (amperios)			
			Arqueo a 60 hertz			Terminal y tierra (10 segundos)	Continua nominal	Momentánea	Durante 4 segundos
			En seco (1 minuto)		Húmedo				
			Terminal y tierra	Entre terminales					
14.4	15.5	110	50	50	45	400	20 000	12 500	
23	25.8	150	70	70	60	400	20 000	12 500	

Cuadro 9

NORMA USASI C37.32

CUCHILLAS SECCIONADORAS

Nominal	Voltajes del sistema kV			Arqueo a 60 Hz		Corrientes (amperios)	
	Máximo diseño	NBI	Seco 1 minuto	Húmedo 10 segundos		Continua	Momentánea
7.2	8.25	95	35	30	400	20 000	
7.2	8.25	95	35	30	600	40 000	
14.4	15.50	110	50	45	400	20 000	
14.4	15.50	110	50	45	600	40 000	
23.0	25.80	150	70	60	400	20 000	
23.0	25.80	150	70	60	600	40 000	
34.5	38.00	200	95	80	400	20 000	
34.5	38.00	200	95	80	600	40 000	

/b) Crterios

b) Criterios de selección

En lo que respecta a la CFE de México, estos equipos se usan exclusivamente para distribución en zonas urbanas, por la conveniencia de seccionar circuitos para propósitos de mantenimiento y su uso se ha eliminado en sistemas de distribución rural.

En el IRHE de Panamá estas cuchillas se usan únicamente en subestaciones de más de 500 kVA, con el dispositivo "rompe-cargas" (load-buster) adicionado. En subestaciones pequeñas y cuando sea necesario en líneas de distribución, se le adiciona el dispositivo "rompe-cargas" a los cortacircuitos, pues se considera un arreglo más económico.^{1/} Este dispositivo es usado también, adicionado a las cuchillas seccionadoras, por la Empresa Eléctrica de Guatemala y la Empresa Nacional de Luz y Fuerza de Nicaragua.

Dentro de las características fundamentales que deben considerarse en la selección de las cuchillas seccionadoras, están el nivel básico de aislamiento al impulso (NBI) y el voltaje máximo de diseño, en relación con la tensión eléctrica del sistema al que el equipo se aplicará. A este respecto y considerando la tendencia actual hacia la reducción del NBI, una casa fabricante de los Estados Unidos de Norteamérica ha recomendado el uso de cuchillas seccionadoras de 15 kV de voltaje máximo de diseño y de 110 kV-NBI, para uso en sistemas hasta de 14.4/24.9 kV de conexión estrella multiterminada, recomendando al mismo tiempo el uso de seis pararrayos de 18 kV, instalados tres a cada lado de las cuchillas, con el objeto de mantener el nivel máximo de voltaje que pueda ser aplicado a las cuchillas en 90 kV, ya que éste es el máximo valor de arqueo al impulso de los pararrayos de 18 kV.

La selección de los niveles de aislamiento para la aplicación de cuchillas seccionadoras a sistemas de diferentes voltajes nominales, es una función del grado de protección de los pararrayos, del nivel de aislamiento de los demás equipos conectados a la línea y del grado de contaminación de la atmósfera. Generalmente, las consideraciones de carácter económico indican que su nivel básico de aislamiento debe ser igual al de la línea o al de los demás equipos asociados, tales como transformadores e interruptores. Sin embargo, como el voltaje nominal de una cuchilla seccionadora no es necesariamente una indicación de su nivel básico de aislamiento,

1/ No se usa en 34.5 kV.

especialmente en tensiones eléctricas de transmisión, la norma USASI C37.32, recomienda que estos equipos sean seleccionados sobre la base de su valor de voltaje de arqueo al impulso en vez de su voltaje nominal, para lo cual especifica los valores del cuadro 10 que se reproducen a continuación.

Cuadro 10

NORMA USASI C37.32

SELECCION DE NIVELES DE AISLAMIENTO PARA
CUCHILLAS SECCIONADORAS

Voltajes del sistema (kV)			Voltajes del equipo (kV)	
Nominal	Máximo tolerable	Arqueo al impulso (NBI)	Nominal	Arqueo al impulso
7.20	8.25	95	7.2	95
8.32	9.52	110	14.4	110
12.00	13.20	110	14.4	110
12.47	13.70	110	14.4	110
13.20	14.50	110	14.4	110
14.40	15.50	110	14.4	110
23.00	25.80	150	23.0	150
27.60	31.00	200	34.5	200
34.50	38.00	200	34.5	200

Tomando en cuenta las consideraciones y criterios anteriores, se presenta a continuación una propuesta de norma de trabajo para ser considerada por el CRNE.

c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Cuchillas seccionadoras para distribución

Se consideran normales para uso en sistemas de distribución de energía eléctrica, las cuchillas seccionadoras que cumplan con las características siguientes:

i) Características generales

Tipo:	Línea	Servicio:	Intemperie
Clase:	Distribución	Operación:	Con pértiga
Aisladores:	Tipo poste		
Montaje:	Horizontal invertido		

ii) Características individuales

Nominal	Voltajes (kV)		Corriente (A)		Para uso en sistemas de kV
	Máximo de diseño	NBI	Continua nominal	Momentánea	
14.4	15.5	110	400	20 000	Hasta 7.6/13.2 Yo y
14.4	15.5	110	600	40 000	14.4, 1φ, 2 hilos
23	25.8	150	400	20 000	14.4/24.9 Yo y 19.9,
23	25.8	150	600	40 000	1φ, 2 hilos
34.5	38	200	400	20 000	19.9/34.5 Yo
34.5	38	200	600	40 000	

iii) Placa de características. La placa de características debe incluir, como mínimo, los siguientes datos:

- 1) Marca del fabricante;
- 2) Corriente continua nominal;
- 3) Voltaje máximo de diseño;
- 4) Nivel básico de aislamiento al impulso (NBI)

iv) Otras características. Como estas cuchillas son usadas para seccionar o derivar circuitos de distribución, deben estar provistas de herrajes que permitan su montaje en cruceta sencilla o doble, y la instalación de accesorios para remate de línea en ambos extremos del herraje. Deben estar provistas además, del o los dispositivos necesarios que permitan el uso del "rompecargas" (loadbuster).

/v) Correspondencia

v) Correspondencia con otras normas. En el diseño, fabricación y pruebas de las cuchillas seccionadoras, deberán prevalecer las normas que al respecto han establecido la USASI y NEMA de los Estados Unidos.

4. Restauradores y seccionadores automáticos

a) Consideraciones generales

El uso de restauradores automáticos para la protección de líneas de distribución eléctrica ha cobrado creciente importancia en el Istmo Centroamericano en los últimos años, como puede observarse en el cuadro 11, en el que se detallan, por empresa, las características eléctricas fundamentales de los restauradores usados, según la información suministrada al experto regional por las diferentes empresas del Istmo. De esta información se obtiene el cuadro 12, en el cual se indican únicamente los diversos tipos de restauradores en función de sus valores comunes de voltaje de operación, voltaje máximo de diseño y nivel básico de aislamiento al impulso (NBI).

De estos cuadros se puede deducir que los restauradores usados por todas las empresas son muy similares en sus características, lo cual facilita su normalización a nivel regional.

En lo que respecta al uso de los seccionadores automáticos en coordinación con los restauradores, el cuadro 13, que contiene la información que fue posible obtener por el experto regional en las empresas del Istmo, demuestra que su uso no está muy generalizado. Las empresas que no aparecen en este cuadro no poseen información al respecto, no usan estos equipos o únicamente los utilizan en sus sistemas subterráneos de distribución. Sin embargo, dada la uniformidad en las características de los equipos usados por las empresas que suministraron dicha información y con el objeto de prever un desarrollo coordinado en los sistemas de protección de las redes de distribución, se ha considerado conveniente tomar en cuenta estos equipos en este estudio.

Cuadro 11

RESTAURADORES USADOS EN EL ISTMO CENTROAMERICANO

Empresa	Voltaje de operación (kV)	Corriente continua (A)	Corriente interruptiva (A) a 14.4 kV	NBI (kV)	Voltaje máximo de diseño (kV)
<u>A. Monofásicos</u>					
INDE	2.4 a 14.4				15.5
EEG	2.4 a 14.4	5 a 100	2 000	110	15.5
	2.4 a 14.4	25 a 280	4 000	110	15.5
CEL	2.4 a 14.4	5 a 50	1 250	95	15.5
	2.4 a 23	5 a 100	2 500 ^{a/}	150	25.8
CAESS	2.4 a 23	5 a 100	2 500 ^{a/}	150	25.8
ENEE	2.3 a 14.4	5 a 50	1 250	95	
	2.3 a 14.4	5 a 100	2 000	110	
	14.4 a 23	5 a 100	2 500 ^{a/}	150	
ENALUF					15.5
ICE	2.4 a 14.4	5 a 50	1 250	95	15.5
	2.4 a 23	5 a 100	2 500 ^{a/}	150	25.8
CNFL	2.4 a 14.4	5 a 100	2 000	110	15.5
CPFL	2.4 a 14.4	5 a 50	1 250	95	15.5
	2.4 a 14.4	25 a 280	4 000	110	15.5
<u>B. Trifásicos</u>					
EEG	2.4 a 14.4	5 a 50	1 250	95	15.5
	2.4 a 14.4	5 a 100	2 000	110	15.5
	2.4 a 14.4	25 a 400	4 000	110	15.5
	2.4 a 14.4	100 a 560	10 000	110	15.5
CEL	2.4 a 14.4	5 a 50	1 250	95	15.5
CAESS	2.4 a 14.4	25 a 100	4 000	110	15.5
	24.9	400	6 000 ^{b/}	150	27
ENEE	2.4 a 14.4	5 a 100	2 000	110	15.5
	2.4 a 14.4	100 a 560	10 000	110	15.5
	2.3 a 14.4	100 a 560	8 000	110	15.5
ICE	2.4 a 14.4	25 a 400	4 000	110	15.5
	2.4 a 14.4	5 a 100	2 000	110	15.5
CNFL	2.4 a 14.4	25 a 400	4 000	110	15.5
	2.4 a 14.4	100 a 560	10 000	110	15.5
	2.4 a 14.4	560	10 000	110	15.5
IRHE	2.3 a 14.4	50 a 400	4 000	110	15.5
CPFL	2.4 a 14.4	100 a 560	10 000	110	15.5

a/ A 23 kV.

b/ A 24.9 kV.

Cuadro 12

CLASIFICACION DE LOS RESTAURADORES SEGUN SUS CARACTERISTICAS DIFERENTES

- 2.4 a 14.4 kV - 15.5 kV máximo. 95 kV, NBI - 1 φ
- 1) De 5 a 50 A, continua; 1 250 A, interruptiva
- 2.4 a 14.4 kV - 15.5 kV máximo. 110 kV, NBI - 1 φ
- 1) De 5 a 100 A, continua; 2 000 A, interruptiva
- 2) De 25 a 280 A, continua; 4 000 A, interruptiva
- 2.4 a 14.4 kV - 15.5 kV máximo; 95 kV, NBI - 3 φ
- 1) De 5 a 50 A, continua; 1 250 A, interruptiva
- 2.4 a 14.4 kV - 15.5 kV máximo; 110 kV, NBI - 3 φ
- 1) De 5 a 100 A, continua; 2 000 A, interruptiva
- 2) De 25 a 400 A, continua; 4 000 A, interruptiva
- 3) De 50 a 400 A, continua; 4 000 A, interruptiva
- 4) De 100 a 560 A, continua; 8 000 A, interruptiva
- 5) De 100 a 560 A, continua; 10 000 A, interruptiva
- 6) De 560 A, continua; 10 000 A, interruptiva
- 2.4 a 23 kV 150 kV; NBI - 1 φ
- 1) De 5 a 100 A, continua; 2 500 A, interruptiva

Cuadro 13

SECCIONADORES AUTOMATICOS USADOS EN EL ISTMO CENTROAMERICANO

Empresa	Voltaje de operación (kV)	Corriente continua (A)	Corriente momentánea (A)	NBI (kV)	Voltaje máximo de diseño (kV)	Uso
<u>A. Monofásicos</u>						
CEL	2.4 a 14.4	5 a 140	6 500	95	15.0	
ICE	2.4 a 14.4	5 a 140	6 500	95	15.0	
IRHE	2.3 a 14.4	10 a 140	6 500	95	15.0	
<u>B. Trifásicos</u>						
ICE	2.4 a 14.4	5 a 200	9 000	110	15.5	

(b) Crterios

b) Criterios de selección

De los cuadros anteriores se deriva fácilmente la conclusión de que los restauradores y seccionadores automáticos usados por las empresas del Istmo se pueden catalogar en las siguientes tres categorías, en función de sus voltajes nominales y su nivel básico de aislamiento al impulso:

- i) De voltaje nominal hasta 14.4 kV y 95 kV - NBI
- ii) De voltaje nominal hasta 14.4 kV y 110 kV - NBI
- iii) De voltaje nominal hasta 23 kV y 150 kV - NBI

En función de sus corrientes continuas nominales y de interrupción, se observan, para los restauradores, valores máximos de 50, 100, 280, 400 y 560 amperios de carga continua con valores correspondientes de 1 250, 2 000, 4 000, 4 000 y 8 000 y 10 000 amperios de capacidad de interrupción respectivamente. En lo que respecta a los seccionadores, se observan corrientes continuas máximas de 140 y 200 amperios, con capacidades de cargas momentáneas asimétricas de 6 500 y 9 000 amperios respectivamente.

De lo anterior se deduce obviamente la relación de las normas USASI de los Estados Unidos de Norteamérica, con los criterios seguidos por las empresas del Istmo en la selección de estos equipos.

A continuación se somete a consideración del CRNE una propuesta de norma de trabajo sobre restauradores y seccionadores automáticos, que concuerda esencialmente con la norma USASI C37.22 de los Estados Unidos de Norteamérica.

c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Restauradores y seccionadores automáticos

1. Definiciones

Restaurador automático

Es un equipo autocontenido que interrumpe y recierra un circuito de corriente alterna, de acuerdo a una secuencia predeterminada de aperturas y recierres.

Nota: Se dividen en dos clases: distribución y potencia.

/b) Seccionador

Seccionador automático

Es un equipo autocontenido que se usa en coordinación con un restaurador automático instalado entre el seccionador y la fuente de alimentación de la red. Su función es abrir automáticamente, durante condiciones de circuito abierto, después de un número determinado de operaciones de apertura del restaurador, cuando las condiciones de sobrecarga o de falla sobrepasan la capacidad del seccionador automático. Puede ser operado manualmente para interrumpir la corriente nominal.

2. Voltajes normales

a) El voltaje nominal de un restaurador o seccionador debe ser igual o mayor que el valor máximo de la tensión eléctrica de línea a línea del sistema en el cual se usará, sin tomar en cuenta si el neutro del sistema está conectado a tierra o no;

b) El voltaje nominal de un restaurador o seccionador es el valor más alto de la tensión eléctrica nominal del sistema en el cual se instala el equipo y deberá estar de acuerdo con los valores de la tabla II.

Tabla II

VOLTAJES NORMALES DE RESTAURADORES Y SECCIONADORES EN KV

Voltaje nominal	Voltaje máximo de diseño	
	Distribución	Potencia
14.4	15.0	15.5
23 ^{a/}		25.8

a/ Los restauradores y seccionadores de este voltaje nominal pueden ser aplicados a sistemas de 14.4/24.9 kv.

3. Corrientes normales

a) Restauradores

Los valores normales de las corrientes continuas y de interrupción estarán de acuerdo con los valores de la tabla III.

Tabla III
CORRIENTES NORMALES DE RESTAURADORES AUTOMATICOS
(Amperios)

Continuas	Distribución Voltaje nominal 14.4 kV y 95 kV - NBI	Interruptivas			Voltaje nominal 23 kV y 150 kV- NBI
		Potencia			
		Voltaje nominal 14.4 kV y 110 kV-NBI			
		Clase I	Clase II	Clase III	
10	250				400
15	375				600
25	625	1 000	1 500		1 000
35	875	1 400	2 100		1 400
50	1 250	2 000	3 000		2 000
70		2 000	4 000		2 500
100		2 000 ^{a/}	4 000 ^{b/}	6 000	2 500
140			4 000 ^{b/}	8 000	
200			4 000 ^{b/}	8 000 ^{c/}	
280			4 000 ^{b/}	8 000 ^{c/}	
400				8 000 ^{c/}	
560				8 000 ^{c/}	

- a/ El valor máximo de 2.4 a 4.8 kV es 3 000 amperios.
- b/ El valor máximo de 2.4 a 4.8 kV es 6 000 amperios.
- c/ El valor máximo de 2.4 a 4.8 kV es 12 000 amperios.

b) Seccionadores

El valor normal de la corriente interruptiva será igual o mayor que el 220 por ciento del valor de la corriente continua.

Los valores normales de las corrientes continuas y momentáneas asimétricas, estarán de acuerdo con los valores de la tabla IV.

Tabla IV

CORRIENTES NOMIALES DE SECCIONADORES AUTOMATICOS

(Amperios)

Continua	Momentánea asimétrica
10	1 600
15	2 400
25	4 000
35	6 000
50	6 500
70	6 500
100	6 500
140	6 500

4. Pruebas dieléctricas

Los restauradores y seccionadores serán diseñados y construidos de manera que resistan los voltajes de pruebas dieléctricas especificados en la tabla V.

Tabla V

VOLTAJES DE PRUEBAS DIELECTRICAS DE RESTAURADORES
Y SECCIONADORES AUTOMATICOS

(kV)

Valores nominales		Pruebas dieléctricas		
Distribución	Potencia	A 60 hertz		Impulso
		Seco 1 min.	Húmedo 10 seg.	Valor cresta (NBI)
14.4		35	30	95
	14.4	50	45	110
	23.0	60	50	150

5. Placa de características

Las placas de características de los restauradores y seccionadores deberán contener, como mínimo, la siguiente información:

- a) Nombre y dirección del fabricante;
- b) Número de serie del fabricante y modelo que indique su diseño o construcción. Los cambios en el diseño, construcción o en las características de operación, que afecten su aplicación o servicio, serán acompañados por un cambio en los datos de identificación;
- c) Voltaje nominal o rango de voltajes nominales;
- d) Corriente continua;
- e) Corriente mínima,
 - i) De disparo (para restauradores)
 - ii) De accionamiento (para seccionadores);
- f) Corriente interruptiva;
- g) Nivel básico de aislamiento al impulso (NBI)

6. Correspondencia con otras normas

En el diseño, fabricación y pruebas de estos equipos, deberán prevalecer las normas que al efecto han establecido la USASI y EEI-NEMA de los Estados Unidos de Norteamérica.

II. EQUIPO DE MEDICION

1. Consideraciones generales

El trabajo que aquí se presenta constituye básicamente una recopilación de datos obtenidos en un estudio efectuado por el experto regional en el Istmo Centroamericano, tendiente a normalizar las características eléctricas generales de los medidores de kWh usados por las empresas eléctricas en las acometidas de servicio de sus sistemas de distribución.

La información que las diferentes empresas suministraron para este fin fue sumamente amplia, por lo que se consideró conveniente ordenarla en la forma expuesta en los cuadros 14 a 18 siguientes, según el sistema que se mide y la empresa que utiliza el tipo de medidor.

Cuadro 14

MEDIDORES DE kWh, DE 1 ϕ , 2 HILOS, 120 V

Empresa	Conexión	Registro	Amperios	Clase
INDE	Socket	Ciclómetro	15	100
EEG	Socket	Reloj	15	100
CEL	Frontal	Ciclómetro	10	30
CAESS		Ciclómetro	10	40
		Reloj	10	40
ENEE	Socket	Reloj	15	100
	Socket	Reloj	30	200
ENALUF	Socket	Reloj	15	100
	Frontal	Reloj	15	100
ICE ^{a/}	Frontal	Ciclómetro	2.5	10
	Frontal	Ciclómetro	30	200
CNFL	Frontal	Reloj	15	45
	Frontal	Reloj	15	100
IRHE	Frontal	Ciclómetro	15	100
	Frontal	Ciclómetro	30	200
<u>a/</u>	Agregar: Frontal	Ciclómetro	15	100

Cuadro 15

MEDIDORES DE kWh DE 2 ϕ , 3 HILOS, 120 V ("NETWORK")

Empresa	Conexión	Registro	Amperios	Clase	Elementos	Demanda
CEL	Frontal	Reloj	5		2	Si
ENALUF	Frontal	Reloj	15	100		No
	Socket	Reloj	15	100		No
	Frontal	Reloj	30	200		Si
	Socket	Reloj	30	200		Si
ICE	Frontal	Ciclómetro	2.5	10	2	Si
	Frontal	Ciclómetro	15	100	2	No
	Frontal	Ciclómetro	30	200	2	Mecánica
CPFL	Socket	Reloj	15	100	2	No
	Socket	Reloj	30	200	2	Térmica

Cuadro 16

MEDIDORES DE kWh, DE 1 ϕ , 3 HILOS, 120/240 V

Empresa	Conexión	Registro	Amperios	Clase	Elementos	Demanda
INDE	Socket	Ciclómetro	15	100		
EEG	Socket	Reloj	15 ^{a/}	100		
	Socket	Reloj	30 ^{b/}	200		Si
CEL	Frontal	Ciclómetro	15	45	2	
	Frontal	Ciclómetro	15	100		
CAESS		Ciclómetro	15	100	2	No
		Reloj	75	100		No
		Reloj	2	200		Térmica
ENEE	Socket	Reloj	15	100		
	Socket	Reloj	30	200		
ENALUF	Socket	Reloj	15	100		
ICE		Ciclómetro	15	100		No
	Socket	Ciclómetro	30	200		Si
CNFL	Frontal	Reloj	15	100	2 1/2 ^{d/}	No
IRHE	Frontal	Ciclómetro	15	100	1	No
	Frontal	Ciclómetro	30	200	1	
CPFL	Socket	Reloj	2	200		Térmica

a/ Para cargas hasta 23 kW.

b/ Para cargas hasta 46 kW.

c/ Usa medidor de 2 elementos para mediciones monofásicas y bifásicas ("network") trifilares.

d/ Usa medidor polifásico de 2 1/2 elementos para mediciones trifásicas y monofásicas de 3 hilos.

Cuadro 17

MEDIDORES DE kWh, 3 b, 4 HILOS, 120/208 V, ESTRELLA

Empresa	Conexión	Registro	Amperios	Clase	Elementos	Demanda	Auto- contenido
CAESS		Reloj	15	100	2	No	Si
		Reloj	30	200	2 1/2	Térmica	Si
ENEE	Socket	Reloj	2.5	10		No	
ENALUF	Socket	Reloj	2.5	10	3	No	
	Socket	Reloj	15	100	2	No	Si
	Socket	Reloj	2.5	10	2	Acumulat.	No
ICE	Socket	Reloj	2.5	10	3	Acumulat.	No
	Frontal	Ciclómetro	15	100	2 1/2	No	
			30	200	2 1/2	Mecánica	
	Frontal	Ciclómetro	2.5	10	3	Mecánica	
CPFL	Socket	Ciclómetro	30	200	2	Mecánica	
	Frontal	Reloj	5		2 1/2	Térmica	No
	Socket	Reloj	30	200	2 1/2	Térmica	

Nota: ENEE: 240/416 V, 4 hilos, Y, 2 1/2 elementos, socket, con transformador, 5A, con demanda térmica. EEG: Servicio 120/208 V, Y, suministrado sólo en casos especiales.

Cuadro 18

MEDIDORES DE kWh, 3 ϕ , 3 Y 4 HILOS, 240 V, DELTA

Empresa	Conexión	Registro	Amperios	Clase	Elementos	Demanda	Auto- contenido
INDE	Socket	Ciclómetro	50			No	
EEG	Socket	Reloj	15	100	2 1/2	a/	Si ^{b/}
	Socket	Reloj	30	200	2 1/2	a/	Si ^{b/}
	Frontal	Reloj	15	100	2 1/2	a/	No ^{c/}
	Frontal	Reloj	30	200	2 1/2	a/	No ^{c/}
CEL	Frontal	Ciclómetro	15	45	2	No	Si
			50	150		No	
CAESS		Reloj	2.5	10	2	Térmica	No
ENALUF	Socket	Reloj	15	100	2	No	Si
		Reloj	30	200	2	No	Si
		Reloj	2.5	10	2	No	No
		Reloj	30	200	2	Acumulativa	Si
		Reloj	2.5	10	2	Acumulativa	No
ICE	Frontal	Ciclómetro	15	100	2 1/2	No	
		Ciclómetro	30	200	2 1/2	No	
			30	200	2 1/2	Universal	
			2.5	10	2	Mecánica	
CNFL	Frontal	Reloj	15	100	2 1/2	No	
IRHE	Frontal	Ciclómetro	15	100	2 1/2	No	
		Ciclómetro	30	200	2 1/2	No	
		Ciclómetro	15	100	2 1/2	Mecánica	No
		Ciclómetro	30	200	2 1/2	Mecánica	No
CPFL	Socket	Reloj	15	100	2 1/2	Térmica	
		Reloj	5		2 1/2	Térmica	No
		Reloj	25	100	2 1/2	Térmica	

a/ Con indicador de demanda máxima en todas las cargas mayores de 10 kW.

b/ Hasta 96 kW.

c/ Más de 96 kW.

/En estos

En estos cuadros se puede notar cierta normalización existente en algunas empresas. Por ejemplo, la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEG), se rige por las normas siguientes:

a) Sistemas monofásicos. Todos los medidores de kWh son del tipo de conexión por "socket" y de registro tipo reloj.

Para 120 V, 2 hilos, se usan de 15A, clase 100.

Para 120/240 V., 3 hilos se usan de 15A, clase 100 para cargas hasta 23 kW y de 30A clase 200 con indicador de demanda máxima, para cargas hasta 46 kW.

b) Sistemas trifásicos. Todos los contadores son de registro tipo reloj.

Para cargas mayores de 10 kW se usan siempre indicadores de demanda máxima.

Para cargas hasta 96 kW se usa el tipo de conexión "socket" y el medidor autocontenido.

Para cargas mayores de 96 kW se usa el tipo de conexión "frontal" (bottom connected) y la medición se efectúa a base de transformadores de potencial y de corriente.

Se utilizan los medidores de 15A clase 100 y de 30A clase 200. Para acometidas delta de 4 hilos, los medidores son de 2 1/2 elementos.

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) ha normalizado el vatio-horímetro de 2 elementos para uso en sistemas monofásicos y bifásicos ("network") trifilares y de 2 1/2 elementos para sistemas trifásicos, exceptuando el contador de 2.5 A clase 10 de 3 elementos. Esta empresa, al igual que varias otras, tiende hacia la normalización de los medidores de 15A clase 100 y 30 A clase 200, como puede observarse en los cuadros informativos.

La Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) de Costa Rica, utiliza el medidor de 2 1/2 elementos, tanto para mediciones trifásicas como monofásicas trifilares y está adquiriendo en grandes cantidades medidores de kWh usados y reacondicionados para servicio monofásico bifilar, de 15 amperios clase 45. Este mismo tipo de medidor es usado por la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) de El Salvador, en sus sistemas monofásicos y trifásicos.

El Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) de Panamá, ha normalizado el tipo de conexión frontal y el registro ciclométrico, mientras que la Compañía Panameña de Fuerza y Luz (CPFL) tiende hacia el tipo "socket" y de reloj.

/Los tipos

Los tipos de conexión y de registro usados por las diversas empresas obedecen a preferencias particulares diferentes. Sin embargo, se puede observar cierta tendencia hacia la normalización en este aspecto dentro de cada empresa en particular. En igual forma se observa dentro de cada empresa la preferencia hacia un determinado tipo de indicador de demanda máxima.

El problema que significa la gran variedad de medidores de kWh utilizados por las empresas eléctricas es de mucha importancia y ha creado conciencia de la necesidad de normalizar esta clase de equipos.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, especialmente las características de los equipos usados por las diferentes empresas y las tendencias hacia su normalización, se presenta a consideración del CRNE la siguiente propuesta de norma de trabajo.

2. Propuesta de norma de trabajo CRNE. Medidores de kWh para acometidas de servicio eléctrico

Se consideran normales para uso en las acometidas de los sistemas de distribución de energía eléctrica del Istmo Centroamericano, los medidores de kWh que cumplan con las características siguientes, según el tipo de servicio.

1. Para 120 voltios, servicio monofásico bifilar
De 2.5 amperios, clase 10
De 15 amperios, clase 100
De 30 amperios, clase 200
2. Para 120 voltios, servicio bifásico ("network") trifilar
De 2.5 amperios, clase 10
De 15 amperios, clase 100
De 30 amperios, clase 200
3. Para 120/240 voltios, servicio monofásico trifilar
De 15 amperios, clase 100
De 30 amperios, clase 200
4. Para 120/208 voltios, estrella, servicio trifásico de cuatro hilos
De 2.5 amperios, clase 10
De 15 amperios, clase 100
De 30 amperios, clase 200

5. Para 240 voltios, delta, servicio trifásico trifilar o de cuatro hilos

De 2.5 amperios, clase 10

De 15 amperios, clase 100

De 30 amperios, clase 200

6. Observaciones

a) Se aceptan como normales los medidores de 15 amperios, clase 45, pero no se recomiendan para futuras instalaciones;

b) Se recomienda especialmente el uso de medidores de 15 amperios, clase 100 y, cuando la carga lo amerite, de 30 amperios, clase 200;

c) Se recomienda el uso de medidores de 2 elementos para los sistemas monofásicos y bifásico ("network") trifilar y de 2 1/2 elementos para mediciones trifásicas de 3 y 4 hilos.

7. Otras características

a) Los contadores de kWh pueden ser de conexión frontal (bottom connected) o tipo "socket" y deben tener las siguientes características:

i) Los de conexión frontal deben tener la base o caja hecha de una sola pieza de aluminio fundido a troquel resistente a la corrosión y la tapa totalmente de vidrio, libre de esfuerzos para evitar su quebradura. La base y la tapa deben asegurarse de tal manera que sean herméticas al agua y al polvo y deben poseer un dispositivo para sellarlas. La caja de bornes, debe ser de material plástico moldeado resistente al arco y a la humedad, de acuerdo con las normas ASTM, publicación No. D570-42. Los bornes deben estar embutidos en la masa y separados por tabiques aislantes y deben acomodar conductores del No. 12 al No. 2 AWG inclusive, con tornillos de 3/8 de pulgada de diámetro diseñados de tal manera que aseguren un contacto eléctrico efectivo. La tapa de la caja de bornes debe ser de aluminio, de tipo largo, con entradas para el conductor laterales y en la parte inferior y que puedan ser selladas independientemente de la tapa de vidrio principal.

ii) Los medidores de conexión tipo "socket" deben tener el aro que soporta la cubierta de vidrio hecho de acero inoxidable. La base debe ser de una sola pieza resistente al arco y contra golpes y junto con la cubierta de vidrio debe constituir una caja no inflamable para el mecanismo del contador. Este último no debe ser afectado por cambios normales de temperatura,

/la presencia

la presencia de humedad y otras causas normales. El contador debe estar equipado con un empaque de hule entre la cubierta de vidrio y la base, así como de un filtro de fibra de vidrio que elimine la entrada de polvo y que permita la evacuación de la humedad.

b) Los números del indicador o registro, (el cual puede ser del tipo reloj o de ciclómetro), deben ser estampados o de otra manera que evite que sean borrados por los rayos solares;

c) La bobina de potencial debe estar cubierta por un aislamiento de alto dieléctrico a prueba de hongos. Las bobinas de corriente deben ser de barra de cobre y selladas con un compuesto aislante de alto dieléctrico. No se acepta aislamiento de papel. Las láminas del núcleo deben ser de un acabado superior y prensado con remaches a presión;

d) Todos los tornillos de ajuste deben ser fácilmente accesibles desde el frente del medidor;

e) El eje del disco debe constituir un conjunto rígido con el disco. El tornillo sin fin que mueve el indicador debe ser torneado directamente en el eje. La suspensión del eje debe ser preferiblemente del tipo magnético. El disco debe estar provisto de marcas en la orilla que permitan una calibración estroboscópica del contador;

f) El aislamiento entre partes portadoras de corriente de circuitos separados y entre éstas y otras partes metálicas, debe soportar un voltaje eficaz de 2.5 kV, 60 hertz, durante un minuto;

g) Los contadores deben mantener una exactitud de medición dentro del 1 por ciento del registro correcto para las siguientes variaciones de los valores nominales, entendidas a un factor de potencia unitario para la sobrecarga y de hasta 0.5 para la frecuencia y el voltaje:

- i) En frecuencia: más y menos 5 por ciento;
- ii) En voltaje: más y menos 3 por ciento;
- iii) En carga: hasta el máximo según el amperaje y la clase de medidor especificado.

h) Los contadores deben tener una placa de características que contenga, como mínimo, la siguiente información:

/i) Nombre

- i) Nombre del fabricante
- ii) Tipo y número
- iii) Clase
- iv) Voltaje
- v) Número de hilos
- vi) Frecuencia 60 Hz
- vii) Corriente de prueba
- viii) Constante de kilovatio-hora
- ix) Propiedad de (nombre de la empresa)

8. Correspondencia con otras normas

En el diseño, fabricación y pruebas de los medidores deberán prevalecer las normas que al respecto han establecido la USASI y la EEI-NEMA de los Estados Unidos de Norteamérica.

BIBLIOGRAFIA

1. Distribution Data Book. General Electric. Chapter VIII. Lightning Protection of Distribution Systems.
2. Electric Utility Engineering Reference Book. Westinghouse. Volume 3. Distribution Systems. Application Data for Lightning Arresters.
3. Norma USASI C 84.1, 1954. "EEI-NEMA Preferred Voltage Ratings for A-C Systems and Equipment".
4. Norma USASI C 62.1, 1962. "American Standard for Lightning Arresters for Alternating Current Power Circuits", su suplemento C 62.1a, 1964 y su revisión NEMA 1966.
5. Comisión Federal de Electricidad. Especificaciones de equipo No. 1.4. AP1 a 8. "Apartarrayos No. 1.4. CCF 1 a 5, "Cortacircuitos fusibles".
6. Catálogos de equipos y materiales eléctricos Westinghouse, General Electric Allis Chalmers, Line Material y S & C Electric Company.
7. Standard Handbook for Electrical Engineers. Ninth edition. A. E. Knowlton.
8. Norma USASI C 37.42, 1962, "American Standard Specifications for Distribution, Enclosed, Open and Open-Link Cutouts".
9. Norma USASI C 37.22. "American Standard Requirements for Automatic Circuit Reclosers and Automatic Line Sectionalizers for Alternating Current Systems".
10. Especificaciones para licitaciones de todas las empresas eléctricas del Istmo Centroamericano.
11. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), El Salvador; "Diagramas de una línea, zonas 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 15 y 17".

OBSERVACIONES DE LOS COMITES NACIONALES DE NORMAS ELECTRICAS
DEL ISTMO Y DEL EXPERTO REGIONAL

A continuación se incluyen ciertas observaciones que las empresas eléctricas del Istmo Centroamericano hicieron del conocimiento del experto regional, por escrito o verbalmente. En los casos en que se ha considerado conveniente, se anotan también comentarios o aclaraciones del experto.

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-10

Criterios de diseño mecánico para redes de distribución
de energía eléctrica*

I. RESISTENCIA MECANICA

Agregar "Se recomienda que en aquellas regiones del Istmo en que las líneas puedan llegar a estar sometidas a esfuerzos más severos que los que se calculan sobre las bases señaladas más adelante, ya sea porque se cubran de hielo, porque la temperatura baje de 10° C o porque el viento sople con más fuerza, las instalaciones se hagan tomando en cuenta estos factores".

Bases para el cálculo de las cargas

a) Cargas de conductores

i) Presión del viento. La ENALUF sugiere normalizar el valor de 44 kg/m^2 que equivale a una velocidad de viento de 96.5 km/h (Norma REA de 9 lb/pie² y 60 millas/h). Al respecto se aclara que el valor propuesto de 39 kg/m^2 equivale a una velocidad de viento de 91 km/h (Norma REA de 8 lb/pie² y 56.6 millas/h).

ii) Temperaturas mínima y máxima (no hubo observaciones)

* Se sugirió cambiar el título del proyecto de norma a "Algunas normas de seguridad para el diseño mecánico de redes de distribución de energía eléctrica".

b) Cargas en postes o estructuras de soporte

i) Carga vertical. Se agregará la frase siguiente: "Cuando el poste o estructura de soporte esté anclado, se tomará en cuenta la componente vertical de la tensión a que esté sometido el anclaje".

No hubo observaciones en los incisos ii), iii), iv) y v).

II. CLASES DE CONSTRUCCION SEGUN RESISTENCIA MECANICA

1. Clasificación de construcción

Dos empresas sugieren que quizás la clase B de construcción de líneas se adapte a la generalidad de condiciones en el Istmo Centroamericano y podría ser la única clase necesaria.

2. Requisitos mínimos para cada clase de construcción de líneas

En el cuadro 1, después del primer párrafo (Tensión) se agregará lo siguiente: "Calibre más delgado permitido (AWG):

En general, de cobre semiduro o su equivalente en resistencia mecánica, ... Clase A # 6; Clase B # 8; Clase C # 8."

3. Requisitos adicionales especiales para la clase A, en cruzamientos con vías férreas

(No hubo observaciones)

III. CLASES DE CONSTRUCCION SEGUN LUGARES Y CONDICIONES

No hubo observaciones en los incisos a) a h).

i) Proximidad al mar. Al recomendar el uso del "copperweld" y del "alumoweld" se recomendará también el uso del conductor "ARDIVAL", de aleación de aluminio, por ser un perfecto sustituto del ACSR.

IV. DISTANCIAS MINIMAS ENTRE PARTES CALIENTES Y ENTRE ESTAS Y TIERRA

(No hubo observaciones)

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-11

Criterios de diseño eléctrico para redes de distribución
de energía eléctrica
(Equipos de protección y medición)

I. EQUIPO DE PROTECCION

1. Pararrayos

(Los comentarios siguientes fueron expresados por el IRHE de Panamá)

a) Consideraciones generales

El IRHE ha aclarado que utiliza los pararrayos de distribución de clase intermedia únicamente en subestaciones.

b) Criterios de selección

Se ha formulado el comentario de que para los sistemas de 19.9/34.5 kV, Y_0 , el pararrayos de 27 kV nominales es conveniente para la protección de transformadores que tengan un nivel básico de aislamiento al impulso (NBI) de 150 kV o mayor, usando el criterio de selección del 80 por ciento del voltaje entre fases. Sin embargo, para la protección de transformadores de 34.5 kV que tengan un NBI de 125 kV, el pararrayos conveniente podría ser de un voltaje nominal igual a 1.25 veces el valor de la tensión eléctrica de fase a neutro, o sea 25 kV.

c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Pararrayos de distribución

i) Relaciones fundamentales: Se ha solicitado que se incluya un comentario sobre la caída de tensión eléctrica residual en los pararrayos. Por lo tanto, se propone el siguiente: "Durante la descarga del pararrayos, el equipo protegido queda sujeto a una tensión eléctrica equivalente al producto de la corriente de descarga por la resistencia del pararrayos. Para obtener una protección adecuada, el pararrayos debe permitir el paso de altas corrientes de descarga y al mismo tiempo mantener al mínimo la caída de voltaje residual ($I \times R$)".

ii) Voltajes anormales del sistema (no hubo observaciones)

/iii) Clasificación

iii) Clasificación de sistemas (no hubo observaciones)

iv) Selección del pararrayos

Tabla I. Se ha pedido al experto incluir en esta tabla el pararrayos de 25 kV nominales, 125 kV, NBI.

(No hubo observaciones en los incisos v) y vi))

2. Cortacircuitos

a) Consideraciones generales (No hubo observaciones)

b) Criterios de selección (No hubo observaciones)

c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Cortacircuitos para distribución

i) Características generales (No hubo observaciones)

ii) Características individuales: Se ha sugerido eliminar los cortacircuitos de 7.8 kV y 75 kV-NBI.

iii) Placa de características (No hubo observaciones)

iv) Correspondencia con otras normas (No hubo observaciones)

v) Fusibles. El ICE propone incluir la normalización de los fusibles para usar en los cortacircuitos, según las especificaciones de las normas USASI C 37.43, tipos K y T. Por lo tanto, el experto se permite sugerir las capacidades de corrientes nominales de 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 15, 20 y 25 amperios, de los tipos de fusibles aludidos.

3. Cuchillas seccionadoras

a) Consideraciones generales (No hubo observaciones)

b) Criterios de selección (No hubo observaciones)

/c) Propuesta

c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Cuchillas seccionadoras para distribución

i) Características generales (No hubo observaciones)

ii) Características individuales: El ICE propone que se agregue como normal la cuchilla seccionadora de las características siguientes: "14.4 kV nominales, 15.5 kV máximo de diseño, 95-kV NBI, 200 A nominales continuos y 16,000 A corriente momentánea".

(No hubo observaciones en los incisos iii), iv) y v))

4. Restauradores y seccionadores automáticos

a) Consideraciones generales (No hubo observaciones)

b) Criterios de selección (No hubo observaciones)

c) Propuesta de norma de trabajo CRNE. Restauradores y seccionadores automáticos

1. Definiciones

(No hubo observaciones)

2. Voltajes normales

(No hubo observaciones)

3. Corrientes normales

a) Restauradores

El ICE sugiere incluir en la Tabla III la denominación de 5 A corriente continua y 125 A corriente interruptiva para 14.4 kV nominales y 95 kV-NBI, pues esta capacidad tiene todavía aplicación en la región, en los casos en que la corriente de falla sea muy baja.

El experto se permite aclarar que esa denominación aparece en los catálogos de las casas fabricantes de estos equipos en los Estados Unidos de América aunque la USASI no la ha normalizado.

/b) Seccionadores

b) Seccionadores (No hubo observaciones)

4. Pruebas dieléctricas
(No hubo observaciones)

5. Placa de características
(No hubo observaciones)

6. Correspondencia con otras normas
(No hubo observaciones)

II. EQUIPO DE MEDICION

1. Consideraciones generales

Se agrega el cuadro 19 que proporcionó la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEG), que muestra los diferentes tipos de medidores que dicha empresa utiliza. Además de los medidores indicados en este cuadro como normales se informó al experto sobre el uso de un nuevo tipo de medidor de reciente manufactura, de 2.5 A clase 20.

2. Propuesta de norma de trabajo CRNE. Medidores de kWh para acometidas de servicio eléctrico

(La siguiente propuesta de norma de trabajo sustituye la propuesta original)

Se consideran normales para uso en las acometidas de los sistemas de distribución de energía eléctrica del Istmo Centroamericano, los medidores de kWh que cumplan con las características siguientes, según el tipo de servicio.

1. Para 120 voltios, servicio monofásico bifilar

De 15 amperios, clase 100
De 30 amperios, clase 200

2. Para 120 voltios, servicio bifásico ("network") trifilar

De 15 amperios, clase 100, de 2 elementos
De 30 amperios, clase 200, de 2 elementos

Cuadro 19

GUATEMALA: MEDIDORES USADOS POR LA EEG

No.	Base	Fases	Alambres	Voltios	Amperes	Fabri- cación	Tipo	Norma- les	Propues- tos
1	F	1	2	110	5	G.E.	I-16		
2	F	1	2	115	10	G.E.	I-27a		
3	F	1	2	115	15	G.E.	I-16		
4	S	1	2	120	5	G.E.	I-30S		
5	S	1	2	120	15	G.E.	I-57S	x	
6	F	1	2	220	5/25	G.E.	I-14		
7	F	1	3	230	10	G.E.	I-16		
8	F	1	3	230	15	G.E.	I-27a		
9	F	1	3	230	25	G.E.	I-27a		
10	F	1	3	240	30/150	G.E.	I-16		
11	S	1	3	240	5	G.E.	I-30S		
12	S	1	3	240	15	G.E.	I-57S	x	
13	S	1	3	240	30/200	G.E.	I-M60S	x	x
14	F	3	3	220	5/150	G.E.	D-7		
15	F	3	4	240	15/100	G.E.	V-6A		x
16	F	3	4	240	50	G.E.	V-6A		
17	F	3	4	240	2.5/10	G.E.	V-66A		
18	F	3	4	120	2.5	G.E.	V-4A		
19	S	3	4	240	15/100	G.E.	V-66S	x	
20	F	3	4	240	15/100	G.E.	VM-66A		
21	F	3	4	240	30/200	G.E.	VM-66A		
22	F+S	3	4	240	2.5/10	G.E.	VM-66A	x	
23	F+S	3	4	120	2.5/10	G.E.	VM-65A	x	
24	F	3	4	480	2.5/10	G.E.	VM-66A		
25	F	3	4	240	2.5/10	G.E.	VM-65A		
26	F	3	4	120	2.5	West.	R-28		
27	F	3	4	480	50	G.E.	V-3A		
28	F	3	4	120	2.5	G.E.	DG-1		
29	S	3	4	240	15/100	G.E.	VM-66S		
30	S	3	4	240	30/200	G.E.	VM-66S	x	
31	S	3	4	480	15/100	G.E.	VM-66S		
32	S	3	4	480	30/200	G.E.	VM-66S		
33	S	3	4	240	15/100	G.E.	VM-65S		
34	S	3	4	240	30/200	G.E.	VM-65S		
35	S	3	4	120	15/100	G.E.	VM-65S	x	
36	S	3	4	120	30/200	Sangamo	P-20S	x	

3. Para 120/240 voltios, servicio monofásico trifilar

De 15 amperios, clase 100, de 2 elementos

De 30 amperios, clase 200, de 2 elementos

4. Para 120/208 voltios, estrella, servicio trifásico de cuatro hilos

De 2.5 amperios, clase 10, de 3 elementos

De 15 amperios, clase 100, de 2 1/2 elementos

De 30 amperios, clase 200, de 2 1/2 elementos

5. Para 240 voltios, delta, servicio trifásico trifilar o de cuatro hilos

De 2.5 amperios, clase 10, de 2 elementos

De 15 amperios, clase 100, de 2 1/2 elementos

De 30 amperios, clase 200, de 2 1/2 elementos

6. Nota: Se aceptan como normales los medidores de 15 amperios, clase 45, pero no se recomiendan para futuras instalaciones.

7. Otras características: Se agregarán a la propuesta original las características siguientes:

a) Los contadores de kWh pueden ser de conexión frontal (bottom connected) o tipo "socket" y deben tener las siguientes características:

i) Los de conexión frontal deben tener la base o caja hecha de una sola pieza de aluminio fundido a troquel resistente a la corrosión y la tapa totalmente de vidrio, libre de esfuerzos para evitar su quebradura. La base y la tapa deben asegurarse de tal manera que sean herméticas al agua y al polvo y deben poseer un dispositivo para sellarlas. La caja de bornes, debe ser de material plástico moldeado resistente al arco y a la humedad, de acuerdo con las normas ASTM, publicación No. D570-42. Los bornes deben estar embutidos en la masa y separados por tabiques aislantes y deben acomodar conductores del No. 12 al No. 2 AWG inclusive, con tornillos de 3/8 de pulgada de diámetro diseñados de tal manera que aseguren un contacto eléctrico efectivo. La tapa de la caja de bornes debe ser de aluminio, de tipo largo, con entradas para el conductor laterales y en la parte inferior y que puedan ser selladas independientemente de la tapa de vidrio principal.

ii) Los medidores de conexión tipo "socket" deben tener el aro que soporta la cubierta de vidrio hecho de acero inoxidable. La base debe ser de una sola pieza resistente al arco y contra golpes y junto con la cubierta

/de vidrio

de vidrio debe constituir una caja no inflamable para el mecanismo del contador. Este último no debe ser afectado por cambios normales de temperatura, la presencia de humedad y otras causas normales. El contador debe estar equipado con un empaque de hule entre la cubierta de vidrio y la base, así como de un filtro de fibra de vidrio que elimine la entrada de polvo y que permita la evacuación de la humedad.

iii) Los conectores de los medidores del tipo de conexión frontal deben ser del tipo universal, para conductores de cobre y de aluminio.

iv) Ambos tipos de medidores (conexión frontal y socket), serán diseñados y construidos para ser usados en la intemperie.

b) Las carátulas de los indicadores de demanda deben ser del tipo de medición de rango amplio ("Broad range metering"), para mejor exactitud.

c) Los números del indicador o registro, (el cual puede ser del tipo reloj o de ciclómetro), deben ser estampados o de otra manera que evite que sean borrados por los rayos solares;

d) La bobina de potencial debe estar cubierta por un aislamiento de alto dieléctrico a prueba de hongos. Las bobinas de corriente deben ser de barra de cobre y selladas con un compuesto aislante de alto dieléctrico. No se acepta aislamiento de papel. Las láminas del núcleo deben ser de un acabado superior y prensado con remaches a presión;

e) Todos los tornillos de ajuste deben ser fácilmente accesibles desde el frente del medidor;

f) El eje del disco debe constituir un conjunto rígido con el disco. El tornillo sin fin que mueve el indicador debe ser torneado directamente en el eje. La suspensión del eje debe ser preferiblemente del tipo magnético. El disco debe estar provisto de marcas en la orilla que permitan una calibración estroboscópica del contador;

g) El aislamiento entre partes portadoras de corriente de circuitos separados y entre éstas y otras partes metálicas, debe soportar un voltaje eficaz de 2.5 kV, 60 hertz, durante un minuto;

/h) Los

h) Los contadores deben mantener una exactitud de medición dentro del 1 por ciento del registro correcto para las siguientes variaciones de los valores nominales, entendidas a un factor de potencia unitario para la sobrecarga y de hasta 0.5 para la frecuencia y el voltaje:

- i) En frecuencia: más y menos 5 por ciento;
- ii) En voltaje: más y menos 8 por ciento;
- iii) En carga: hasta el máximo según el amperaje y la clase de medidor especificado.

i) Los contadores deben tener una placa de características que contenga, como mínimo, la siguiente información:

- i) Nombre del fabricante
- ii) Tipo y número
- iii) Clase
- iv) Voltaje
- v) Número de hilos
- vi) Frecuencia 60 Hz
- vii) Corriente de prueba
- viii) Constante de kilovatio-hora
- ix) Propiedad de (nombre de la empresa)

