

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

LIMITADO
CCE/SC.5/CRNE/VIII/5
Junio de 1972

Octava reunión
Guatemala, Guatemala

PROYECTOS DE NORMAS DE TRABAJO PARA LA SELECCION DE EQUIPO
DE SUBESTACIONES EN REDES DE SUBTRANSMISION
Y TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA

- CRNE-17 Transformadores de potencia
- CRNE-18 Transformadores de corriente
- CRNE-19 Transformadores de potencial
- CRNE-20 Fusibles de potencia
- CRNE-21 Pararrayos
- CRNE-22 Disyuntores de potencia

Proyectos elaborados para el Comité Regional de Normas Eléctricas por el señor Armando Rodríguez, experto regional adscrito a la Comisión Económica para América Latina. Estos proyectos serán examinados por el CRNE, con las observaciones que a su respecto señalen los Comités Nacionales de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano.

INDICE

	<u>Página</u>
Presentación	1
CRNE-17 Transformadores de potencia	3
CRNE-18 Transformadores de corriente	27
CRNE-19 Transformadores de potencial	51
CRNE-20 Fusibles de potencia	71
CRNE-21 Pararrayos	103
CRNE-22 Disyuntores de potencia	117
Bibliografía	137

PRESENTACION

Las propuestas de normas de trabajo que se presentan en este documento fueron elaboradas por el experto regional de acuerdo con el programa establecido durante la séptima reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano, celebrada en la ciudad de Panamá, en septiembre de 1971, que incluye con prioridad la elaboración de normas para la selección de equipo de subestaciones en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica, en particular en lo que se refiere a transformadores de potencia, transformadores de medición y equipos de protección.

Con el objeto de facilitar el estudio del tema, se consideró conveniente dividirlo en las siguientes propuestas de normas:

- CRNE-17: Transformadores de potencia
- CRNE-18: Transformadores de corriente (medición y protección)
- CRNE-19: Transformadores de potencial (medición)
- CRNE-20: Fusibles de potencia
- CRNE-21: Pararrayos
- CRNE-22: Disyuntores de potencia

Antes de elaborar las propuestas aquí presentadas, se efectuó un estudio para determinar las características principales de los equipos aludidos que se utilizan en el Istmo Centroamericano y la procedencia y aplicación de los mismos en las subestaciones eléctricas de las diferentes empresas.

Teniendo en cuenta dicho estudio y considerando la fuerte influencia tecnológica de los países que exportan estos equipos al Istmo Centroamericano, las normas de trabajo que aquí se presentan se basaron fundamentalmente en las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional de Ginebra, Suiza, afiliada a la Organización Internacional de Normalización (IEC/ISO), y a las normas del "American National Standards Institute, Inc." (ANSI), de los Estados Unidos de Norteamérica.

En estas propuestas de normas se pretende básicamente establecer las características principales que definen un equipo o material, y en algunos casos conflictivos se proponen los valores establecidos por ambas organizaciones normativas, después de determinar las equivalencias correspondientes.

Se ha limitado en lo posible la gran variedad de equipos similares para una misma aplicación, sin perder de vista la importancia de mantener la calidad y no restringir el suministro de los equipos y materiales, factores determinantes para el desarrollo de los sistemas eléctricos.

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-17

Transformadores de potencia

INDICE

	<u>Página</u>
1. Condiciones de servicio	7
a) Normales	7
b) Otros	7
2. Valores nominales	8
a) Capacidades	8
b) Relación entre voltajes y capacidades nominales	10
3. Derivaciones	11
a) Derivaciones de operación sin potencial aplicado	11
b) Derivación principal	11
4. Clasificación según el método de enfriamiento	12
5. Límites de aumento de temperatura	14
a) Reducciones en los aumentos de temperatura para transformadores enfriados por aire diseñados para altas temperaturas del mismo	16
b) Reducción en los aumentos de temperatura para transformadores diseñados para alturas mayores de 1 000 m.s.n.m.	16
6. Niveles de aislamiento	16
a) Para transformadores sumergidos en aceite	16
b) Factores de corrección por altitud para los niveles de aislamientos externos	18
7. Voltaje de corto circuito o de impedancia	19
8. Identificación de devanados y marcas de terminales	20
a) Devanados	20
b) Terminales	20
9. Polaridad, desplazamiento angular y diagrama vectorial	21
a) Polaridad	21
b) Desplazamiento angular de los devanados	21
c) Diagrama vectorial	21
d) Designación para conexiones de devanados y desplazamiento angular	22
10. Tolerancias	25
11. Placa de datos	26

Esta norma se aplicará a transformadores monofásicos o trifásicos sumergidos en aceite o secos, de dos devanados, con una capacidad de 501 kVA o mayor, para operar en sistemas hasta de 138 000 voltios de 60 hertz, y con las siguientes condiciones de servicio.

I. Condiciones de servicio

a) Normales

Las especificaciones dadas en los siguientes artículos se basan en las siguientes condiciones:

- i) Altitud: No mayor de 1 000 metros sobre el nivel del mar;
- ii) Temperatura del medio refrigerante. Para transformadores enfriados por agua la temperatura máxima de la misma a la entrada será de 25°C. Para transformadores enfriados por aire la temperatura ambiente será de:

	<u>Grados centígrados</u>
Máxima	40
Promedio en cualquier día	30
Promedio en el año	20
Mínima en el año	- 10

- iii) Forma de la onda de voltaje de la fuente. Aproximadamente senoidal;
- iv) Simetría de las tensiones eléctricas polifásicas. Para transformadores polifásicos los voltajes aplicados serán aproximadamente simétricos.

b) Otros

Para condiciones de servicio diferentes a las normales, se aplicarán recomendaciones adicionales a los aumentos de temperatura y niveles de aislamiento, hasta ciertos límites, en las variaciones de las condiciones de servicio.

- 1) 10°C sobre las temperaturas establecidas en la sección 1-a-ii) anterior, para transformadores enfriados por aire;
- 2) Para transformadores enfriados por agua, la temperatura máxima de entrada será de 25°C.

/Cuando los

Cuando los transformadores se instalan a alturas mayores de 1 000 m.s.n.m. se aplicarán las correcciones de temperatura y niveles de aislamiento que se indican en las secciones 5-b y 6-b, respectivamente.

Cuando existan condiciones de servicio que ameriten diseño o instalación especiales, se deberá notificar a los fabricantes. Algunos ejemplos de estas condiciones son:

Humos o vapores dañinos, polvo excesivo o abrasivo, mezclas explosivas de polvos o gases, vapor, ambiente salino, humedad excesiva, etc.

2. Valores nominales

a) Capacidades

Las capacidades nominales serán los kVA o MVA que el transformador puede entregar bajo condiciones de carga continua, sin exceder los límites de aumento de temperatura que se establecen en la sección 5 más adelante, operando con valores nominales de voltaje aplicado y frecuencia, y bajo las condiciones normales de servicio.

Aunque la capacidad nominal está relacionada con el voltaje nominal, el transformador estará capacitado para entregar su corriente nominal secundaria a un voltaje aplicado, 5 por ciento mayor que el nominal, sin exceder los límites de aumento de temperatura de la sección 5 citada.

Cuadro 1

CAPACIDADES NOMINALES

(kVA nominales)

Transformadores monofásicos			Transformadores trifásicos		
OA	FA		OA	FA	
833	958		750	862	
1 250	1 437		1 000	1 150	
1 667	1 917		1 500	1 725	
2 500	3 125		2 000	2 300	
3 333	4 167		2 500	3 125	
5 000	6 250		3 750	4 687	
6 667	8 333		5 000	6 250	
8 333	10 417		7 500	9 375	
	<u>1a. etapa</u>	<u>2a. etapa</u>	10 000	12 500	
10 000	13 333	16 667		<u>1a. etapa</u>	<u>2a. etapa</u>
			15 000	20 000	25 000
			20 000	26 667	33 333
			25 000	33 333	41 667
			30 000	40 000	50 000

/b) Relación

b) Relación entre voltajes y capacidades nominales

Los kVA y voltajes nominales para transformadores monofásicos y trifásicos autoenfriados (OA) serán los de los cuadros 2 y 3, respectivamente.

Cuadro 2

CAPACIDADES Y VOLTAJES NOMINALES PARA TRANSFORMADORES MONOFASICOS

Alto voltaje nominal del transformador ^{a/} (voltios)	Bajo voltaje nominal del transformador (voltios)		
	7970/13300 Y	14400/24940 Y ^{b/}	19920/34500 Y
	kVA nominales		
34 400	833-3 333		
43 800	833-8 333		
67 000	833-8 333		
115 000	2 500-8 333		2 500-8 333
138 000	2 500-8 333		2 500-8 333

Nota: kVA nominales separados por un guión indican que se incluyen los valores intermedios del cuadro 1.

a/ Voltajes para conexión delta.

b/ A determinarse posteriormente.

Cuadro 3

CAPACIDADES Y VOLTAJES NOMINALES PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS

Alto voltaje nominal del transformador (voltios)	Bajo voltaje nominal del transformador (voltios)		
	13300 Y/7970	24940 Y/14400 ^{a/}	34500 Y/19920
	kVA nominales		
34 400	1 000-30 000		
43 800	1 500-30 000		
67 000	1 500-30 000		
115 000	5 000-30 000		5 000-30 000
138 000	5 000-30 000		5 000-30 000

Nota: kVA nominales separados por un guión indican que se incluyen los valores intermedios del cuadro 1.

a/ A determinarse posteriormente.

3. Derivaciones

Los transformadores de potencia serán suplidos sin derivaciones, a menos que se soliciten específicamente. Cuando éstas se requieran, deberá aclararse si son para cambiarse bajo carga o sin potencial aplicado.

a) Derivaciones de operación sin potencial aplicado

Si se especifican derivaciones para operación sin potencial pero no se establece el rango ni los pasos de las derivaciones, se asumirá que el transformador dispondrá de valores normales de ± 5 por ciento para el rango y de 2.5 por ciento por paso.

b) Derivación principal

A menos que se especifique otra cosa la derivación principal corresponderá a la derivación de la posición media si el número de derivaciones es impar, o a aquélla de las dos derivaciones medias que esté asociada con el mayor número de vueltas en el devanado con derivaciones, si su número es par.

Quadro 4

DERIVACIONES NORMALES PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA MONOFASICOS EN ACEITE

Voltaje nominal del devanado de alta tensión (voltios)	Derivaciones en alto voltaje (voltios)
34 400	36 200/35 300/33 500/32 600
43 800	46 200/45 000/42 600/41 400
67 000	70 600/68 800/65 200/63 400
115 000	120 750/117 875/112 125/109 250
138 000	144 900/141 450/134 550/131 100

Nota: Los voltajes son para conexión delta, excepto cuando se indique otra cosa.

Cuadro 5

DERIVACIONES NORMALES PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA TRIFASICOS
EN ACEITE

Voltaje nominal del devanado de alta tensión (voltios)	Derivaciones en alto voltaje (voltios)
34 400	36 200/35 300/33 500/32 600
43 800	46 200/45 000/42 600/41 400
67 000	70 600/68 800/65 200/63 400
115 000	120 750/117 875/112 125/109 250
138 000	144 900/141 450/134 550/131 100

Nota: Los voltajes son para conexión delta, excepto cuando se indique otra cosa.

4. Clasificación según el método de enfriamiento

Se adoptará como norma la siguiente clasificación que concuerda esencialmente con la recomendación IEC/ISO.

El medio refrigerante y el tipo de su circulación se identificarán con letras, como se indica a continuación:

<u>Tipo de refrigerante</u>	<u>Símbolo</u>
Aceite mineral	O
Askarel	L
Gas	G
Agua	W
Aire	A
Aislante sólido	S
<u>Tipo de circulación</u>	
Natural	N
Forzada	F

Cada método de enfriamiento se identificará con cuatro letras ordenadas según se indica enseguida, y se utilizará una diagonal en el caso de presentarse varias alternativas.

/la. letra

<u>1a. letra</u>	<u>2a. letra</u>	<u>3a. letra</u>	<u>4a. letra</u>
Indica el medio refrigerante en contacto con los devanados		Indica el medio refrigerante en contacto con el sistema de enfriamiento exterior	
Clase de refrigerante	Clase de circulación	Clase de refrigerante	Clase de circulación

Se propone como alternativa el uso de la clasificación norteamericana para la identificación de las clases de enfriamiento que se describe a continuación:

Transformadores tipo seco enfriados con aire

- a) Tipo seco, autoenfriado (AA)
- b) Tipo seco, con aire forzado (AFA)
- c) Tipo seco, autoenfriado/con aire forzado (AA/FA)

Transformadores sumergidos en aceite, enfriados por aire

- a) Sumergido en aceite, autoenfriado (OA)
- b) Sumergido en aceite, autoenfriado/aire forzado (OA/FA)
- c) Sumergido en aceite, autoenfriado/aire forzado/aire forzado (OA/FA/FA)

Transformadores sumergidos en aceite enfriados con aire/y enfriados con aceite forzado

- a) Sumergido en aceite, autoenfriado/aire forzado/aceite forzado (OA/FA/FOA)
- b) Sumergido en aceite, autoenfriado/aire forzado-aceite forzado/aire forzado-aceite forzado (OA/FOA/FOA)

Transformadores sumergidos en aceite enfriados con agua

- a) Sumergido en aceite, enfriado con agua (OW)
- b) Sumergido en aceite, enfriado con agua/autoenfriado (OW/A)

Transformadores sumergidos en aceite enfriados con aceite forzado

- a) Sumergido en aceite, aceite forzado con aire forzado (FOA)
- b) Sumergido en aceite, aceite forzado con agua forzada (FOW)

5. Límites de aumento de temperatura

Los aumentos de temperatura de los devanados, núcleos y aceite de transformadores diseñados para operar en las condiciones de servicios señalados en la sección 1 anterior para temperaturas del medio refrigerante dentro de los límites señalados en la misma sección, no excederán de los valores que se indican en los cuadros 6 y 7.

Para transformadores de múltiples devanados, el aumento de temperatura del aceite en la parte superior del tanque se referirá a las combinaciones de carga de máximas pérdidas totales.

Cuadro 6

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA PARA TRANSFORMADORES SECOS

Parte	Tipo de enfriamiento	Clase de aislante	Aumento de temperatura (grados centígrados)
Devanados	Aire natural o forzado	A (105°C)	60
		E (120°C)	75
		B (130°C)	80
		F (155°C)	100
		H (180°C)	125
Núcleo y otras partes			
a)	Adyacente a los devanados		a) Los mismos valores que para los devanados
b)	No adyacentes a los devanados		b) Un valor que no afecte adversamente a las partes aislantes que pueden estar en contacto con los devanados

Cuadro 7

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA PARA TRANSFORMADORES
SUMERGIDOS EN ACEITE

Parte	Tipo de en friamiento	Circulación de aceite	Aumento de temperatura (grados centígrados)
Devanados	Aire natural	Natural	65
(aislamiento clase A)	Aire forzado	Natural	65
	Agua (con en friadores internos)	Natural	65
	Aire forzado	Forzado	65
	Agua (con en friadores externos)	Forzado	65
	Aceite en la parte superior		
Núcleo y otras partes			La temperatura en ningún caso alcanzará un valor que pueda afectar al núcleo o partes adyacentes.

a) Reducciones en los aumentos de temperatura para transformadores enfriados por aire diseñados para altas temperaturas del mismo

Si el transformador está diseñado para servicio donde la temperatura del medio refrigerante exceda uno de los valores máximos establecidos en la sección 1 a) por no más de 10°C , los aumentos de temperatura permisibles para los devanados, núcleos y aceite serán reducidos en los cuadros 6 y 7 en las siguientes cantidades:

5°C si el exceso de temperatura es menor o igual a 5°C ;

10°C si el exceso de temperatura es mayor que 5°C y menor o igual a 10°C .

b) Reducción en los aumentos de temperatura para transformadores diseñados para alturas mayores de 1 000 m.s.n.m.

Para transformadores enfriados por aire, diseñados para operar a altitudes mayores de mil metros y probados a altitudes menores de mil metros, los límites de temperatura dados en los cuadros 6 y 7 serán reducidos por las siguientes cantidades por cada 500 metros de exceso sobre mil metros:

2 por ciento para transformadores sumergidos en aceite, autoenfriados por aire natural;

2.5 por ciento para transformadores tipo seco y enfriados por aire natural;

3 por ciento para transformadores sumergidos en aceite y enfriados por aire forzado;

5 por ciento para transformadores tipo seco y enfriados por aire forzado.

6. Niveles de aislamiento

a) Para transformadores sumergidos en aceite

El nivel de aislamiento de un transformador sumergido en aceite se especificará por el voltaje de prueba al impulso (NBI) y el voltaje de prueba a baja frecuencia, como se indica en los cuadros 8 y 9.

Cuadro 8

NIVELES DE AISLAMIENTO DE DEVANADOS^{a/}

Alto voltaje nominal del transformador (voltios) _{b/}	Aislamiento clase (kV)	Nivel básico al impulso _{c/} (NBI) (kV cresta)	Voltaje de prueba a baja frecuencia (kV)
34 400	34.5	200	70
43 800	46.0	250	95
67 000	69.0	350	140
115 000	115.0	550-450	230-185
138 000	138.0	650-550	275-230

a/ Referencia ANSI.

b/ Los voltajes están expresados para conexión delta, a menos que se especifique otra cosa.

c/ Los valores de NBI son para onda de 1.5 x 40 microsegundos.

Cuadro 9

NIVELES DE AISLAMIENTO DE DEVANADOS^{a/}

Tensión máxima del sistema o del equipo (kV)	Nivel básico al impulso _{b/} (kV cresta)	Tensión de prueba a baja frecuencia (kV)
36.0	170	70
52.0	250	95
72.5 ^{c/}	325	140

a/ Referencia IEC/ISO.

b/ Los valores de NBI son para onda de 1.2 x 50 microsegundos.

c/ Para tensiones mayores de 72.5 se aplicarán los valores del cuadro 8.

/b) Factores

b) Factores de corrección por altitud para los niveles de aislamientos externos

El efecto de la disminución de la densidad del aire a mayores altitudes es reducir el voltaje de arqueo para una distancia determinada. La rigidez dieléctrica de aparatos que dependen total o parcialmente del aire para su aislamiento decrece cuando la altura aumenta. La rigidez dieléctrica a 1 000 m.s.n.m. o menos para una determinada clase de aislamiento será multiplicada por el correspondiente factor de corrección por altitud, para obtener la rigidez dieléctrica a la altura requerida.

FACTORES DE CORRECCION POR ALTITUD PARA LA RIGIDEZ
DIELECTRICA, PARA ALTURAS MAYORES DE
1 000 m.s.n.m.

Altitud		Factores de corrección
Metros	Pies	
1 000	3 300	1.00
1 200	4 000	0.98
1 500	5 000	0.95
1 800	6 000	0.92
2 100	7 000	0.89
2 400	8 000	0.86
2 700	9 000	0.83
3 000	10 000	0.80
3 600	12 000	0.75
4 200	14 000	0.70
4 500	15 000	0.67

7. Voltaje de corto circuito o de impedancia

Los voltajes de corto circuito a las capacidades nominales de auto-enfriado medidas en las conexiones de voltaje nominal serán, para transformadores de dos devanados sumergidos en aceite, las señaladas en el cuadro 10.

Cuadro 10

RELACION DEL VOLTAJE DE IMPEDANCIA CON EL NOMINAL

Alto voltaje nominal (voltios)	Voltaje de impedancia ^{a/} (por ciento) Bajo voltaje 2 400 voltios y mayores
2 400-22 900 ^{b/}	5.5
34 400	6.0
43 800	6.5
67 000	7.0
115 000	7.5
138 000	8.0

a/ Referido al voltaje nominal del devanado al que se aplica el voltaje de prueba.

b/ Se incluyen todos los voltajes intermedios de los cuadros 2 y 3.

8. Identificación de devanados y marcas de terminales

a) Devanados

En general, los devanados de un transformador se distinguirán uno de otro como sigue:

1) En los transformadores de dos devanados, el de alta tensión se designa con la letra H y el de baja tensión con la letra X.

2) Transformadores con dos o más devanados, tendrán designados sus devanados con las letras H, X, Y y Z.

El orden de esta designación se determinará de la siguiente manera:

a) El devanado de mayor voltaje será designado con la letra H y los otros, según el orden decreciente de voltaje, por las letras X, Y y Z.

b) Si dos o más devanados tienen el mismo voltaje y diferentes capacidades, se asignarán las letras en el orden sucesivo según el orden decreciente de capacidades.

c) Si dos o más devanados tienen la misma tensión eléctrica y la misma capacidad, su designación se hará arbitrariamente.

b) Terminales

Los terminales externos se distinguirán entre sí, marcando cada una con la letra correspondiente al devanado, seguida por un subíndice numérico ($H_1, H_2, H_3; X_1, X_2, X_3; Y_1, Y_2, Y_3$, etc.).

Una terminal de neutro en un transformador trifásico se marcará con la letra correspondiente al devanado, seguida del subíndice "0"; ejemplo H_0, X_0 , etc.

Una terminal de neutro que sea común a dos o más devanados de transformadores monofásicos o trifásicos, será marcada con la combinación de las letras correspondientes a los devanados, seguidas cada una de ellas por el subíndice "0".

Si un transformador tiene un devanado con dos terminales, una de ellas conectada a tierra, el subíndice 2 la identificará.

9. Polaridad, desplazamiento angular y diagrama vectorial

a) Polaridad

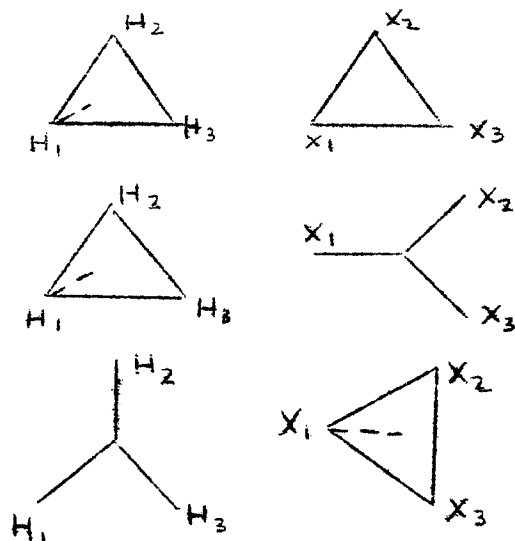
Todos los transformadores de potencia monofásicos serán de polaridad substractiva.

b) Desplazamiento angular de los devanados

El desplazamiento angular entre los vectores de alto y bajo voltaje de un transformador trifásico conectado $\triangle \triangle$ será de 0° .

El desplazamiento angular entre los vectores de alta y bajo voltaje de un transformador trifásico con devanados conectados Y- \triangle o \triangle -Y será de 30° , con el vector de baja tensión eléctrica atrasado con respecto al de alta tensión, como se muestra en las figuras del literal siguiente:

c) Diagrama vectorial



d) Designación

d) Designación para conexiones de devanados y desplazamiento angular

Se propone normalizar el uso de la designación recomendada por la Comisión Electrotécnica Internacional para la indicación de las conexiones de los devanados de transformadores y los desplazamientos angulares entre ellos, como se describe a continuación.

i) Conexión de devanados. Las conexiones de los devanados de un transformador trifásico o de los devanados de igual voltaje de transformadores monofásicos que formen un banco trifásico se indicarán por las letras Y, D o Z para los devanados de alta tensión eléctrica, según estén conectados en estrella, delta o zig-zag y "y, d o z" para los devanados intermedios y de baja tensión eléctrica. Si el neutro de una estrella o zig-zag se sacara del tanque, se indicará agregando la letra N a la correspondiente de identificación del devanado, ejemplo: YN o ZN y yn o zn.

ii) Desplazamiento angular de los devanados. Se expresará por el "índice horario" o sea la hora en un reloj cuya aguja minuterero apunta hacia el 12 y corresponde al vector voltaje entre el neutro (real o imaginario) y fase de alto voltaje y cuya aguja horaria corresponde al vector voltaje entre el neutro (real o imaginario) y el voltaje terminal correspondiente de baja o intermedia tensión eléctrica.

El vector correspondiente a la tensión eléctrica entre neutro (real o imaginario) y la terminal de línea del devanado de alto voltaje (tensión virtual del sistema) es tomado siempre como origen (apuntando hacia las 12).

Las conexiones de los devanados y sus respectivos desplazamientos angulares de transformadores de múltiples devanados se indicarán sucesivamente en orden decreciente a sus voltajes nominales.

Ejemplo: Transformador con tres juegos de devanados para 138 000 V (delta), 67 000 V (estrella) y 13 800 V (estrella) la anotación será: D, y1, y1 donde el subíndice 1 indica que el vector voltaje (neutro-línea) apunta hacia el 1 en la carátula del reloj, o sea muestra un atraso de 30° entre los vectores intermedios y de baja con respecto al de alta.

iii) Indices horario de algunas conexiones de devanados de transformadores trifásicos

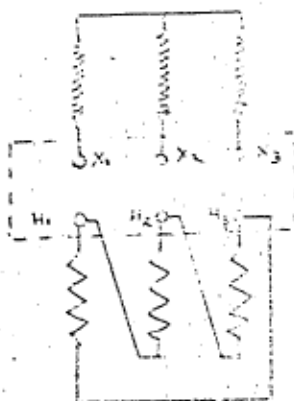
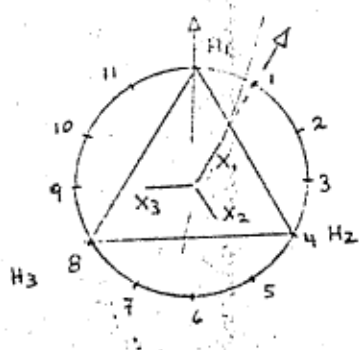
/Figura 1

Indices herencia de algunos conmutadores de bobinados de transformadores trifásicos



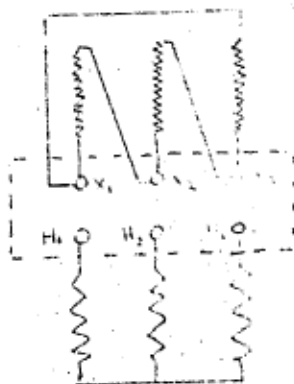
D, d, 0

Figura 1



D, y, 1

Figura 2



Y, d, 1

Figura 3

10. Tolerancias

Se entenderá por tolerancia la diferencia permitida entre un valor nominal y el que señale la prueba de comprobación del mismo.

Cuadro 11

TOLERANCIAS NORMALES

Concepto	Tolerancia
Pérdidas	
Totales	+ 1/10 de las pérdidas totales
Parciales	+ 1/7 para cada pérdida parcial, siempre que la tolerancia para las pérdidas totales no exceda de su límite
Relación de transformación en vacío en la derivación principal <u>a/</u>	El valor más bajo de los siguientes: + 1/200 de la relación declarada o - 1/10 del voltaje de corto circuito en por ciento a corriente nominal
Voltaje de corto circuito	
Para la derivación principal (a corriente nominal)	
Para transformadores de dos devanados	+ 1/10 del valor declarado para esa derivación
Para transformadores de múltiples devanados	+ 1/10 del valor declarado para un especificado par de devanados + 1/7 del valor declarado para otro par de devanados
Para otras derivaciones	+ 1/7 del valor declarado para cada derivación dentro del rango de + 5 por ciento de la derivación principal Para otras derivaciones la tolerancia será fijada de mutuo acuerdo entre comprador y fabricante
Corriente en vacío	+ 3/10 del valor declarado para esta corriente

a/ Las tolerancias a otras derivaciones se fijarán entre el comprador y el fabricante.

11. Placa de datos

Cada transformador estará provisto de una placa de material a prueba de agua, fijada en un lugar visible, conteniendo en forma indeleble la siguiente información:

- a) Clase de transformador (ejemplo: transformador, autotransformador, etc.)
- b) Número y año de la norma
- c) Nombre del fabricante
- d) Número de serie del fabricante
- e) Año de fabricación
- f) Número de fases
- g) Capacidad nominal^{1/}
- h) Frecuencia nominal 60 hertz
- i) Voltajes nominales (incluyendo voltajes en las derivaciones^{2/}
- j) Corrientes nominales
- k) Diagrama vectorial y diagrama de conexiones
- l) Voltaje de corto circuito a corriente nominal
- m) Tipo de enfriamiento
- n) Niveles de aislamiento (cuando el aislamiento reducido sea utilizado, éste se especificará)
- ñ) Clase de aislamiento (temperatura)
- o) Líquido aislante
- p) Cantidad del líquido aislante (en litros) y su peso en kilogramos, indicando además el gasto (litros/minuto) para los transformadores enfriados por circulación forzada de aceite.
- q) Pesos aproximados en kilogramos de:
 - Núcleo y bobinas
 - Tanque y accesorios
 - Aceite o líquido aislante
 - Peso total
- r) Gasto de agua (litros/minuto) para los transformadores enfriados por agua

^{1/} Cuando el transformador tenga varias capacidades, éstas se indicarán.

^{2/} Los voltajes nominales de un transformador serán designados en la misma forma que para los transformadores de distribución (Norma de trabajo CRNE-7).

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-18

Transformadores de corriente

INDICE

	<u>Página</u>
1. Definición	31
2. Condiciones de servicio	31
a) Temperatura del aire ambiente	31
b) Altitud	31
c) Otras condiciones	31
d) Sistemas de tierra	32
3. Clasificación y valores nominales	32
a) Clasificación	32
b) Valores nominales	32
i) Corrientes nominales primarias	32
ii) Corrientes nominales secundarias	33
iii) Corriente nominal térmica continua	33
iv) Corriente nominal térmica de corto circuito	33
v) Corriente nominal dinámica de corto circuito	34
vi) Cargas nominales de precisión	34
vii) Límites de aumento de temperatura	34
viii) Niveles nominales de aislamiento	37
ix) Factores de corrección por altitud para los niveles de aislamientos externos	38
x) Frecuencia nominal	39
xi) Clases de precisión para transformadores de corriente de medición	39
xii) Clases de precisión para transformadores de corriente para protección	46
4. Placa de datos	48

1. Definición

Un transformador de corriente es aquél diseñado para proporcionar a los aparatos de medición y/o protección, en condiciones normales de uso, una corriente secundaria sustancialmente proporcional a la corriente primaria y desfasada, respecto a ésta, un ángulo cercano a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

2. Condiciones de servicio

A menos que se especifique otra cosa, los transformadores de corriente podrán operar en sus valores nominales bajo las siguientes condiciones de servicio:

a) Temperatura del aire ambiente

	<u>Grados centígrados</u>
Máxima	40
Promedio del día	30
Mínima para transformadores tipo interior	-5
Mínima para transformadores tipo intemperie	-10
Máxima para transformadores encerrados en gabinetes	55

b) Altitud

No mayor de 1 000 metros sobre el nivel del mar.

c) Otras condiciones

Cuando existan condiciones poco usuales deberá notificarse a los fabricantes.

Estas condiciones son, entre otras:

- i) Humos o vapores dañinos, polvo excesivo o abrasivo, mezclas explosivas de polvos o gases, vapor, ambiente salino, humedad excesiva, etc.;
- ii) Vibraciones anormales, choques o golpeteos;
- iii) Temperaturas excesivamente altas o bajas;
- iv) Limitaciones de espacio y ventilación restringidas;

/v) Condiciones

- v) Condiciones desacostumbradas de transporte y almacenamiento;
- vi) Condiciones desacostumbradas de ciclo de operación, dificultades de mantenimiento, forma de onda deficiente, etc., y
- vii) Alturas mayores de 1 000 metros sobre el nivel del mar.

d) Sistemas de tierra

Los sistemas de tierra son los siguientes:

- i) Sistema de neutro aislado;
- ii) Sistema de neutro aterrizado resonante, y
- iii) Sistema de neutro aterrizado
 - Neutro efectivamente aterrizado
 - Neutro conectado a tierra en forma no efectiva

3. Clasificación y valores nominales

a) Clasificación

Los transformadores de corriente se clasificarán según su aplicación en: a) transformadores de corriente para medición, y b) transformadores de corriente para protección.

b) Valores nominales

i) Corrientes nominales primarias (I_p). Los valores de corrientes primarias serán:

1. Para transformadores de relación simple: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000 y 4000 amperios.

2. Para transformadores con doble relación

<u>Doble relación con devanados primarios serie-paralelo</u>	<u>Doble relación con derivaciones en el devanado secundario</u>
25x50:5	25/50:5
50x100:5	50/100:5
100x200:5	100/200:5
200x400:5	200/400:5

/(Continúa)

(Conclusión)

<u>Doble relación con devanados primarios serie-paralelo</u>	<u>Doble relación con derivaciones en el devanado secundario</u>
400x800:5	300/600:5
600x1200:5	400/800:5
1000x2000:5	600/1200:5
2000x4000:5	1000/2000:5
	1500/3000:5
	2000/4000:5

3. Para transformadores tipo boquilla con derivaciones secundarias, las combinaciones normales de corriente primaria a corriente secundaria de 5 amperios serán las siguientes:

- i) 600-500-450-400-300-250-200-150-100-50 amperios
- ii) 1200-1000-900-800-600-500-400-300-200-100 amperios
- iii) 2000-1600-1500-1200-1100-800-500-400-300 amperios
- iv) 3000-2000-1500 amperios
- v) 4000-3000-2000 amperios

ii) Corrientes nominales secundarias (I_s). La corriente nominal secundaria será de 5 amperios; sin embargo, podrá utilizarse 1 amperio siempre que así se indique.

iii) Corriente nominal térmica continua. La corriente nominal térmica continua será la corriente máxima que pueda fluir continuamente en el devanado primario del transformador, y que tenga su carga nominal de precisión conectada en el secundario, sin que el aumento de temperatura exceda los valores especificados en el inciso vii). Los valores para estas corrientes serán: 1.0, 1.2, 1.33, 1.5 y 2.0 veces la corriente nominal primaria. Los valores 1.2, 1.33, 1.5 y 2.0 se designan como "factores de rango ampliado".

iv) Corriente nominal térmica de corto circuito (I_c). Este valor se establecerá por acuerdo entre fabricante y consumidor, y estará expresado en valor eficaz.

/v) Corriente

v) Corriente nominal dinámica de corto circuito (I_d). El valor de cresta de la corriente nominal dinámica de corto circuito (I_d) será de 2.5 veces el valor eficaz de la corriente nominal térmica de corto circuito.

vi) Cargas nominales de precisión. Las cargas nominales normales se indican a continuación:

Cuadro 1

CARGAS NOMINALES DE PRECISION PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE^{a/}

Designación	Características		Características a 60 Hz y 5 amperios de corriente secundaria		
	Resistencia (ohmios)	Inductancia (milihenrios)	Impedancia	VA	Factor de potencia
B-0.1	0.09	0.116	0.1	2.5	0.9
B-0.2	0.18	0.232	0.2	5.0	0.9
B-0.5	0.45	0.580	0.5	12.5	0.9
B-1.0	0.5	2.3	1.0	25.0	0.5
B-2.0	1.0	4.6	2.0	50.0	0.5
B-4.0	2.0	9.2	4.0	100.0	0.5
B-8.0	4.0	18.4	8.0	200.0	0.5

a/ Referencia ANSI C57.13-1968.

Se aceptarán como alternativa los siguientes valores recomendados por la IEC para cargas de precisión:

2.5 - 5.0 - 10 - 15 y 30 VA

El factor de potencia será de 0.8 atrasado, excepto para cargas menores de 5 VA, para las que se usará un factor de potencia de 1.0.

vii) Límites de aumento de temperatura. El aumento de temperatura de un transformador de corriente cuando por su devanado primario pase una corriente igual a la corriente nominal térmica continua, y su secundario alimente una carga igual a la carga nominal de precisión pero con factor de potencia unitario, no excederá de los valores siguientes:

Cuadro 2

LÍMITES DE SOBREELEVACION DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS^{a/}

Clase de aislamiento	Máximo aumento de temperatura (grados centígrados)
Todas las clases, devanados sumergidos en aceite	60
Todas las clases, devanados sumergidos en compuesto bituminoso	50
Devanados no sumergidos en aceite ni en compuestos bituminosos, con material aislante	
Y (90°)	45
A (105°)	60
E (120°)	75
B (130°)	85
F (155°)	110
H (180°)	135

a/ Referencia IEC/180.

Los límites de aumento de temperatura para transformadores construidos bajo las normas ANSI, y probados a sus valores nominales serán los siguientes:

Cuadro 3

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA^{a/}
 (Grados centígrados)

Tipo de transformador	30°C ambiente		55°C ambiente	
	Aumento de temperatura del devanado	Aumento de temperatura del punto más caliente	Aumento de temperatura del devanado	Aumento de temperatura del punto más caliente
Sumergido en aceite, de 55°C de aumento	55	65	30	40
Seco, de 55°C de aumento	55	65	30	40
Seco, de 80°C de aumento	80	110	55	85

a/ Referencia ANSI.

Los valores anteriores se basan en las condiciones de servicio; bajo condiciones anormales de servicio se harán las siguientes correcciones:

a) Para temperaturas ambientes mayores a las del inciso 2., la cantidad permisible de aumento de temperatura se reducirá en una cantidad igual al exceso;

b) Para alturas de servicio mayores de 1 000 m.s.n.m. y si el transformador ha sido probado a una altitud menor de 1 000 m.s.n.m., los límites de aumento de temperatura se corregirán, por cada 100 metros de exceso sobre 1 000 m.s.n.m., en las siguientes cantidades:

	<u>Por ciento</u>
Transformadores sumergidos en aceite	0.4
Transformadores tipo seco	0.5

c) Cuando el transformador esté equipado con un tanque conservador, tenga gas inerte sobre el aceite o esté sellado herméticamente, la sobre-elevación de temperatura del aceite en su parte superior no deberá exceder de 55°C.

/d) Cuando

d) Cuando el transformador no disponga de ninguna de las condiciones anteriormente anotadas, la sobreelevación de temperatura del aceite en su parte superior no deberá exceder de 50°C.

e) El aumento de temperatura de las partes metálicas en contacto con los devanados o próximas a ellos, no deberán exceder de los valores permisibles para éstos.

viii) Niveles nominales de aislamiento. Los niveles nominales de aislamiento serán los dados en los cuadros 4 y 5.

Cuadro 4

NIVELES DE AISLAMIENTO^{a/}

Clase de aislamiento	Voltaje de prueba a baja frecuencia, 1 minuto (kV)	Voltaje de prueba al impulso (NBI) ^{b/} (kV cresta)	Voltaje de prueba con onda cortada	
			kV cresta	Tiempo mínimo de arqueo (microsegundos)
15L	34	95	110	1.8
15H	34	110	130	2.0
24.9 ^{c/}	-	-	-	-
34.5	70	200	230	3.0
46	95	250	290	3.0
69	140	350	400	3.0
115	230	550	630	3.0
138	275	650	750	3.0
230	460	1 050	1 210	3.0

^{a/} Referencia ANSI.

^{b/} La onda de prueba al impulso será de 1.2 x 50 microsegundos.

^{c/} Valores a determinarse posteriormente.

Cuadro 5

NIVELES DE AISLAMIENTO^{a/}

Voltaje máximo del sistema (kV)	Voltaje de prueba a baja frecuencia, 1 minuto (kV)	Voltaje de prueba al impulso (NBI) ^{b/} (kV cresta)
17.5	38	95
36.0	70	170
52.0	95	250
72.5	140	325

^{a/} Referencia IEC - Publicación 185.

^{b/} La onda de prueba al impulso será de 1.2 x 50 microsegundos.

ix) Factores de corrección por altitud para los niveles de aislamientos externos. El efecto de la disminución de la densidad del aire a mayores altitudes es reducir el voltaje de arqueo para una distancia determinada. La rigidez dieléctrica de aparatos que dependen total o parcialmente del aire para su aislamiento decrece cuando la altura aumenta. La rigidez dieléctrica a 1 000 m.s.n.m. o menos para una determinada clase de aislamiento será multiplicada por el correspondiente factor de corrección por altitud, para obtener la rigidez dieléctrica a la altura requerida.

FACTORES DE CORRECCION POR ALTITUD PARA LA RIGIDEZ
DIELECTRICA, PARA ALTURAS MAYORES DE 1 000 m.s.n.m.

Altitud		Factores de corrección
Metros	Pies	
1 000	3 300	1.00
1 200	4 000	0.98
1 500	5 000	0.95
1 800	6 000	0.92
2 100	7 000	0.89
2 400	8 000	0.86
2 700	9 000	0.83
3 000	10 000	0.80
3 600	12 000	0.75
4 200	14 000	0.70
4 500	15 000	0.67

x) Frecuencia nominal. La frecuencia nominal de los transformadores de corriente será de 60 hertz.

xi) Clases de precisión para transformadores de corriente de medición. Se adoptarán las clases de precisión que se indican enseguida:

1. Referencia ANSI. La clase de precisión para servicio de medición se designará por el máximo error permitido, expresado en porciento, que el transformador de corriente puede introducir en la medición, cuando el factor de potencia de la carga a medir tiene un valor de 0.6 atrasado a 1.0, y el transformador opera con una carga nominal de precisión determinada, conectada a su secundario y a una corriente primaria igual a la corriente nominal, o a la correspondiente corriente nominal térmica continua. Con corriente primaria igual al 10 por ciento de la corriente nominal, el error permitido será el doble del aceptado para esta última.

El error en por ciento que el transformador introduce en la medición se expresa:

$$\% \mathcal{E} = 100 (1 - \text{FCR}) + 0.029 \beta \tan. \phi$$

Donde:

\mathcal{E} : Error en la medición

FCR: Factor de corrección de relación = $\frac{\text{Relación real}}{\text{Relación de la placa}}$

β : Error de fase entre los vectores de corriente primaria y secundaria

ϕ : Angulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga a medir

Las clases de precisión son: 0.3, 0.6 y 1.2.

Dentro del rango de factores de potencia de la carga para los que se garantiza la precisión de los transformadores, el de 0.6 atrasado es el que mayor influencia tiene sobre el error de medición (\mathcal{E}) según la fórmula anterior.

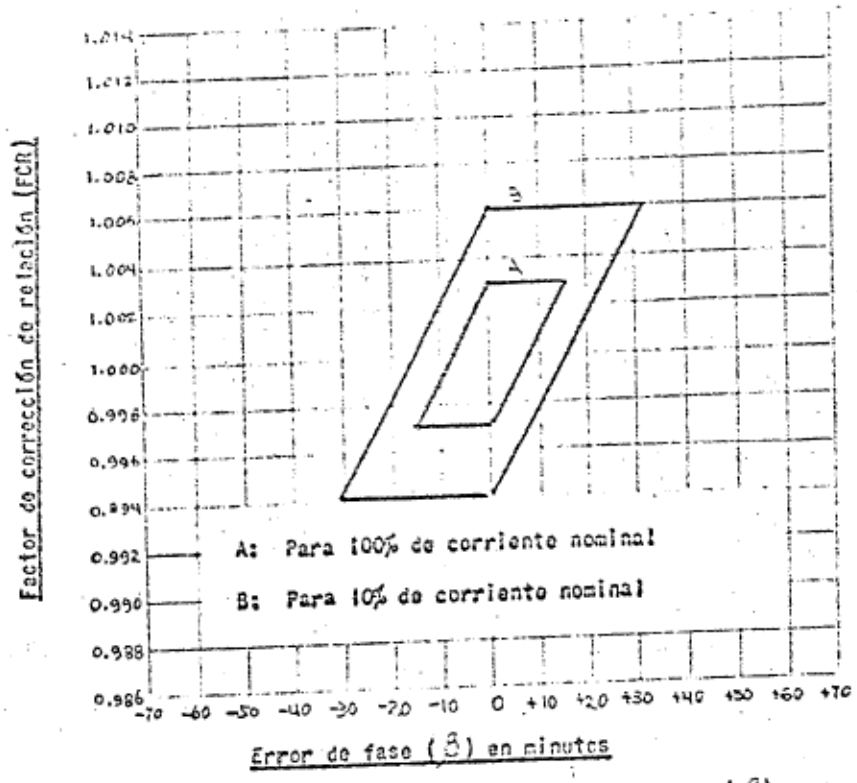
Los paralelogramas de las figuras 1, 2 y 3 señalan los límites de los errores de ángulo de fase y de los factores de corrección en la relación, para las diferentes precisiones, con factor de potencia de la carga de 0.6 atrasado, con corrientes primarias de 10 por ciento y 100 por ciento de la corriente nominal y con carga y frecuencia nominal.

2. Referencia IEC. La clase de precisión se designará como el máximo porcentaje de error de relación permisible en el transformador de corriente para medición, operando a su corriente primaria y frecuencia nominales.

Las clases de precisión son:

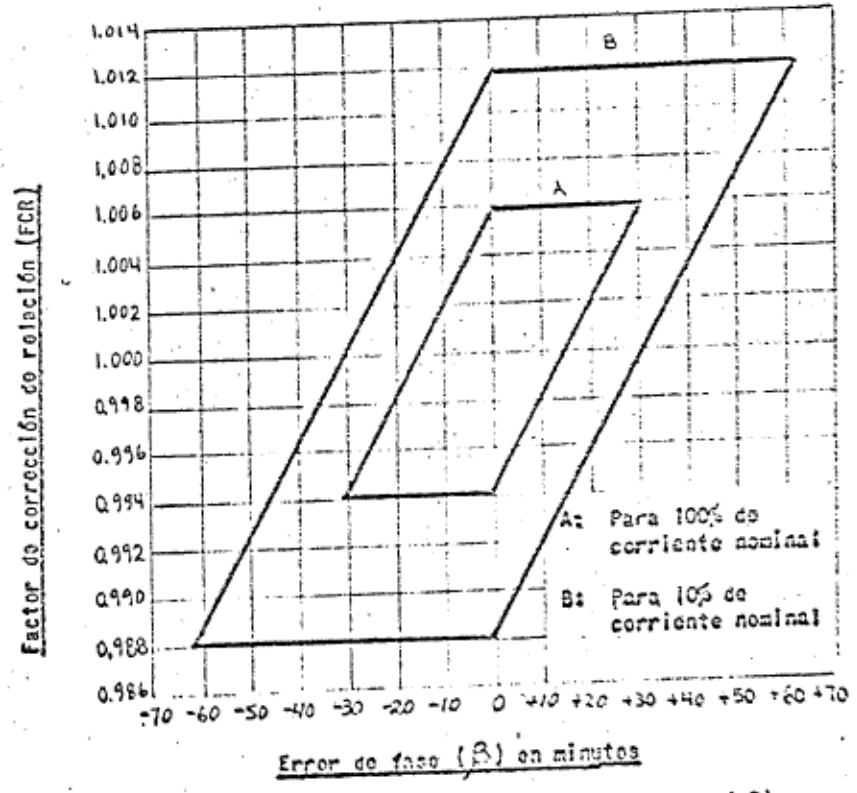
0.1 - 0.2 - 0.5 - 1 - 3 - 5

Para las clases de 0.1 a 1, el error de relación y el ángulo de fase a frecuencia nominal no excederán de los valores señalados en el cuadro 6, cuando el transformador opere con una carga de precisión entre el 25 por ciento y 100 por ciento de su valor nominal.



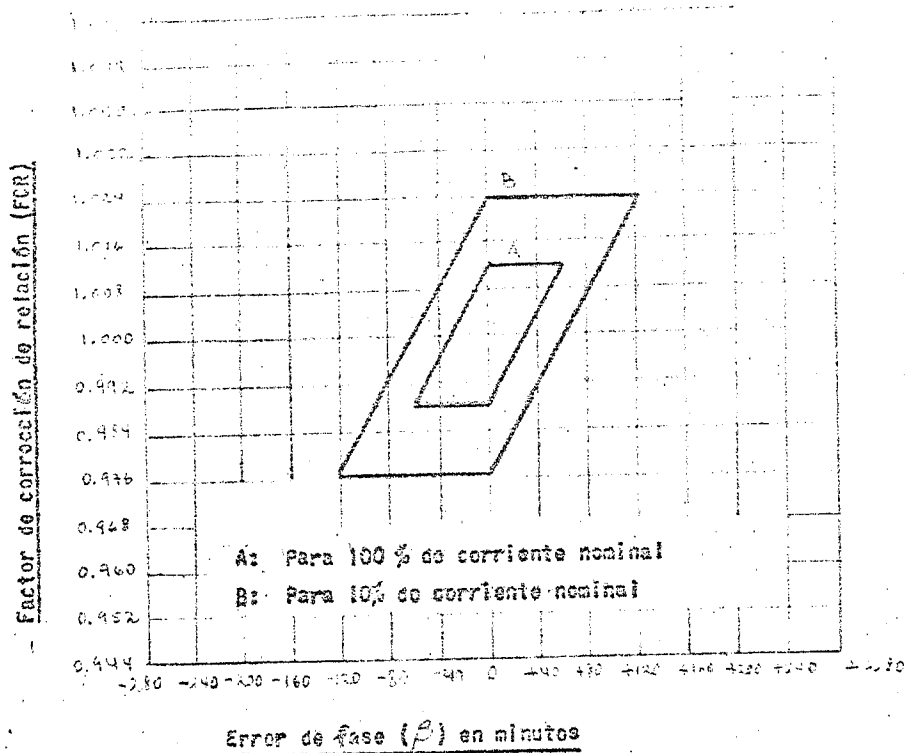
Límites del factor de corrección de relación (FCR) y del error de fase (β) para un T.C. clase 0.5

Figura 1.



Límites del factor de corrección de relación (FCR) y del error de fase (α) para un T.C. clase 0.5

Figura 2



Límites del factor de corrección de relación (FCR) y del error de fase (β) para un T.C. clase 1.2

Figura 3

Para las clases 3 y 5, el error de la relación a frecuencia nominal no excederá de los valores indicados en el cuadro 7, cuando la carga de precisión sea de 50 por ciento al 100 por ciento de su valor nominal.

La carga de precisión para fines de pruebas tendrá un factor de potencia de 0,8 atrasado, excepto cuando sea inferior a 5 VA, en tal caso se usará un factor de potencia de 1.0.

Cuadro 6

LIMITES DE ERROR DE RELACION Y ANGULO DE FASE

Clase de precisión	Porcentaje de error de relación para los siguientes porcentajes de corriente nominal				Error de ángulo de fase, en minutos, para los siguientes porcentajes de corriente nominal			
	10	20	100	120	10	20	100	120
	0.1	0.25	0.20	0.1	0.1	10	8	5
0.2	0.50	0.35	0.2	0.2	20	15	10	10
0.5	1.00	0.75	0.5	0.5	60	45	30	30
1.0	2.00	1.50	1.0	1.0	120	90	60	60

Cuadro 7

LIMITES DE ERROR DE RELACION

Clase de precisión	Porcentaje de error de relación para los siguientes porcentajes de corriente nominal	
	50 por ciento Ipn.	120 por ciento Ipn.
	3	3
5	5	5

xii) Clases de precisión para transformadores de corriente para protección. Se adoptarán las clases de precisión que se indican en los acápites siguientes:

1. Referencia ANSI. La clase de precisión para protección se designará por las letras C o T seguida por un número, como sigue:

a) La letra C indica que la relación de transformación puede ser calculada por métodos algebraicos y la letra T que puede determinarse por pruebas.

b) El número señala el voltaje nominal secundario, y será el voltaje que el transformador aplica a su carga nominal de precisión, (véase de nuevo el cuadro 1) cuando por su secundario circula una corriente 20 veces superior a su corriente nominal, sin que el error de relación exceda del 10 por ciento. Este límite del 10 por ciento en el error de relación se mantendrá para cualquier corriente que sea de 1 a 20 veces mayor a la corriente nominal, y para cualquier carga de precisión menor que la nominal.

Básicamente la clasificación C cubre a los transformadores de corriente tipo boquilla, con devanados uniformemente distribuidos, o cualquier otro tipo de transformador en el que el flujo de dispersión en el núcleo del transformador tenga un efecto despreciable en la relación, dentro de los límites de carga de precisión y corriente señalados anteriormente. La clasificación T comprende a aquellos transformadores en los que el flujo de dispersión sí tiene efecto apreciable en la relación, dentro de las mismas condiciones de carga de precisión y corriente anotadas anteriormente.

Los voltajes secundarios nominales son: 10, 20, 50, 100, 200, 400 y 800 voltios, que se basan en una corriente secundaria de 5 amperios y las cargas de precisión del cuadro 1.

2. Referencia IEC

a) Definiciones

i) Error compuesto (ξ_c). Bajo condiciones de régimen estable, el error compuesto es el valor eficaz de la diferencia entre el valor instantáneo de la corriente primaria y el valor instantáneo de la corriente secundaria real multiplicado por la relación de transformación.

/Los signos

Los signos de estas corrientes estarán de acuerdo con las marcas de polaridad convencionales.

El error compuesto se expresa generalmente como un porcentaje del valor eficaz de la corriente primaria de acuerdo con la siguiente expresión matemática:

$$\xi_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

Donde:

K_n = Relación de transformación nominal

I_p = Valor eficaz de la corriente primaria

i_p = Valor instantáneo de la corriente primaria

i_s = Valor instantáneo de la corriente secundaria

T = Duración de un ciclo

Los métodos para la medición de este error se describen en la Publicación 185 de la IEC, apéndice A, -1966.

ii) Sobrecorriente nominal primaria de precisión. Es el máximo valor de la corriente primaria hasta el cual se cumplen los requerimientos de precisión para el error compuesto.

iii) Índice de sobrecorriente o factor de límite de precisión. Es la relación entre la sobrecorriente nominal primaria de precisión a la corriente nominal primaria.

iv) Índice de saturación o clase de precisión para transformadores de corriente para protección. Es el máximo error compuesto admisible, expresado en porciento, de la sobrecorriente nominal de precisión, seguido de la letra P (protección).

b) Valores nominales. Los valores nominales de índices de sobrecorriente son: 5-10-15-20-30, y los índices de saturación o clases de precisión para transformadores de corriente para protección son: 5P y 10P.

/c) Límites

c) Límites de error. A frecuencia nominal y con una carga nominal de precisión conectada, los errores de corriente y de ángulo de fase, así como el error compuesto, no excederán de los siguientes valores:

Cuadro 8

LIMITES DE ERRORES DE CORRIENTE, ANGULO DE FASE Y ERROR COMPUESTO

Clase de precisión	Error de corriente/ corriente nominal primaria (porcentaje)	Error de ángulo de fase a corriente nominal primaria (minutos)	Error compuesto sobre corriente nominal primaria de precisión (porcentaje)
5P	± 1	± 60	5
10P	± 3	-	10

Para propósitos de pruebas, cuando se determinan los errores de corriente y de ángulo de fase, la carga nominal de precisión tendrá un factor de potencia de 0.8 atrasado, excepto cuando ésta sea menor de 5 VA (véase la sección 3, b, vi), en cuyo caso se usará un factor de potencia de 1.0.

Para determinar el error compuesto, la carga nominal de precisión tendrá un factor de potencia entre 0.8 atrasado y 1.0.

4. Placa de datos

Cada transformador estará provisto de una placa de material a prueba de agua, fijada en un lugar visible, e indicará en forma indeleble la siguiente información:

- a) Nombre del fabricante o marca de fábrica;
- b) Tipo (designación del fabricante);
- c) Número de serie;
- d) Corrientes nominales primaria y secundaria;
- e) Frecuencia nominal (60 hertz);

/f) Carga (s)

- f) Carga(s) nominal(es) de precisión con su(s) correspondiente(s) clase(s) de precisión(es);
- g) Voltaje máximo del sistema;
- h) Nivel de aislamiento;
- i) Factor de corriente nominal térmica continua;
- j) Clase de aislamiento, y
- k) En los transformadores que tengan dos devanados secundarios, se indicará el uso de cada uno de ellos y sus terminales correspondientes.

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-19

Transformadores de potencial

INDICE

	<u>Página</u>
1. Definición	55
2. Condiciones de servicio	55
a) Temperatura del aire ambiente	55
b) Altitud	55
c) Otras condiciones	55
d) Sistemas de tierra	56
3. Valores nominales	56
a) Voltajes nominales primarios	56
b) Voltajes nominales secundarios	58
c) Cargas nominales de precisión	58
d) Valores nominales de factores de voltaje nominal	58
e) Límites de aumento de temperatura	60
f) Niveles nominales de aislamiento	62
g) Clases de precisión para transformadores de potencial para medición	64
4. Placa de datos	70

1. Definición

Un transformador de potencial o voltaje es aquel en el que el voltaje secundario, en condiciones normales de uso, es substancialmente proporcional al voltaje primario y difiere en fase de éste, por un ángulo aproximadamente igual a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

2. Condiciones de servicio

A menos que se especifique otra cosa, los transformadores de potencial serán capaces de operar en sus valores nominales bajo las siguientes condiciones de servicio:

a) Temperatura del aire ambiente:

	<u>Grados centígrados</u>
Máxima	40
Promedio del día	30
Mínima para transformadores tipo interior	- 5
Mínima para transformadores tipo intemperie	-10
Máxima para transformadores encerrados en gabinete	55

b) Altitud

No mayor de 1 000 metros sobre el nivel del mar.

c) Otras condiciones

Donde existan condiciones poco usuales de servicio, deberán notificarse a los fabricantes.

Estas condiciones son, entre otras:

- 1) Humos o vapores dañinos, polvo excesivo o abrasivo, mezclas explosivas de polvos o gases, vapor, ambiente salino, humedad excesiva, etc.;
- 2) Vibraciones anormales, choques o golpeteos;
- 3) Temperaturas excesivamente altas o bajas;
- 4) Limitaciones de espacio y ventilación restringida;

/5) Condiciones

- 5) Condiciones desacostumbradas de transporte y almacenamiento;
- 6) Condiciones desacostumbradas de ciclo de operación, dificultades de mantenimiento, forma de onda deficiente, etc.

d) Sistemas de tierra

Los sistemas de tierra son los siguientes:

- 1) Sistema de neutro aislado
- 2) Sistema de neutro aterrizado resonante
- 3) Sistema de neutro aterrizado
 - Neutro efectivamente aterrizado
 - Neutro conectado a tierra en forma no efectiva.

3. Valores nominales

a) Voltajes nominales primarios

En los cuadros 1 y 2 se indican los voltajes nominales primarios de los transformadores de potencial normales, así como los niveles de aislamiento respectivos, las relaciones de transformación y los sistemas a los que se deberán conectar. (Grupos 1, 2 y 3.)

El grupo 1 comprende los transformadores diseñados para servicio de fase a fase para el primer voltaje, y de fase a tierra^{1/} o de fase a neutro para el segundo voltaje indicado/ $\sqrt{3}$.

El grupo 2 incluye transformadores diseñados para servicio de fase a fase para el primer voltaje, pero que también puede operar de fase a neutro o de fase a tierra^{1/} para el segundo voltaje indicado/ $\sqrt{3}$.

El grupo 3 se refiere a transformadores diseñados para operar únicamente de fase a tierra^{1/} y teniendo dos devanados secundarios para dar el mismo voltaje secundario de fase a neutro o de fase a fase.

^{1/} Los transformadores de potencial conectados de línea a tierra en un sistema no aterrizado no deben operar con el secundario en delta cerrada por las excesivas corrientes circulantes que pueden presentarse.

Cuadro 1

CLASES DE AISLAMIENTO, NIVELES DE AISLAMIENTO, VOLTAJES PRIMARIOS Y RELACIONES DE TRANSFORMACION PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Clase de aislamiento (kV)	NBI (kV cresta)	Voltaje nominal primario entre fases (voltios)	Relación de transformación
<u>Grupo 1</u>			
15 L	95	7200/12470 Y	60:1
15 L	95	8400/14560 Y	70:1
15 H	110	7200/12470 Y	60:1
15 H	110	8400/14560 Y	70:1
<u>Grupo 2</u>			
15 L	95	14400/14400 Y	120:1
15 H	110	14400/14400 Y	120:1
34.5	200	34500/34500 Y	300:1
46	250	46000/46000 Y	400:1
69	350	69000/69000 Y	600:1
115	550	115000/115000 Y	1000:1
138	650	138000/138000 Y	1200:1

Cuadro 2

VOLTAJES PRIMARIOS Y RELACIONES DE TRANSFORMACION PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Voltaje nominal primario, entre fases, (Voltios)	Relación de transformación
14400 para 25000 Yo	120 y 200:1
20125 para 34500 Yo	175 y 300:1
27600 para 46000 Yo	240 y 400:1
40250 para 69000 Yo	350 y 600:1
69000 para 115000 Yo	600 y 1000:1
80500 para 138000 Yo	700 y 1200:1
138000 para 230000 Yo	1200 y 2000:1

b) Voltajes nominales secundarios

Se considerarán como normales las siguientes tensiones eléctricas nominales secundarias:

- 120 voltios para sistemas de distribución
- 115 voltios para sistemas de 34500 voltios o mayores
- 230 voltios para circuitos secundarios largos

c) Cargas nominales de precisión

En el cuadro 3 se especifican las cargas nominales de precisión normales, así como los valores preferidos de carga de precisión recomendados por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC/ISO) que podrían utilizarse alternativamente. Las cargas nominales de precisión señaladas en el cuadro 3 están basadas en dos voltajes secundarios (120 y 69.3 voltios). Los voltamperios de esas cargas nominales de precisión conectados a transformadores de potencial de voltajes secundarios distintos se encontrarán utilizando la ecuación:

$$VA = \frac{V^2}{Z}$$

Las cargas nominales de precisión recomendadas por la IEC, con un factor de potencia de 0.8 atrasado, son las siguientes, y se preferirán las subrayadas:

10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 y 500 VA.

d) Valores nominales de factores de voltaje nominal

El factor de voltaje nominal es un multiplicador que se aplica al voltaje nominal primario para determinar el máximo voltaje en el que un transformador de potencial cumple con los requerimientos térmicos y de precisión para un tiempo determinado.

Los factores de voltaje normales para diversos sistemas de tierra se señalan en el cuadro 4. En él se indican también las duraciones permisibles para esos voltajes máximos de operación.

Cuadro 3

CARGAS NOMINALES DE PRECISION PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIAL^{a/}

Cargas nominales			Características con base en 120 V			Características con base en 69.3 V		
Desig- nación	VA	F.P.	Resistencia (ohmios)	Inductancia (henrios)	Impedancia (ohmios)	Resistencia (ohmios)	Inductancia (henrios)	Impedancia (ohmios)
W	12.5	0.10	115.2	3.042	1152	38.4	1.014	384
X	25	0.70	403.2	1.092	576	134.4	0.364	192
Y	75	0.85	163.2	0.268	192	54.4	0.0894	64
X	200	0.85	61.2	0.101	72	20.4	0.0336	24
ZZ	400	0.85	30.6	0.0504	36	10.2	0.0168	12

^{a/} Referencia ANSI.

Cuadro 4

FACTORES DE VOLTAJE

Factor de voltaje nominal	Tiempo nominal	Método de conexión del devanado primario y condiciones del sistema de tierra
1.2	Continuo	Entre fases de cualquier red Entre fase de la estrella de un transformador y tierra de cualquier red
1.2	Continuo	Entre línea y tierra en un sistema con neutro efectivamente aterrizado
1.5	30 segundos	
1.2	Continuo	Entre línea y tierra en un sistema con neutro conectado a tierra en forma no efectiva
1.9	30 segundos	
1.2	Continuo	Entre línea y tierra en un sistema de neutro aislado, sin disparo automático por falla a tierra, o en un sistema de tierra resonante sin disparo automático por falla a tierra
1.9		

e) Límites de aumento de temperatura

Los límites de aumento de temperatura para transformadores de potencial serán los indicados en el cuadro 5, para condiciones de operación a frecuencia y carga nominal máxima, con un factor de potencia atrasado entre 0.8 y la unidad. Los voltajes a aplicarse serán los recomendados por la IEC en su Publicación No. 186, "Voltage Transformers".

Cuadro 5

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS^{a/}

Clase de aislamiento	Máximo aumento de temperatura (grados centígrados)
Todas las clases, devanados sumergidos en aceite	60
Todas las clases, devanados sumergidos en compuesto bituminoso	50
Devanados no sumergidos en aceite, ni en compuesto bituminoso, con material aislante:	
Y (90°C)	45
A (105°C)	60
E (120°C)	75
B (130°C)	85
F (155°C)	110
H (180°C)	135

a/ Referencia IEC/ISO.

Los límites de aumento de temperatura para transformadores fabricados bajo normas ANSI y probados a sus valores nominales, serán los siguientes:

Cuadro 6

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA^{a/}

(Grados centígrados)

Tipo de transformador	30°C ambiente		55°C ambiente	
	Aumento de temperatura del devanado	Aumento de temperatura del punto más caliente	Aumento de temperatura del devanado	Aumento de temperatura del punto más caliente
Sumergido en aceite de 55°C de aumento	55	65	30	40
Seco de 55°C de aumento	55	65	30	40
Seco de 80°C de aumento	80	110	55	85

a/ Referencia ANSI.

/Los valores

Los valores anteriores están basados en las condiciones de servicio que se especifican en la sección 2. Bajo condiciones anormales de servicio, se harán las siguientes correcciones:

a) Para temperaturas ambiente mayores a las normalizadas, la cantidad permisible de aumento se reducirá en una cantidad igual al exceso;

b) Para alturas de servicio mayores de 1 000 m.s.n.m. y si el transformador ha sido probado a una altura menor de 1 000 m.s.n.m., los límites de aumento de temperatura se corregirán, por cada 100 metros de exceso sobre los 1 000 m.s.n.m., como sigue:

	<u>Por ciento</u>
Transformadores sumergidos en aceite	0.4
Transformadores tipo seco	0.5

c) Cuando el transformador esté equipado con un tanque conservador, tenga gas inerte sobre el aceite o esté sellado, el aumento de temperatura del aceite en su parte superior no deberá exceder de 55°C para una temperatura ambiente de 30°C.

d) Cuando el transformador no cuente con las características citadas en el inciso anterior, el aumento de temperatura del aceite en su parte superior no deberá exceder de 50°C para una temperatura ambiente de 30°C.

e) El aumento de temperatura de las partes metálicas en contacto con los devanados o cercanos a ellos, no deberá exceder de los valores permisibles para éstos.

f) Niveles nominales de aislamiento

Los niveles de aislamiento serán los que se señalan en los cuadros 7 y 8.

Factores de corrección por altitud para los niveles de aislamiento de aislamiento externo. El efecto de la disminución de la densidad del aire a mayores altitudes es reducir el voltaje de arqueo para una distancia determinada. La rigidez dieléctrica de aparatos que dependen total o parcialmente del aire para su aislamiento decrece cuando la altura aumenta. La rigidez dieléctrica a 1 000 m.s.n.m. o menos para una determinada clase de aislamiento, será multiplicada por el correspondiente factor de corrección por altitud, para obtener la rigidez dieléctrica a la altura requerida.

Cuadro 7

NIVELES DE AISLAMIENTO^{a/}

Clase de aislamiento (kV)	Voltaje de prueba a baja frecuencia, 1 minuto (kV)	Voltaje de prueba al impulso (NBI) (onda de 1.2 x 50 microsegundos) (kV cresta)	Tensión eléctrica de prueba con onda cortada	
			kV cresta	Tiempo mínimo de arqueo (microsegundos)
15 L	34	95	110	1.8
15 H	34	110	130	2.0
24.9 ^{b/}	-	-	-	-
34.5	70	200	230	3.0
46	95	250	290	3.0
69	140	350	400	3.0
115	230	550	630	3.0
138	275	650	750	3.0
230	460	1050	1210	3.0

^{a/} Referencia ANSI.^{b/} Valores a determinarse posteriormente.

Cuadro 8

NIVELES DE AISLAMIENTO^{a/}

Voltaje máximo del sistema (kV)	Voltaje de prueba a baja frecuencia, 1 minuto (kV)	Nivel básico al impulso (NBI) (onda de 1.2 a 50 microsegundos) (kV cresta)
0.6	3	-
7.2	22	60
17.5	38	95
36.0	70	170
52.0	95	250
72.5	140	325

^{a/} Referencia IEC/ISO.

FACTORES DE CORRECCION POR ALTITUD PARA LA RIGIDEZ DIELECTRICA,
PARA ALTURAS MAYORES DE 1 000 m.s.n.m.

Altitud		Factores de corrección
Metros	Pies	
1 000	3 300	1.0
1 200	4 000	0.98
1 500	5 000	0.95
1 800	6 000	0.92
2 100	7 000	0.89
2 400	8 000	0.86
2 700	9 000	0.83
3 000	10 000	0.80
3 600	12 000	0.75
4 200	14 000	0.70
4 500	15 000	0.67

g) Clases de precisión para transformadores de potencial para medición

Se adoptarán las clases de precisión que se indican en los acápites siguientes:

i) Referencia ANSI. La clase de precisión se designará por el máximo error permitido, expresado en porcentos, que el transformador puede introducir en la medición, cuando el factor de potencia de la carga a medir esté comprendido entre 0.6 atrasado y 1.0, con cargas de precisión conectadas al transformador entre cero y los valores normalizados (véase el cuadro 3) cuando opere a un voltaje de 90 a 110 por ciento de su voltaje nominal.

El error en por ciento que el transformador introduce en la medición se obtiene por la siguiente ecuación:

$$1\% \xi =$$

$$\% \xi = 100 (1 - \text{FCR}) - 0.029 \gamma \tan. \phi$$

Donde:

ξ = Error en la medición

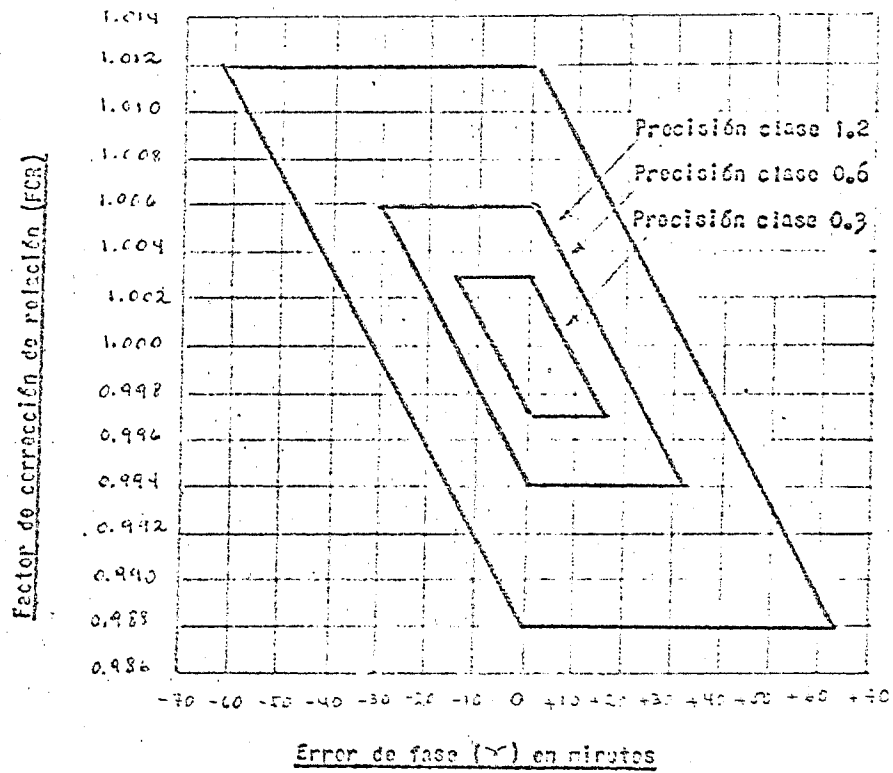
$$\text{FCR} = \text{Factor de corrección de relación} = \frac{\text{Relación real}}{\text{Relación de placa}}$$

γ = Error de fase entre los vectores de voltajes primario y secundario, en minutos

ϕ = Angulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga por medir

Las clases de precisión normales serán: 0.3, 0.6 y 1.2.

Los límites de ángulo de fase y del factor de corrección en la relación de transformación, para un factor de potencia de 0.6, se indican en la figura 1.



Límites del factor de corrección de relación (FCR) y del ángulo de fase (γ) para un T.P. clase 0,3, 0,6 y 1,2

Figura 1

ii) Referencia IEC. La clase de precisión se designará como el máximo porcentaje de error de relación permisible en el transformador de potencial para medición, operando a su voltaje y frecuencia nominales.

Las clases de precisión para transformadores de potencial monofásicos para medición son:

0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 y 3.0

Los errores de voltaje y de ángulo de fase de un transformador de potencial monofásico para medición a su frecuencia nominal, no excederán los valores del cuadro 9, cuando el transformador opere a un voltaje entre 80 y 120 por ciento de su voltaje nominal y con una carga entre el 25 y 100 por ciento de su carga nominal de precisión de factor de potencia de 0.8 atrasado.

Cuadro 9

LIMITES DE ERRORES DE VOLTAJE Y DE FASE

Clase de precisión	Error de relación de voltaje (porcentaje)	Error de fase (minutos)
0.1	0.1	5
0.2	0.2	10
0.5	0.5	20
1.0	1.0	40
3.0	3.0	-

4. Placa de datos

Cada transformador estará provisto de una placa de material a prueba de agua, fijada en un lugar visible e indicará en forma indeleble la siguiente información:

- a) Nombre del fabricante o alguna marca por el que pueda ser fácilmente identificado
- b) Número de serie
- c) Voltajes nominales primario y secundario
- d) Frecuencia nominal (60 hertz)
- e) Carga nominal de precisión y su correspondiente precisión.
Cuando se tengan dos devanados secundarios separados, se marcarán las cargas, precisiones y tensiones eléctricas de cada uno de ellos.
- f) Voltaje máximo del sistema
- g) Nivel nominal de aislamiento
- h) Factor de voltaje nominal y su correspondiente tiempo
- i) Clase de aislamiento
- j) En transformadores con más de un devanado secundario, se indicará el uso de cada uno de ellos y sus terminales correspondientes.
- k) Tipo de servicio: interior o intemperie.

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-20

Fusibles de potencia

INDICE

	<u>Página</u>
I. Fusibles limitadores de corriente	75
1. Condiciones de servicio	75
a) Temperatura del aire ambiente	75
b) Altitud	75
c) Condiciones del aire ambiente	75
d) Otras condiciones	75
2. Definiciones	76
a) Tiempo de fusión o tiempo de prearqueo	76
b) Tiempo de arqueo	76
c) Tiempo de operación o tiempo total de despeje	76
d) Voltaje de suicheo o corte	76
3. Partes componentes	77
4. Especificaciones	79
a) Lista de características y valores nominales	79
b) Voltajes nominales de la base y unidad fusible	79
c) Corrientes nominales de bases	80
d) Niveles nominales de aislamiento de la base	80
e) Corrientes nominales de la unidad fusible	83
f) Corrientes interruptivas nominales de la unidad fusible	83
g) Frecuencia nominal de la unidad fusible	85
h) Corrientes interruptivas mínimas y clase de la unidad fusible	85
i) Límites de aumento de temperatura del fusible	85
j) Voltaje de suicheo o de corte de la unidad fusible	86
k) Características tiempo/corriente de la unidad fusible	87
5. Placa de datos	87
a) En la base	88
b) En la unidad fusible	88
6. Criterios de selección y montaje	88
a) Criterios de selección	88
b) Montaje	89

	<u>Página</u>
II. Fusibles de expulsión y similares	91
1. Condiciones de servicio	91
2. Definiciones	91
a) Distancia separadora o aislante	91
b) Fusible desconectador	91
c) Fusible de caída	91
3. Partes componentes	93
4. Especificaciones	95
a) Lista de características y valores nominales	95
b) Voltajes nominales para fusible, base, portafusible y unidad fusible	95
c) Corrientes nominales de la base	97
d) Corriente nominal de la unidad fusible y portafusible	97
e) Frecuencia nominal	97
f) Niveles nominales de aislamiento de la base	97
g) Límites de aumento de temperatura	97
h) Características tiempo/corriente	97
5. Placa de datos	100
a) En la base	100
b) En el portafusible	100
c) En la unidad fusible	100
6. Criterios de selección y montaje	101
a) Criterios de selección	101
b) Montaje	101

Esta norma se aplicará a los fusibles de potencia limitadores de corriente y a los de expulsión o similares, diseñados para interiores o intemperie y que operen en sistemas de corriente alterna de 60 hertz y tensiones eléctricas mayores de 600 voltios.

I. FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE

1. Condiciones de servicio

Los fusibles se diseñarán para ser utilizados bajo las siguientes condiciones de servicio:

a) Temperatura del aire ambiente

	<u>Grados centígrados</u>
Máxima	40
Promedio del día	30
Mínima en interiores	-5
Mínima exterior	-10
Máxima dentro de gabinetes	55

b) Altitud

No mayor de 1 000 metros sobre el nivel del mar.

c) Condiciones del aire ambiente

El aire ambiente deberá estar lo menos contaminado posible de polvo, humo, gases corrosivos o inflamables, vapores, sal, humedad, etc.

d) Otras condiciones

Si los fusibles fueran usados bajo condiciones diferentes a las mencionadas en párrafos anteriores, se informará y consultará al fabricante.

/2. Definiciones

2. Definiciones

a) Tiempo de fusión o tiempo de prearqueo

El tiempo de fusión o de prearqueo es el tiempo transcurrido entre el inicio de una corriente lo suficientemente grande para causar fusión en el elemento fusible y el instante en que comienza el arco.

b) Tiempo de arqueo

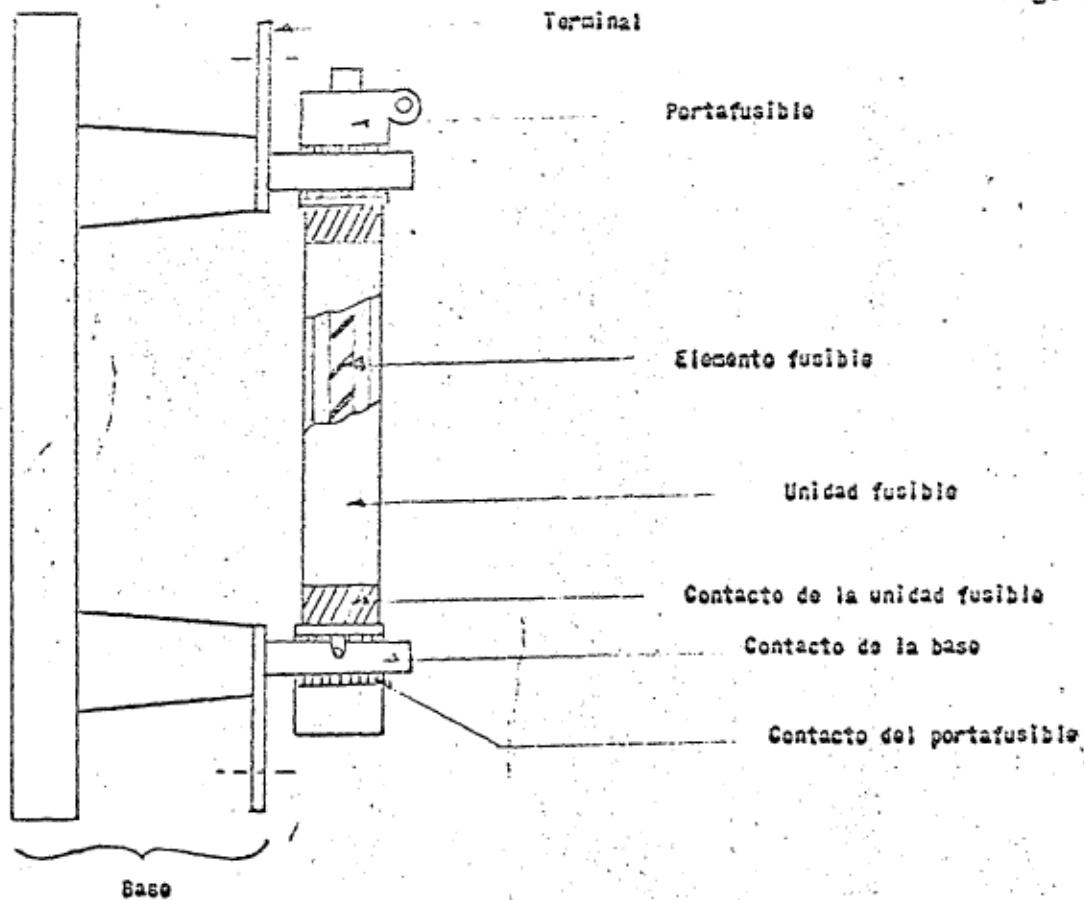
Es el lapso transcurrido entre el instante que se inicia el arco y el momento de su extinción final.

c) Tiempo de operación o tiempo total de despeje

La suma del tiempo de fusión y el tiempo de arqueo es el tiempo de operación o tiempo total de despeje.

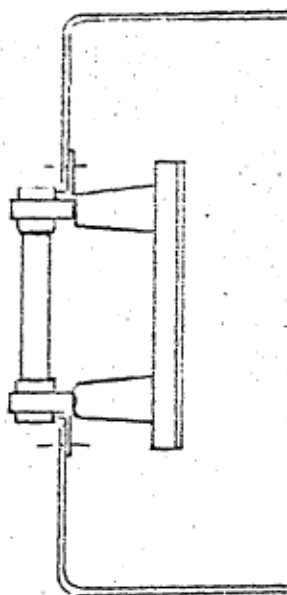
d) Voltaje de suicheo o corte

El voltaje de suicheo o corte es el máximo valor de voltaje pico que aparece a través de las terminales de un fusible cuando éste opera.



Terminología de fusibles de potencia limitadores de corriente

Figura 1



Montaje del fusible de potencia

Figura 2

4. Especificaciones

a) Lista de características y valores nominales

i) Valores nominales de la base. Estos valores comprenden: 1) el voltaje nominal; 2) la corriente nominal, y 3) el nivel nominal de aislamiento (voltajes de prueba a baja frecuencia en húmedo y en seco y al impulso).

ii) Valores nominales de la unidad fusible. Estos valores incluyen: 1) el voltaje nominal; 2) la corriente nominal; 3) la capacidad interruptiva nominal; 4) la frecuencia nominal, y 5) la corriente mínima de ruptura nominal.

iii) Características del fusible (base y unidad fusible). Límites de aumento de temperatura.

iv) Características de la unidad fusible. Las características son las siguientes: 1) clase; 2) voltaje de suicheo ("switching voltages"); 3) tiempo de fusión - corriente, y 4) tiempo de operación - corriente.

b) Voltajes nominales de la base y unidad fusible

Las tensiones eléctricas nominales y máximas de diseño de las bases y unidades fusibles se podrán seleccionar del cuadro 1.

Cuadro 1

VOLTAJES NOMINALES Y MAXIMOS, ENTRE FASES, DE DISEÑO
 DE FUSIBLES DE POTENCIA

Voltaje nominal del sistema (kV)	Serie I ^{a/}		Serie II ^{b/}	
	Voltaje nominal máximo del diseño del fusible (kV)		Voltaje nominal máximo del diseño del fusible (kV)	Voltaje nominal del fusible (kV)
13.2 ^{c/}			15.0 ^{c/}	13.8
13.2	17.5		15.5	14.4
24.9				
34.5	36.0		38.0	
34.5	40.5		38.0	34.5
46.0	52.0		48.3	46.0
69.0	72.5		72.5	69.0
115.0			121.0	115.0
138.0			145.0	138.0

a/ Referencia IEC/ISO.

b/ Referencia ANSI (C37.46-1962).

c/ Voltaje utilizado para fusibles tipo interior.

c) Corrientes nominales de bases

Las corrientes nominales de las bases se podrán seleccionar de los siguientes valores:

10 A*, 25 A*, 63 A*, 100 A*, 200 A, 300 A y 400* amperios

Los valores subrayados corresponden a valores normalizados por ASA, y los valores con asterisco, a los recomendados por IEC.

d) Niveles nominales de aislamiento de la base

Los valores de niveles de aislamiento se podrán seleccionar de los cuadros 2 y 3, en el caso de equipos de fabricación americana, y del cuadro 4, para los equipos de fabricación europea.

/Los valores

Los valores de los cuadros 2 se obtuvieron bajo las condiciones de 25°C de temperatura, 760 mm de mercurio de presión atmosférica y una humedad de 15 g de agua/m³, los valores del cuadro 4, bajo las condiciones de 20°C de temperatura, 760 mm de mercurio de presión atmosférica y una humedad de 11 g de agua/m³.

Las pruebas se efectuarán conforme a las prácticas recomendadas por ASA en su Norma C37.41-1962, o la que se publique en fecha más reciente, para los fusibles fabricados bajo normas americanas (ASA o ANSI y NEMA) y de acuerdo con las recomendaciones de la Publicación 282-1 (1968) de IEC, o la que se publique en fecha más reciente.

Cuadro 2

NIVELES DE AISLAMIENTO PARA FUSIBLES DE POTENCIA LIMITADORES
DE CORRIENTE TIPO INTEMPERIE a/

Voltaje nominal máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje de prueba al impulso en seco (polaridad positiva y negativa), onda de 1.5 x 40 microsegundos (kV cresta)		Voltaje de prueba a baja fre- cuencia		
			1 minuto en seco (kV)	10 segundos en húmedo (kV)	
	Entre termi- nales de la base	Entre tierra y ter- minales	Entre termi- nales de la base	Entre tierra y ter- minales	Entre tierra y ter- minales
15.5	121	110	55	50	45
38.0	220	200	105	95	80
48.3	275	250	132	120	100
72.5	385	350	193	175	145
121.0	605	550	308	280	230
145.0	715	650	368	335	275

a/ Referencia ANSI.

Cuadro 3

NIVELES DE AISLAMIENTO PARA FUSIBLES DE POTENCIA LIMITADORES
DE CORRIENTE TIPO INTERIOR a/

Voltaje nominal máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje de prueba al impulso en seco (polaridad positiva y negativa), onda de 1.5 x 40 microsegundos (kV cresta)		Voltaje de prueba a baja fre- cuencia		
			1 minuto en seco (kV)	10 segundos en húmedo (kV)	
	Entre termi- nales de la base	Entre tierra y ter- minales	Entre termi- nales de la base	Entre tierra y ter- minales	Entre tierra y ter- minales
15.0	105	95	40	36	26
15.5	121	110	55	50	30

a/ Referencia ANSI.

Cuadro 4

NIVELES DE AISLAMIENTO PARA FUSIBLES DE POTENCIA
LIMITADORES DE CORRIENTE a/

Voltaje nominal máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje de prueba al impulso en seco (polaridad positiva y negativa) <u>b/</u> (kV cresta)		Voltaje de prueba a frecuencia comercial, en húmedo y en seco durante 1 minuto (kV)	
	Entre termi nales de la base	Entre tierra y ter minales	Entre termi nales de la base	Entre tierra y ter minales
17.5	110	95	60	45
36.0	195	170	100	75
40.5	220	185	113	85
52.0	290	250	145	105
72.5	375	325	190	140

a/ Referencia IEC/ISO.

b/ Onda de impulso de 1.2 x 50 microsegundos.

e) Corrientes nominales de la unidad fusible

Las corrientes nominales de la unidad fusible serán: 0.5, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250 y 300 amperios.

f) Corrientes interruptivas nominales de la unidad fusible

Las corrientes interruptivas simétricas y esimétricas para los diferentes voltajes nominales serán las siguientes:

g) Frecuencia nominal de la unidad fusible

La frecuencia nominal del fusible será de 60 hertz.

h) Corrientes interruptivas mínimas y clase de la unidad fusible

Las corrientes interruptivas mínimas serán especificadas por el fabricante.

i) Límites de aumento de temperatura del fusible

El fusible y la base estarán capacitados para conducir continuamente la corriente nominal, sin exceder los límites de temperatura siguientes:

Cuadro 6

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA Y TEMPERATURAS PARA COMPONENTES
Y MATERIALES DE FUSIBLES DE POTENCIA

Componente o material	Valores máximos (grados centígrados)	
	Temperatura	Aumentos de temperatura
Contactos de cobre en aire		
Sin platear	75	35
Plateados	105	65
Terminales	90	50
Material aislante o partes metálicas en contacto con materiales aislantes de las siguientes clases		
A (105°C)	105	65
E (120°C)	120	80
B (130°C)	130	90
F (155°C)	155	115
H (180°C)	180	140
C (más de 180°C)	Limitada por las temperaturas de las partes cercanas	

Nota: La temperatura que alcancen las partes metálicas actuando como resortes será tal que la elasticidad del metal no cambiará.

/j) Voltaje

j) Voltaje de suicheo o de corte de la unidad fusible

Los valores de voltaje de suicheo máximos serán los siguientes:

VOLTAJE DE SUICHEO

<u>Voltaje nominal máximo de diseño (kV)</u>	<u>Voltaje máximo de suicheo (kV)</u>
15.0	47
15.5	49
17.5 ^{a/}	55
36.0 ^{a/}	112
38.0	119
40.5 ^{a/}	126
48.3	150
52.0 ^{a/}	162
72.5	226

a/ Tensiones nominales recomendadas por la IEC.

/k) Características

k) Características tiempo-corriente de la unidad fusible

i) Tiempo de fusión-corriente. El fabricante proporcionará estas curvas características referidas a ejes coordinados de escalas logarítmicas, con la corriente como abscisa y el tiempo como ordenada.

Las dimensiones de la escala logarítmica (base 10) podrán ser: 2.8 cm o 5.6 cm u 11.2 cm; se recomienda usar de preferencia 2.8 cm o 5.6 cm. Las relaciones entre las dimensiones de las escalas de las abscisas o de las ordenadas podrán ser de 2:1 o de 1:1.

Las características tiempo de fusión-corriente serán tales que:

1) Los elementos fusibles de corrientes nominales de 100 amperios o menores, se fundan a 300 segundos con una corriente eficaz de 200 a 240 por ciento de su corriente continua nominal.

2) Los elementos fusibles de corrientes nominales superiores a 100 amperios, se fundan a 600 segundos con una corriente eficaz de 220 a 264 por ciento de su corriente nominal.

3) Para fusibles de otras características, los fabricantes proporcionarán información suficiente.

4) Para cualquier tiempo de fusión, la máxima corriente eficaz a régimen estable no podrá exceder de la mínima en más de 20 por ciento.

Cuando las unidades fusibles cumplan con los requisitos anteriores, se identificarán con la letra E seguida del valor de su corriente nominal.

ii) Características tiempo de operación-corriente. Los fabricantes presentarán estas características en un sistema de ejes coordinados de escalas similares a las descritas para las curvas tiempo de fusión-corriente.

5. Placa de datos

Cada fusible estará provisto de una placa de material a prueba de agua, fijada en un lugar visible, e indicará en forma indeleble la siguiente información:

/a) En la

a) En la base

- Nombre del fabricante
- Tipo o número de identificación propio del fabricante
- Voltaje nominal (máximo de diseño)
- Corriente nominal
- Nivel básico de aislamiento
- Tipo de servicio: interior o intemperie

b) En la unidad fusible

- Nombre del fabricante
- Tipo o número de identificación propio del fabricante
- Voltaje nominal (máximo de diseño)
- Corriente nominal
- Corriente interruptiva nominal
- Identificación con la letra E si la unidad cumple con las características especificadas en i)
- Tipo de servicio: interior o intemperie

6. Criterios de selección y montaje

a) Criterios de selección

La corriente nominal del fusible será mayor que la corriente de servicio, y se seleccionará tomando en cuenta lo siguiente:

1. Posibles sobrecargas en el circuito;
2. Fenómenos transitorios debidos a la conexión o desconexión de transformadores, motores o capacitores;
3. Coordinación con otros aparatos de protección;
4. Selección del voltaje nominal del fusible.

/El voltaje

El voltaje nominal del fusible para un sistema trifásico con o sin neutro aterrizado, será igual al voltaje máximo entre fases del sistema; para un sistema monofásico, será cuando menos del 115 por ciento del máximo voltaje monofásico del circuito.

b) Montaje

El montaje de los fusibles de potencia se hará de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Cuando no se disponga de éstas y la distancia entre polos no esté fijada en la estructura de montaje del fabricante, se observarán los espaciamentos mínimos de los cuadros 7 y 8.

Cuadro 7

ESPACIAMIENTOS MINIMOS PARA FUSIBLES DE POTENCIA LIMITADORES
DE CORRIENTE, PARA INTEMPERIE

Del sistema	Voltajes nominales		Claro mínimo entre fases	
		Máximo de diseño del fusible	Pulgadas	Centímetros
13.2		15.5	24	61.0
24.9 ^{a/}		-	-	-
34.5		38.0	36	91.5
46.0		48.3	48	122.0
69.0		72.5	60	152.3
115.0		121.0	84	213.0
138.0		145.0	96	244.0

^{a/} A determinarse posteriormente.

Cuadro 8

ESPACIAMIENTOS MINIMOS PARA FUSIBLES DE POTENCIA LIMITADORES
DE CORRIENTE, PARA INTERIORES

Del sistema	Voltajes nominales		Claro mínimo entre fases	
		Máximo de diseño del fusible	Pulgadas	Centímetros
13.2		15	7.5	19.0
24.9 ^{a/}		-	-	-
34.5		38	18.0	45.7

^{a/} A determinarse posteriormente.

II. FUSIBLES DE EXPULSION Y SIMILARES

Esta norma se aplicará a los fusibles de potencia de expulsión y similares, en los que el arco es extinguido por expulsión de los gases producidos por dicho arco, diseñado para uso interior o intemperie en sistemas de corriente alterna de 60 hertz y tensiones eléctricas mayores de 600 voltios.

1. Condiciones de servicio

Las condiciones de servicio serán las mismas que para los fusibles de potencia limitadores de corriente.

2. Definiciones

Además de las señalados en la sección 2 de los fusibles limitadores de corriente se tomarán en cuenta los siguientes:

a) Distancia separadora o aislante

Es la distancia más corta entre los contactos de la base del fusible o partes conductoras conectadas a ellos, medida en el fusible, con la unidad fusible en las siguientes posiciones: i) En posición desconectada para fusibles desconectores; ii) En posición de caída para fusibles de caída; y iii) Sin la unidad fusible para los otros tipos de fusibles.

b) Fusible desconector

Es un fusible en el que el portafusible puede ser operado como cuchilla desconectora, para proporcionar una distancia separadora.

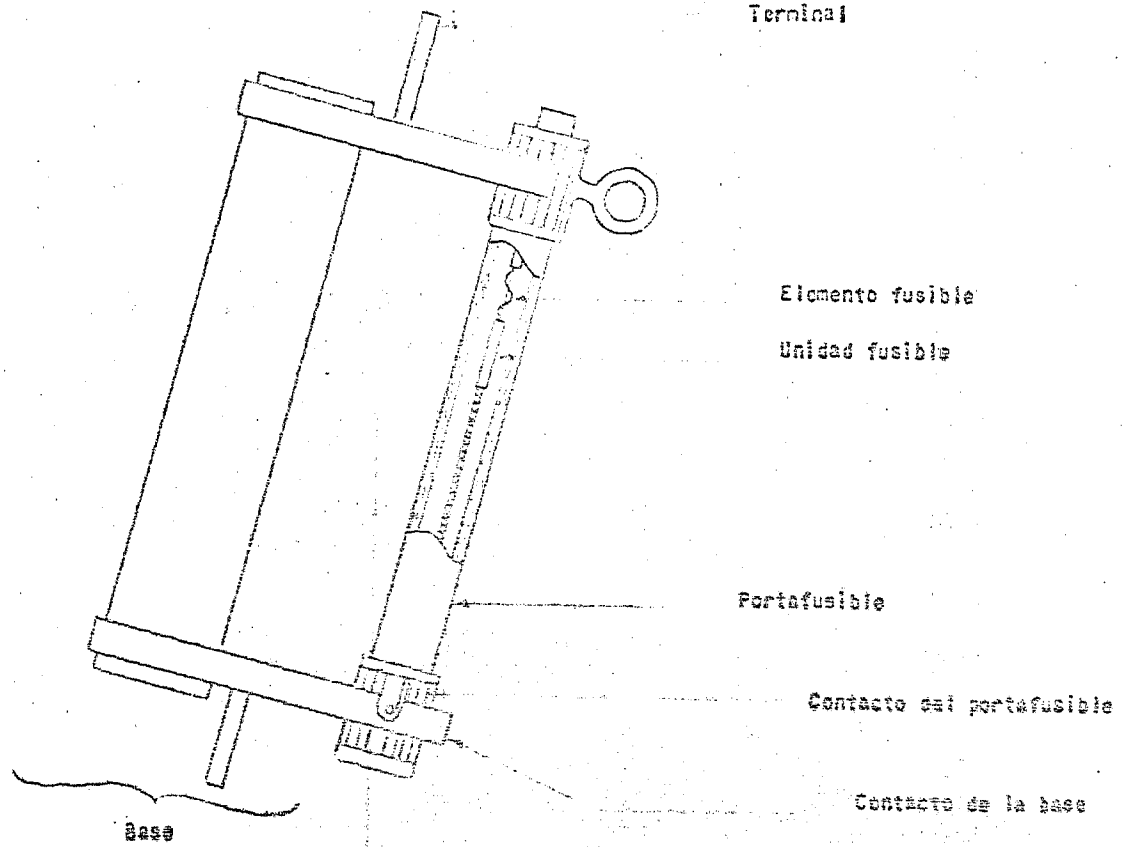
c) Fusible de caída

Es un fusible en el que el portafusible cae a una posición determinada inmediatamente después de haber operado, para proporcionar una distancia separadora.

3. Partes componentes

Terminología de fusibles de potencia del tipo expulsión

Figura 3



4. Especificaciones

a) Lista de características y valores nominales

i) Valores nominales del fusible de potencia. Estos valores son: 1) el voltaje nominal; 2) la corriente nominal; 3) la capacidad interruptiva nominal; y 4) la frecuencia nominal.

ii) Los valores nominales de la base son: 1) el voltaje nominal; 2) la corriente máxima nominal; y 3) el nivel de aislamiento.

iii) Los valores nominales del portafusible son: 1) el voltaje nominal; 2) la corriente máxima; 3) la capacidad interruptiva nominal; y 4) la frecuencia nominal.

iv) Los valores nominales de la unidad fusible son: 1) la corriente nominal; y 2) el voltaje máximo.

v) Las características del fusible son: 1) los límites de aumento de la temperatura y 2) la clase.

vi) Las características de la unidad fusible son: 1) el tiempo de fusión corriente y 2) el tiempo de operación corriente.

b) Voltajes nominales para fusible, base, portafusible y unidad fusible

Los voltajes nominales serán seleccionados del cuadro siguiente.

Cuadro 9

VOLTAJES NOMINALES, ENTRE FASES, (PARA FUSIBLE, BASE,
PORTAFUSIBLE Y UNIDAD FUSIBLE))

Voltaje nominal del sistema (kV)	Serie I a/		Serie II b/	
	Voltaje máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje nominal del fusible	
13.2		15.0 ^{d/}	13.8	
13.2	17.5	15.5	14.4	
24.9 ^{c/}		-	-	
34.5	36.0	38.0	34.5	
34.5	40.5	38.0		
46.0	52.0	48.3	46.0	
69.0	72.5	72.5	69.0	
115.0	121.0	121.0	115.0	
138.0	145.0	145.0	138.0	

a/ Referencia IEC/ISO.

b/ Referencia ANSI (C.37.46 - 1962).

c/ A determinarse posteriormente.

d/ Tensión eléctrica utilizada para fusibles tipo interior.

/c) Corriente

c) Corrientes nominales de la base

Los valores normales para las corrientes nominales de la base serán: 10, 25, 50, 100, 200, 300 y 400 amperios.

d) Corriente nominal de la unidad fusible y portafusible

Se seleccionará de la siguiente serie: 0.5, 1, 1.25, 1.6, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 160, 200, 250, 300, 315 y 400 amperios.

e) Frecuencia nominal

La frecuencia nominal será de 60 hertz.

f) Niveles nominales de aislamiento de la base

Los niveles nominales de aislamiento se indican en los cuadros 10 y 11.

El cuadro 10 se basa en la práctica europea y sus valores se obtuvieron bajo las condiciones de 20°C de temperatura, 760 mm de mercurio y 11 g/m³ de agua.

El cuadro 11 se basa en la práctica de los Estados Unidos y Canadá y los valores se obtuvieron bajo las siguientes condiciones: 25°C de temperatura, 760 mm de mercurio de presión y una humedad de 15 g/m³ de agua.

g) Límites de aumento de temperatura

Los límites de aumento de temperatura serán los mismos que se incluyeron en el cuadro 6 para fusibles limitadores de corriente.

h) Características tiempo/corriente

Se aplican los indicados en el literal k) de la sección 4, página 87.

Cuadro 10

NIVELES DE AISLAMIENTO PARA FUSIBLES DE POTENCIA DE EXPULSION^{a/}

Voltaje nominal máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje de prueba al impulso, polaridad positiva y negativa ^{b/} (kV pico)		Voltaje de prueba a baja frecuencia en húmedo y en seco, durante 1 minuto (kV)					
			A través de la distancia separadora de la base		Entre tierra y terminales			
			A través de la distancia separadora de la base		Entre tierra y terminales			
17.5	110	95	60	45				
36	195	170	100	75				
40.5	220	180	115	95				
52	290	250	145	105				
72.5	375	325	190	140				
	<u>Aislam. Pleno</u>	<u>Aislam. Reducido</u>	<u>Aislam. Pleno</u>	<u>Aislam. Reducido</u>	<u>Aislam. Pleno</u>	<u>Aislam. Reducido</u>	<u>Aislam. Pleno</u>	<u>Aislam. Reducido</u>
123	630	520	550	450	310	250	230	185
145	750	630	650	550	370	310	275	230

^{a/} Referencia IEC/ ISO.^{b/} Para ondas de 1.2 x 50 microsegundos.

Cuadro 11

NIVELES DE AISLAMIENTO PARA FUSIBLES DE POTENCIA DE EXPULSION^{a/}

Voltaje nominal máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje de prueba al impulso, polaridad positiva y negativa (kV pico)		Voltajes de prueba a baja frecuencia		
			1 minuto en seco (kV)	10 segs. en húmedo (kV)	
	A través de la distancia separadora de la base	A tierra y entre polos	A través de la distancia separadora de la base	A tierra y entre polos	A tierra y entre polos
			<u>Clase 1</u>		
(15)	(105)	(95)	(40)	(36)	(26)
15.5	121	110	55	50	45
38	220	200	105	95	80
48.3	275	250	132	120	100
72.5	385	350	193	175	145
121	605	550	308	280	230
145	715	650	368	335	275
			<u>Clase 2</u>		
15	95	95	35	35	30
18	125	125	42	42	36
27	125	125	42	42	36

Nota: Los valores entre paréntesis son para fusibles tipo interior cuando difieran de los valores para tipo intemperie.

a/ Referencia ANSI.

5. Placa da datos

La siguiente información será marcada en forma indeleble en un lugar visible de la base, el portafusible y la unidad fusible.

a) En la base

- Nombre del fabricante o marca de fábrica
- Tipo (designación del fabricante)
- Clase
- Voltaje nominal
- Corriente máxima nominal

b) En el portafusible

- Nombre del fabricante o marca de fábrica
- Voltaje nominal
- Corriente máxima nominal
- Capacidad interruptiva nominal
- Frecuencia nominal

c) En la unidad fusible

- Nombre del fabricante o marca de fábrica
- Tipo (designación del fabricante)
- Corriente nominal
- Voltaje nominal

Se indicará si el cortacircuito está diseñado para operar únicamente para interiores.

6. Criterios

6. Criterios de selección y montaje

a) Criterios de selección

i) Corriente nominal de la unidad fusible. La corriente nominal del listón fusible será seleccionada considerando lo siguiente:

1. La corriente normal y sobrecargas posibles del circuito, incluyendo armónicas sostenidas.
2. Fenómenos transitorios en el circuito debido a la conexión o desconexión de equipos tales como transformadores, motores o capacitores.
3. Coordinación con otros aparatos de protección.
4. Condiciones de enfriamiento que puedan afectar la temperatura del listón fusible, como por ejemplo su uso en gabinetes.

ii) Voltaje nominal de la base. El voltaje nominal de la base del cortacircuito fusible no será menor que el voltaje de servicio máximo entre fases.

iii) Clase del fusible

Clase 1. Son generalmente utilizados para la protección de grandes bancos de transformadores, transformadores de potencial y bancos de capacitores para corrección del factor de potencia en sistemas importantes.

Pueden ser usados en interiores, siempre que dispongan de algún medio para la reducción de gases.

Clase 2. Son generalmente utilizados para la protección de pequeños transformadores y pequeños bancos de capacitores o para la selección de circuitos intemperie de sistemas de distribución de línea abierta.

b) Montaje

El montaje de estos fusibles se hará de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Cuando no se disponga de éstas y la distancia entre polos no esté fijada en la estructura de montaje del fabricante, se observarán los espaciamientos mínimos del cuadro siguiente.

Cuadro 12

ESPACIAMIENTOS MINIMOS PARA FUSIBLES DE POTENCIA
TIPO EXPULSION, PARA INTEMPERIE

Voltaje nominal del sistema y nominal máximo de diseño del fusible (kV)		Claro mínimo entre fases	
Nominal del sistema	Máximo de diseño del fusible	Pulgadas	Centímetros
13.2	15.5	36	91.5
24.9 ^{a/}	-	-	-
34.5	38.0	60	152.3
46	48.3	72	
69	72.5	84	213.0
115	121.0	120	305.0
138	145.0	144	366.0

^{a/} Valores a determinarse posteriormente.

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-21

Pararrayos

INDICE

	<u>Página</u>
1. Condiciones de servicio	107
2. Definiciones	107
3. Identificación y valores nominales	111
a) Identificación de pararrayos	111
b) Valores nominales	111
4. Clasificación de pararrayos tipo válvula	112
a) Prueba de rigidez dieléctrica del aislamiento del pararrayos	112
b) Prueba de voltaje de descarga a frecuencia comercial	114
c) Prueba de voltaje de descarga al impulso con onda normal	115
d) Prueba de voltaje de descarga al impulso en frente de onda	115
e) Prueba de voltaje residual	118
f) Prueba de capacidad para soportar corrientes de descarga	118
g) Prueba de ciclo de servicio	120
5. Voltajes anormales del sistema	121
6. Clasificación de sistemas	121
7. Selección de pararrayos	121

Esta norma se aplicará a dispositivos de protección de operación repetitiva para limitar sobrevoltajes en circuitos de potencia de 60 hertz, desviando la corriente de descarga de impulso y, posteriormente, interrumpiendo en forma automática la corriente remanente. Se aplicará, en particular a pararrayos de tipo valvula.

1. Condiciones de servicio

Los pararrayos que cubren estas normas serán capaces de operar satisfactoriamente bajo las siguientes condiciones de servicio:

- a) Temperatura ambiente no mayor de 40°C;
- b) Altura sobre el nivel del mar no mayor de 1 000 metros;
- c) Frecuencia del sistema no menor de 58 hertz ni mayor de 62 hertz;
- d) Voltaje aplicado entre las terminales de línea y tierra, a baja frecuencia (60 Hz), no mayor que su voltaje nominal.

Los pararrayos sujetos a otras condiciones de servicio requerirán consideraciones especiales en su fabricación o aplicación y deberán ser discutidas con el fabricante.

2. Definiciones

A continuación se dan algunas definiciones de la terminología utilizada en el campo de los pararrayos. Para otras definiciones se recomienda consultar las publicaciones 99-1 y 99-2 de la International Electrotechnical Commission (IEC).

Pararrayos. Dispositivo diseñado para proteger aparatos eléctricos de altos voltajes transitorios y limitar la duración y, frecuentemente, la amplitud de la corriente remanente.

Pararrayos tipo válvula. Pararrayos que tiene uno o varios entrehierros de arqueo en serie con uno o varias resistencias de características voltaje-corriente no lineales.

Pararrayos tipo expulsión. Pararrayos que contiene una cámara de arqueo en la que la corriente remanente es confinada y puesta en contacto con un gas o algún material extinguidor de arco, de tal manera que limita el voltaje de la línea e interrumpe la corriente remanente.

/Aliviador

Aliviador de presión. Es un dispositivo para aliviar la presión interna en un pararrayos y prevenir una explosión que destruya a la envolvente después de un paso prolongado de corriente remanente o arqueo interno del mismo.

Voltaje nominal. Es el valor eficaz máximo admisible de la tensión eléctrica a frecuencia industrial entre sus terminales, para el cual el pararrayos está diseñado para operar. Este voltaje puede aplicarse continuamente sin que cambien las características de operación del pararrayos.

Descarga disruptiva. Es el fenómeno asociado con la falla de aislamiento bajo esfuerzo eléctrico que incluye una caída súbita en la tensión eléctrica y un paso de corriente. El término es aplicable a descargas disruptivas en dieléctricos sólidos, líquidos y gaseosos o a combinaciones de éstos.

Frecuencia nominal. Es la frecuencia del sistema de potencia para el cual el pararrayos está diseñado.

Perforación. Es una descarga disruptiva a través de un sólido.

Flameo o contorneo. Es una descarga disruptiva sobre una superficie sólida.

Descarga. Es una descarga disruptiva entre los electrodos de los entrehierros de un pararrayos.

Impulso. Es una onda unidireccional de voltaje o corriente que, sin oscilación apreciable, crece rápidamente a un valor máximo y cae generalmente a cero con menor rapidez, y en ocasiones con pequeñas ondas de polaridad opuesta.

Los parámetros que definen un impulso de voltaje o corriente son: la polaridad, el valor pico, el tiempo de frente de onda y el tiempo de medio valor pico en la cola de la onda.

Valor pico o cresta de un impulso. Es el valor máximo de voltaje o corriente en un impulso.

/Frente de

Frente de un impulso. Es la parte de un impulso que ocurre antes del pico.

Cola de un impulso. Es la parte de un impulso que ocurre después del pico.

Impulso de voltaje de onda plena. Es un impulso de voltaje que no es interrumpido por arqueo, flameo o perforación.

Impulso de voltaje de onda cortada. Es un impulso de voltaje interrumpido en el frente, pico o cola por arqueo, flameo o perforación, que causa una caída súbita en el voltaje.

Valor pico probable de un impulso de voltaje de onda cortada. Es el valor pico de un impulso de voltaje de onda plena del que el impulso de voltaje cortado se deriva.

Origen virtual de un impulso. Es el punto de una gráfica de voltaje o de corriente en función del tiempo, determinado por la intersección entre el eje del tiempo y una línea recta dibujada a través de dos puntos de referencia en el frente del impulso.

Para impulsos de voltaje con tiempos de frente iguales o menores a 30 microsegundos, los puntos de referencia serán el 30 y el 90 por ciento del valor pico; para los mayores a 30 microsegundos, el origen está generalmente bien definido; para impulsos de corriente, los puntos de referencia serán el 10 y el 90 por ciento del valor pico.

Tiempo virtual de frente de un impulso (T_1). Es el tiempo en microsegundos igual a:

a) 1.67 veces el tiempo tomado por el voltaje para incrementar de 30 a 90 por ciento de su valor pico, para impulsos de voltaje con tiempos de frente de onda iguales o menores a 30 microsegundos;

b) 1.05 veces el tiempo tomado por el voltaje para incrementar de cero al 95 por ciento de su valor pico, para impulsos de voltaje con tiempos de frente de onda con duraciones mayores a 30 microsegundos, y

c) 1.25 veces el tiempo tomado por la corriente para incrementar del 10 al 90 por ciento de su valor pico, para impulsos de corriente.

/Pendiente

Pendiente virtual de frente de un impulso. Es la relación del valor pico al tiempo virtual de frente de un impulso.

Tiempo virtual de medio valor en la cola de un impulso. (T_2). Es el tiempo transcurrido entre el origen virtual y el instante en el que el voltaje o la corriente ha disminuido a la mitad de su valor pico. Este tiempo se expresa también en microsegundos.

Designación de una onda de impulso. Es la combinación de dos números, el primero representa el tiempo virtual del frente (T_1) y el segundo el tiempo virtual de medio valor de pico en la cola (T_2), ambos en microsegundos. Se expresará $T_1 \times T_2$.

Impulso de voltaje de rayo normal (1.2x50). Es un impulso que tiene una forma de onda de 1.2x50 microsegundos.

Impulso de voltaje de maniobra. Es un impulso de voltaje con tiempo virtual de frente superior a 30 microsegundos.

Corriente de descarga. Es la corriente de impulso que fluye a través del pararrayos después de un arqueo en los entrehierros en serie del mismo.

Corriente nominal de descarga. Es el valor pico de una corriente de descarga en forma de onda de 8x20, utilizado para designar un pararrayos.

Corriente remanente. Es la corriente del sistema que fluye a través del pararrayos después del paso de la corriente de descarga.

Voltaje residual o de descarga. Es la tensión eléctrica que aparece entre los bornes de un pararrayos durante el paso de la corriente de descarga.

Voltaje de descarga a frecuencia comercial. Es el valor eficaz mínimo de la onda senoidal de tensión eléctrica de frecuencia industrial que provoca descarga en el pararrayos cuando se aplica a sus terminales.

Voltaje de descarga al impulso. Es el máximo valor de la tensión eléctrica obtenida antes de la descarga, cuando una onda de forma y polaridad determinada es aplicada entre los bornes o terminales del pararrayos.

Voltaje de descarga al impulso en el frente de onda. Es el voltaje de descarga al impulso obtenido en el frente de onda donde el voltaje crece linealmente con el tiempo.

Voltaje de descarga al impulso con onda normal (1.2x50 microsegundos). Es el más bajo valor pico probable de un impulso de voltaje de onda normal, que cuando se aplica a un pararrayos provoca descarga en cada aplicación.

Tiempo de descarga. Es el lapso que transcurre entre el origen virtual y el instante en el que el pararrayos inicia la descarga, expresado en microsegundos.

Curva voltaje de descarga al impulso/tiempo. Es la curva que relaciona el voltaje de descarga al impulso con el tiempo de descarga.

3. Identificación y valores nominales

a) Identificación de pararrayos

Los pararrayos se identificarán por la siguiente información mínima que aparecerá en su placa de datos:

Voltaje nominal
Frecuencia nominal (60 hertz)
Corriente nominal de descarga
Clase de corriente de descarga de larga duración
Clase de dispositivo de alivio de presión
Nombre del fabricante o marca de fábrica
Tipo
Año de fabricación

b) Valores nominales

i) Voltajes nominales normales. Los valores de voltajes nominales para pararrayos se señalan en el cuadro 1.

ii) Frecuencia nominal. La frecuencia nominal será de 60 hertz.

iii) Corrientes nominales de descarga. Las corrientes nominales de descarga serán de 10 000 y 5 000 amperios, con una onda de 8x20 microsegundos.

/Cuadro 1

Cuadro 1

VOLTAJES NOMINALES DE PARARRAYOS TIPO VALVULA^{a/}

(kV)

Voltaje nominal del pararrayos
9
12
15
20
25
30
37
40
50
60
73
90
96
108
120
144
168
180
192
240

a/ Referencia NEMA.4. Clasificación de pararrayos tipo válvula

Los pararrayos se clasificarán por su corriente nominal de descarga y deberán satisfacer las pruebas del cuadro 2.

a) Prueba de rigidez dieléctrica del aislamiento del pararrayos

Comprueba si el aislamiento del pararrayos está sobre el nivel de aislamiento mínimo especificado.

Las secciones aislantes del pararrayos o una sola unidad deberán soportar los voltajes de prueba entre las terminales de línea y tierra que se indican en el cuadro 3. Para efectuar esta prueba, las partes internas serán removidas, lo mismo que cualquier entrehierro externo que esté en paralelo con la sección aislante.

/Cuadro 2

Cuadro 2

CLASIFICACION DE PARARRAYOS Y PRUEBAS REQUERIDAS

Voltaje y prueba	Corriente nominal de descarga		
	10 000 A Servicio liviano (estación)	10 000 A Servicio pesado (estación)	5 000 A Serie A (intermedio)
Voltaje nominal (kV)	3 o más	3 o más	3 a 138
Pruebas			
De rigidez dieléctrica del aislamiento del pararrayos	4.2	4.2	4.2
De voltaje de descarga a frecuencia comercial	4.3	4.3	4.3
De voltaje de descarga al impulso con onda normal	4.4	4.4	4.4
De voltaje de descarga en frente de de onda	4.5	4.5	4.5
De voltaje residual	4.6	4.6	4.6
De la capacidad a soportar corrientes de descarga	4.7	4.7	4.7
De ciclo de operación ^{a/}	4.8	4.8	4.8

^{a/} Esta prueba se hará según el procedimiento que se describe en la Publicación 99-1 (1970) de IEC o por el señalado en la norma (ASA) C62.1-, según corresponda.

Cuadro 3

VOLTAJES DE PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA
PARARRAYOS TIPO ESTACION E INTERMEDIOS a/

Voltaje nominal del pararrayos (kV)	NBI Onda plena 1.2 x 50 microsegundos (kV cresta)	Voltaje de prueba a baja frecuencia (60 Hz) (kV)	
		Seco, 1 minuto	Húmedo, 10 segundos
9	95	35	30
12	110	50	45
15	110	50	45
20	150	70	60
25	150	70	60
30	200	95	80
37	200	95	80
40	250	120	100
50	250	120	100
60	350	175	145
73	350	175	145
90	450	225	190
96	450	225	190
108	550	280	230
120	550	280	230
144	650	335	275
168	750	385	315
180	825	465	385
192	900	465	385
240	1 050	545	445

a/ Referencia ANSI.

b) Prueba de voltaje de descarga a frecuencia comercial

Comprueba si el voltaje de descarga a frecuencia comercial del pararrayos está sobre el voltaje nominal del mismo por un determinado margen.

Para evitar daño en los pararrayos, la tensión eléctrica de prueba a frecuencia comercial no será excesiva en relación con el voltaje nominal del pararrayos, excepto cuando lo indiquen las recomendaciones del fabricante.

i) Pararrayos tipo válvula. Los pararrayos tipo interior serán probados únicamente en seco y los de tipo intemperie en seco y húmedo. El voltaje de prueba de descarga a baja frecuencia no será menor de: 1.35 veces el voltaje nominal, para los tipo estación de voltaje nominal de 60 kV o mayores, ni de 1.5 veces el voltaje nominal para los demás, incluyendo los tipo estación de menos de 60 kV.

ii) Pararrayos tipo expulsión. El voltaje de prueba de descarga a baja frecuencia será de 1.5 veces el voltaje nominal, probado en seco por un minuto y en húmedo por 10 segundos.

c) Prueba de voltaje de descarga al impulso con onda normal (1.2 x 50).

El generador de impulso se ajustará para que dé una onda de 1.2 x 50 microsegundos con un valor pico probable al correspondiente al voltaje nominal de la muestra. (Véase la columna 4 del cuadro 4.) Con este ajuste se aplicarán cinco impulsos positivos y cinco negativos, debiendo descargar el pararrayos en cada aplicación. Si en alguna de las series de cinco impulsos el pararrayos fallara una vez, se aplicarán 10 impulsos más de la misma polaridad, debiendo descargar el pararrayos en todos los impulsos.

Los valores característicos de esta prueba no se considerarán indispensables para la identificación de un pararrayos.

d) Prueba de voltaje de descarga al impulso en frente de onda

Se adoptarán los valores siguientes

i) Voltaje de descarga al impulso en frente de onda. (Referencia IEC).

Usando un impulso de voltaje con pendiente en el frente de la onda igual a la correspondiente que se especifica en la columna 2 del cuadro 4, se aplicarán cinco impulsos negativos y cinco positivos y se determinará el voltaje de descarga en cada prueba. En ninguna de las pruebas, dicho voltaje excederá del valor correspondiente señalado en el cuadro 4.

Cuadro 4

VOLTAJES DE DESCARGA AL IMPULSO^{a/}

Voltaje nominal del pararrayos <u>b/</u> (kV)	Pendiente del frente de onda (kV/microsegundo)	Pararrayos de 10 kA y 5 kA serie A	
		Voltaje de descarga al impulso en frente de onda (kV cresta) (3)	Voltaje de descarga al impulso con onda normal (kV cresta) (4)
(1)	(2)	(3)	(4)
9	75	38	32.5
12	100	50	43
15	125	62	54
21	175	88	76
24	200	100	87
30	250	125	108
36	300	150	130
39	325	162	141
51	425	212	184
60	500	250	216
75	625	310	270
96	790	371	324
108	870	418	363
120	940	463	400
126	980	485	420
240	1 200	902	782

a/ Referencia IEC.

b/ Los voltajes nominales de los pararrayos que se incluyen en este cuadro son los más cercanos a los propuestos en el cuadro 1.

ii) Voltaje de descarga al impulso en el frente de onda. Referencia ANSI. Se aplicarán a la muestra impulsos de polaridad positiva o negativa, escogiéndose el que dé mayores valores de descarga. El valor pico de la onda será lo suficientemente alto para que la descarga ocurra antes de alcanzar el 90 por ciento de su valor.

Se aplicarán cuatro impulsos (de la polaridad escogida) y se obtendrán los respectivos oscilogramas. El voltaje de prueba medido desde el cero virtual tendrá las siguientes pendientes:

/Voltaje nominal

Voltaje nominal

Menores de 3 kV

De 3 a 144 kV

Sobre 144 kV

Pendiente nominal

10 kV por microsegundo

100 kV por microsegundo
por cada 12 kV de voltaje
nominal

1 200 kV por microsegundo

Los voltajes máximos de descarga al impulso para diferentes voltajes nominales de pararrayos se señalan en las columnas 3 y 4 del cuadro 5.

Cuadro 5

VOLTAJES DE DESCARGA AL IMPULSO EN FRENTE DE ONDA^{a/}

Voltaje nominal del pararrayos (kV)	Pendiente del frente de onda (kV/microsegundo)	Voltaje de descarga al impulso en frente de onda	
		Pararrayos tipo estación (kV pico) (3)	Pararrayos tipo intermedio (kV pico) (4)
(1)	(2)		
9	75	35	35
12	100	45	45
15	125	55	55
20	167	72	72
25	208	90	90
30	250	105	105
37	308	125	125
40	333	130	130
50	417	155	155
60	500	190	190
73	608	230	230
90	750	283	283
96	800	300	300
108	900	335	335
120	1 000	370	370
144	1 200	437	
168	1 200	503	
180	1 200	535	
192			
240	1 200	685	

a/ Referencia NEMA.

/e) Prueba de

e) Prueba de voltaje residual

Las pruebas se harán a muestras de voltajes nominales entre 1 y 12 kV.

Se utilizará una onda de corriente de 8 x 20 microsegundos, límites de 7 a 9 microsegundos para el frente y 18 a 22 microsegundos para el medio valor de la cola. Se aplicarán tres impulsos de corriente con valores pico de 0, 5, 1 y 2 veces el valor nominal de la corriente de descarga del pararrayos. El tiempo entre cada descarga será lo suficientemente largo para permitir a la muestra regresar aproximadamente a la temperatura ambiente.

Con los valores obtenidos en las pruebas se dibujará la curva de máxima envolvente voltaje residual/corriente de descarga. El voltaje residual correspondiente a la corriente nominal en esa curva deberá ser mayor que el máximo voltaje residual señalado en el cuadro 6, para el pararrayos en cuestión.

f) Prueba de capacidad para soportar corrientes de descarga

Comprueba la calidad del diseño eléctrico, mecánico y térmico del pararrayos. Consiste en pruebas de alta corriente, de duración corta, y de baja corriente de larga duración.

El voltaje de prueba será de 3 a 9 kV y se hará en diferentes muestras de cada tipo de pararrayos. La evaluación de su comportamiento se hará después de haber completado las dos pruebas, según su estado físico y los oscilogramas obtenidos.

i) Prueba de alta-corriente de corta duración. La corriente de descarga será una onda de (4 a 8) x (10 a 20) microsegundos, con una amplitud como la especificada a continuación; durante esta prueba se obtendrán los oscilogramas de corriente y los voltajes de descarga.

<u>Pararrayos tipo</u>	<u>Amperios de cresta mínimos</u>
Intermedio valvular (5 000 A - Serie A)	65 000
Distribución valvular (5 000 A - Serie B)	65 000
Estación (10 000 A)	100 000

Cuadro 6

MAXIMOS VOLTAJES RESIDUALES

IEC		NEMA		
Voltaje nominal del pararrayos (kV)	Pararrayos de 10 y 5 kA voltaje residual <u>a</u> / (kV pico)	Voltaje nominal del <u>b</u> / pararrayos (kV)	Pararrayos tipo estación, voltaje residual para 10 000 A (kV pico)	Pararrayos tipo intermedio, voltaje residual para 10 000 A (kV pico)
9	32.5	9	26	32
12	43	12	35	40.5
15	54	15	44	51
21	76	20	60	70
24	87	25	71	84
30	108	30	87	100
36	130	37	105	129
39	141	40	114	139
51	184	50	142	169
60	216	60	174	200
75	270	73	212	255
		90	262	302
96	324	96	280	328
108	363	108	316	375
120	400	120	350	416
126	420			
		144	408	
		168	490	
		180	510	
		192	545	
240		240	695	

/ Para corriente nominal de descarga.

/ Voltajes nominales preferidos.

ii) Prueba de baja corriente y larga duración. Para los pararrayos tipo estación e intermedio, se someterá a la muestra a una serie de operaciones de descarga en las que se simulará una línea de transmisión, al extremo de la cual estará instalado el pararrayos. El número de operaciones y las constantes de la línea serán las siguientes:

V_M (kV)	Z_L (ohmios)	C_L ($\mu F/km$)	E_L (kV)	Número de operacio- nes	D_L - en km.	
					Tipo estación	Tipo intermedio
3 - 72	450	0.0075	2.6 V_{LG}	20	240	160
72.5 - 150	450	0.0075	2.6 V_{LG}	20	240	160

Donde:

V_M = Voltaje máximo eficaz entre fases del sistema

Z_L = Impedancia de sobretensión (o característica) efectiva de la línea de transmisión

C_L = Capacitancia efectiva de la línea de transmisión

E_L = Voltaje de carga de la línea de transmisión, c.d.

D_L = Longitud de la línea de transmisión

V_{LG} = Voltaje máximo de línea a tierra del sistema, en valor pico

Las pruebas se efectuarán en grupos de cinco operaciones, con intervalos máximos de un minuto entre operaciones consecutivas, y de uno a quince minutos entre grupos.

La evaluación de las pruebas se hará con base en el daño mecánico observado en la muestra y en las variaciones en nuevas pruebas de voltaje de descarga o frecuencia comercial y de voltaje residual, que se practicarán a la muestra después de que ésta se haya enfriado aproximadamente a la temperatura ambiente. Estos últimos voltajes de prueba no deberán incrementarse en más de un 10 por ciento del valor obtenido antes de efectuar esta prueba de corriente de baja intensidad y larga duración. Además, la muestra deberá interrumpir la corriente remanente de la prueba de ciclo de servicio.

g) Prueba de ciclo de servicio

En esta prueba son simuladas las condiciones de servicio al aplicar al pararrayos un número determinado de impulsos, mientras la muestra está energizada por una fuente de energía de frecuencia, voltaje e impedancia específicas. Las características del circuito de prueba y su procedimiento serán similares a las indicadas en la Norma C 62.1-1967 (ANSI) 1-7,5.1, o a las recomendadas por la IEC en su Publicación 99-1 (1970), cláusula 64.

/La prueba

La prueba se hará en muestras nuevas que no hayan sido sometidas previamente a ninguna otra prueba, excepto la de voltaje de descarga a frecuencia comercial y la de voltaje residual, las cuales servirán para evaluar, por comparación, los resultados de la prueba de ciclo de servicio.

La prueba consistirá en aplicar 20 ondas de impulso de corriente de 8 x 20 microsegundos con valor pico igual a la corriente nominal de descarga del pararrayos en cuestión, con intervalos de un minuto entre aplicaciones sucesivas.

A continuación de esta prueba y después que la muestra se haya enfriado aproximadamente a la temperatura ambiente, se practicarán en ella nuevamente las pruebas de voltaje de descarga a frecuencia comercial y de voltaje residual. El diseño se considerará adecuado si: i) no hay daño físico evidente, y ii) los voltajes de descarga a frecuencia comercial y residual no se incrementan en más del 10 por ciento del valor obtenido antes de esta prueba de ciclo de servicio.

5. Voltajes anormales del sistema

Se aplicará lo indicado en la Norma CRNE-11 "Criterios de diseño eléctrico para redes de distribución de energía eléctrica"

6. Clasificación de sistemas

Se aplicará lo indicado en la Norma CRNE-11.

7. Selección de pararrayos

La selección de un pararrayos se hará con base en el tipo y en el voltaje máximo entre fases del sistema en el que se instalará. (Véase el cuadro 7.)

Cuadro 7

VOLTAJES MAXIMOS DE SISTEMAS Y SUS CORRESPONDIENTES VOLTAJES
NOMINALES DE PARARRAYOS

(kV)

Voltaje nominal del pararrayos	Voltaje máximo entre fases		
	Sistemas de neutro atomizado		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C
9	12.8	11.25	9
12	15	15	12
15	18	18	15
20	-	25	20
25	-	30	25
30	-	37	30
37	-	46	37
40	-	50	40
50	-	60	50
60	-	73	60
73	-	90	73
90	121	110	90
96	128	121	97
108	145	136	109
120	161	150	121
144	192	180	145
168	224	200	169
180	242	225	180
192	255	245	195
240	320	300	242

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-22

Disyuntores de potencia

INDICE

	<u>Página</u>
1. Condiciones de servicio	127
a) Temperatura del aire ambiente	127
b) Altitud	127
2. Valores nominales	127
a) Voltajes nominales	127
b) Corrientes nominales de operación continua	128
c) Capacidades nominales interruptivas y su coordinación con otros valores	129
d) Tiempos nominales de interrupción y tiempos de retraso	131
e) Frecuencia nominal	131
f) Nivel de aislamiento	132
g) Aumentos de temperatura	134
h) Voltajes de control para los circuitos auxiliares de disyuntores de potencia y sus variaciones permitidas	134

Esta norma se aplicará a disyuntores para circuitos de corriente alterna de tensiones eléctricas superiores a 600 voltios y 60Hz, diseñados para operar bajo las siguientes condiciones de servicio.

1. Condiciones de servicio

a) Temperatura del aire ambiente

	<u>Grados centígrados</u>
Máxima	40
Promedio del día	30
Mínima para disyuntores tipo interior	-5
Mínima para disyuntores tipo intemperie	-10

b) Altitud

No mayor de mil metros sobre el nivel del mar.

2. Valores nominales

a) Voltajes nominales

Los disyuntores de potencia se especificarán con dos voltajes nominales:

- i) El voltaje nominal mínimo, y
- ii) El voltaje máximo del sistema para el que el disyuntor está diseñado.

Se adoptarán dos grupos de voltajes nominales, según se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1
VOLTAJES NOMINALES

Grupo 1 ^{a/} Voltajes (kV)		Grupo 2 ^{b/} Voltajes (kV)		
Nominal del sistema <u>c/</u>	Máxima del equipo	Nominal del sistema	Máxima del equipo	Mínima del equipo
(15)	17.5	13.2	15.0 ^{d/}	-
-	-	13.2	15.5	-
-	-	24.9	-	-
(30)	36.0	34.5	38.0	23
(45)	52.0	46.0	48.3	40
69	72.5	69.0	72.5	66
-	-	115.0	121.0	110
-	-	138.0	145.0	132
-	-	230.0	242.0	220

a/ Referencia IEC.

b/ Referencia ANSI.

c/ Tensiones nominales no normalizadas por el CRNE.

d/ Para disyuntores de potencia tipo interior.

b) Corrientes nominales de operación continua

Se considerarán normales las corrientes nominales siguientes:

Corrientes de operación continua nominales
(amperios)

200
250
315
400
500
600^{a/}
630
800
1 200
1 250
1 600
2 000

a/ Se preferirá este valor al de 630 amperios.

/c) Capacidades

c) Capacidades nominales interruptivas y su coordinación con otros valores.

Las capacidades nominales interruptivas y las diferentes combinaciones entre voltajes y corrientes normales de operación continua se presentan en los cuadros 2 y 3.

Cuadro 2

COORDINACION DE VALORES NOMINALES^{a/}

Del sistema	Voltajes nominales Máxima de diseño del disyuntor	Capacidades interruptivas trifásicas simétricas (MVA)	Corrientes nominales de operación continua (Amperios)					
			400	630	800 ^{b/}	1 250	1 600	2 500
15	17.5	150	400	630	800			
		250	400	630	800	1 250		
		350		630	800	1 250		
		500		630	800	1 250		
		750		630	800	1 250		
		1 000				1 250		
30	36	350	400 ^{b/}	630	800			
		500	400 ^{b/}	630	800			
		750	400		800	1 250		
		1 000		630	800	1 250		
		1 500				1 250		
		2 500				1 250		
45	52	500		630	800			
		1 000		630	800	1 250		
		1 500				1 250		
60	72.5	750		630	800			
		1 000		630	800			
		1 500		630	800	1 250		
		2 500				1 250		

^{a/} Referencia IEC.

^{b/} Valores alternos a 630 A, aunque se preferirá este último.

Cuadro 3

COORDINACION DE VALORES NOMINALES^{a/}

Del sistema (kV)	Voltajes nominales Máxima de diseño del disyuntor (kV)	Capacidades interruptivas trifásicas simétricas (MVA)	Corrientes nominales de operación continua (amperios)		
			600	1 200	2 000
13.2	15 ^{b/}	150	600	1 200	
		250		1 200	2 000
		500		1 200	2 000
		750		1 200	2 000
13.2	15.5	100	600		
		250	600	1 200	
		500		1 200	
		1 000		1 200	
34.5	38.0	500	600	1 200	
		1 000		1 200	
		1 500		1 200	
46	48.3	500	600		
		1 500		1 200	
69	72.5	1 000	600		
		1 500		1 200	
		2 500		1 200	

/(Continúa)

Cuadro 3 (Conclusión)

Del sistema (kV)	Voltajes nominales Máxima de diseño del disyuntor (kV)	Capacidades interruptivas trifásicas simétricas (MVA)	Corrientes nominales de operación continua (amperios)			
			600	800	1 200	1 600
115	121	1 500	600			
		2 500	600			
		3 500		800	1 200	
		5 000		800	1 200	
		10 000				1 600
138	145	1 500	600			
		2 500	600			
		3 500		800	1 200	
		5 000		800	1 200	
		7 500			1 200	1 600
230	245	3 500		800		
		5 000		800	1 200	
		7 500			1 200	1 600
		10 000			1 200	1 600
		15 000				1 600
		20 000				1 600

a/ Valores que se usan en los Estados Unidos de Norteamérica.

b/ Para disyuntores de potencia tipo interior.

d) Tiempos nominales de interrupción y tiempos de retraso

El tiempo de interrupción nominal es el tiempo máximo que transcurre entre el instante en que se energiza la bobina de disparo y el instante en que se interrumpe el circuito.

En el cuadro 4 se indican los tiempos de interrupción nominales para los diferentes tipos de disyuntores de potencia, y sus respectivos tiempos de retraso.

e) Frecuencia nominal

La frecuencia nominal será de 60 hertz.

Cuadro 4

TIEMPOS NOMINALES DE INTERRUPCION Y TIEMPOS DE RETRASO

Voltaje nominal máximo del disyuntor (kV)	Tipo de disyuntor de potencia	Tiempo nominal de interrupción (ciclos) <u>b/</u>	Tiempo de retraso (segundos)
15.0	Interior, sumergido en aceite	8	-
15.0	Interior, otros sistemas sin aceite	5	2
(24.9) ^{a/}	Interior, otros sistemas sin aceite	-	-
38	Intemperie, sumergido en aceite	5	2
48.3	Intemperie, sumergido en aceite	5	2
38	Intemperie, otros sistemas sin aceite	5	2
72.5	Intemperie, otros sistemas sin aceite	3	2
121	Intemperie, otros sistemas sin aceite	3	1
145	Intemperie, otros sistemas sin aceite	3	1
242	Intemperie, otros sistemas sin aceite	3	1

^{a/} A determinarse posteriormente.

^{b/} Para frecuencia de 60 hertz.

f) Nivel de aislamiento

El nivel de aislamiento de un disyuntor de potencia es la combinación de su voltaje máximo nominal y sus correspondientes voltajes de prueba al impulso y baja frecuencia.

Normalmente el nivel de aislamiento de un disyuntor se especificará por el voltaje máximo nominal y su tensión eléctrica de prueba al impulso, valores que deberán indicarse en la placa de datos.

En los cuadros 5 y 6 se indican los valores normales de niveles de aislamiento.

Factores de corrección por altitud para los niveles de aislamiento de aislamientos externos

El efecto de la disminución de la densidad del aire a mayores altitudes es reducir el voltaje de arco para una distancia determinada. La rigidez dieléctrica de aparatos que dependen total o parcialmente del aire para su aislamiento decrece cuando la altura aumenta. La rigidez dieléctrica a 1 000 m.s.n.m. o menos para una determinada clase de aislamiento será multiplicada por el correspondiente factor de corrección por altitud, para obtener la rigidez dieléctrica a la altura requerida.

/Cuadro 5

Cuadro 5

NIVELES DE AISLAMIENTO^{a/}

Voltaje máximo del sistema (kV)	Voltaje de prueba al impulso (NBI) (kV cresta)	Voltaje de prueba a baja frecuencia Un minuto de duración	
		Para pruebas de prototipo (kV)	Para pruebas de rutina (kV)
17.5	95	45	38
36.0	170	75	70
52.0	250	105	95
72.5	325	140	140

^{a/} Referencia IEC.

Cuadro 6

NIVELES DE AISLAMIENTO^{a/}

Voltaje nominal del sistema (kV)	Voltaje máximo nominal del disyuntor (kV)	Voltaje de prueba al impulso. Onda de 1.5 x 40 microsegundos, positiva o negativa (NBI) (kV pico)	Voltaje de prueba a baja frecuencia. Un minuto de duración (kV)
13.2	15.0 ^{a/}	95	36
13.2	15.5	110	50
24.9 ^{b/}			
34.5	38.0	200	80
46.0	48.3	250	105
69.0	72.5	350	160
115.0	121.0	550	260
138.0	145.0	650	310
230.0	242.0	900	425

^{a/} Referencia ANSI.^{b/} A determinarse posteriormente.^{c/} Para disyuntores tipo interior.

FACTORES DE CORRECCION POR ALTITUD PARA LA RIGIDEZ
DIELECTRICA, PARA ALTURAS MAYORES DE 1 000 m.s.n.m.

Altitud		Factores de corrección
Metros	Pies	
1 000	3 300	1.0
1 200	4 000	0.98
1 500	5 000	0.95
1 800	6 000	0.92
2 100	7 000	0.89
2 400	8 000	0.86
2 700	9 000	0.73
3 000	10 000	0.80
3 600	12 000	0.75
4 200	14 000	0.70
4 500	15 000	0.67

g) Aumentos de temperatura

El aumento de temperatura de cualquier parte de un disyuntor es la diferencia entre su temperatura y la temperatura ambiente. En el cuadro 7 se presentan los valores de aumento de temperatura para distintas partes de un disyuntor y las temperaturas máximas de esas partes, sobre una temperatura ambiente máxima de 40°C.

h) Voltajes de control para los circuitos auxiliares de disyuntores de potencia y sus variaciones permitidas

Los voltajes de control y sus variaciones permitidas serán los que se mencionan en el cuadro 8.

Cuadro 7

LIMITES DE AUMENTOS DE TEMPERATURA DE PARTES DE UN
DISYUNTOR DE POTENCIA

(Grados centígrados)

Naturaleza de la parte o del líquido	Temperatura máxima	Aumento máximo de temperatura
Contactos de cobre en aire		
Plateados	105	65
Sin platear	75	35
Contactos de cobre en aceite		
Plateados	90	50
Sin platear	75	35
Terminales que se conecten a conductores externos	85	45
Partes metálicas que actúen como resortes ^{a/}		
Partes metálicas en contacto con aisla- miento de las siguientes clases		
Clase Y (90°C)	90	50
Clase A (105°C)	105	65
Clase B (130°C) en aire	130	90
Enamel		
Base de aceite	100	60
Sintético, en aire	120	80
Sintético, en aceite	100	60
Cualquier parte de metal o de material aislante en contacto con el aceite	100	60
Aceite	80	40
Agua para cámaras de extinción	70	30

^{a/} La temperatura que alcancen las partes metálicas actuando como resortes será tal que la elasticidad del metal no cambiará.

Cuadro 8

VOLTAJES DE CONTROL Y SUS VARIACIONES PERMITIDAS

Voltaje nominal (voltios)	Control	Fuente de alimentación		Rango de voltaje de disparo
		Mecanismo de cierre operado por solenoide o motor	Mecanismo de cierre operado por energía almacenada <u>a/</u>	
<u>Corriente directa</u>				
24 ^{b/}	-	-	-	14- 30
48	-	-	-	28- 60
125	90-130	90-130	90-130	70-140
250	180-260	180-260	180-260	140-280
<u>Corriente alterna</u>				
115	95-125	-	95-125	95-125
230	190-250	190-250	190-250	190-250

a/ Aire comprimido o mecanismo de resorte.

b/ Se recomienda sólo cuando el disyuntor esté localizado cerca de la batería y del relevador y se utilicen conductores adecuados entre el acumulador y la bobina de disparo.

BIBLIOGRAFIA

1. IEC Standard Voltages. Publication 38 (1967).
2. IEC Standard Current Ratings. Publication 59 (1938).
3. Terminal Markings and Connection for Distribution and Power Transformers. ASA C57.12.70 - 1964.
4. General Requirements for Distribution, Power and Regulating Transformers, and Shunt Reactors. USAS C57.12.00 - 1968.
5. American National Standard Requirements for Transformers 138 000 Volts and Below, 501 through 10 000/13 333/16 667 kVA, single phase; 501 through 30 000/40 000/50 000 kVA, three phase. ANSI C57.12.10 - 1969.
6. Power Transformers. IEC, Publication 76 (1967).
7. Requirements for Instrument Transformers. USAS C57.13 - 1968.
8. Current Transformers. IEC, Publication 185 (1966).
9. Voltage Transformers. IEC, Publication 186 (1969).
10. Distribution Cutouts and Fuse Links, Secondary Fuses, Distribution Enclosed Single-Pole Air Switches, Power Fuses, Fuse Disconnecting Switches, and Accessories. ASA C37.41 - 1962.
11. American Standard Specification for Power Fuses and Fuse Disconnecting Switches. ASA C37.46 - 1962.
12. High Voltage Fuses:
Part 1: Current-Limiting Fuses. IEC, Publication 282 (1968).
Part 2: Expulsion and Similar Fuses. IEC, Publication 282-2 (1970).
13. USA and IEEE Standard for Lightning Arresters for Alternating-Current Power Circuits. USAS C62.1 - 1967.
14. Standards Publication for Lightning Arresters. NEMA, Publication 99-1 1970.
15. Lightning Arresters. Part 1. Non-Linear Resistors Type Arresters for A. C. Systems. IEC, Publication 99-1 (1970).

16. Specification for Alternating-Current Circuit-Breakers. IEC, Publications 56-1 (1954), 56 1A (1959), 56-1B (1962), 56-2 (1955), 56-3 (1959), 56-4 (1959), 56-5 (1963), 56-6(1963) and 56-7 (1963).
17. Preferred Ratings for Power Circuit-Breakers. ASA C37.6 - 1964.
18. Preferred Ratings and Related Required Capabilities for A.C. High-Voltage Circuit Breakers. ASA C37.06 - 1964.