



NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



LIMITADO  
E/CN.12/CCE/SC.5/91  
CCE/SC.5/CRNE/VIII/8/Rev.1  
Octubre de 1972

ORIGINAL: ESPAÑOL

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

INFORME DE LA OCTAVA REUNION DEL COMITE REGIONAL DE  
NORMAS ELECTRICAS (CRNE)

(Guatemala, 4 a 9 de octubre de 1972)



INDICE

	<u>Página</u>
Introducción	1
I. Antecedentes	3
II. Octava reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas (CRNE)	5
A. Sesión inaugural. Organización de las labores y asistencia	5
B. Temario	7
C. Resumen de los debates	10
1. Avances logrados desde la séptima reunión	10
2. Publicación de un Manual de Normas CRNE	11
3. Bases para la compra conjunta de materiales y equipo eléctrico	11
4. Actividades futuras del CRNE	12
5. Evaluación de la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional de Normas Eléctricas	13
6. Criterios de diseño y de normas para la selección de equipo de subestaciones en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica	14
a) Transformadores de potencia	14
b) Transformadores de medición	15
c) Equipo de protección	16
7. Alumbrado público	17
8. Laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico	19
9. Lugar y fecha de la próxima reunión	22
10. Manifestaciones de agradecimiento	22

	<u>Página</u>
III. Resoluciones aprobadas	23
45 (CRNE) Programa de trabajo del Comité Regional de Normas Eléctricas y extensión del contrato del experto regional	25
46 (CRNE) Evaluación sobre la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional	
47 (CRNE) Normalización de criterios para la selección de equipos de subestaciones en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica y el diseño y especificaciones de sistemas de alumbrado público	28
48 (CRNE) Laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico	29
49 (CRNE) Integración de los Comités Nacionales de Normas Eléctricas	31
50 (CRNE) Lugar y fecha de la próxima reunión	32

#### Anexos

A Programa de trabajo del experto regional	A-3
B Norma de trabajo CRNE-17: Transformadores de potencia	A-5
C Norma de trabajo CRNE-18: Transformadores de corriente	A-25
D Norma de trabajo CRNE-19: Transformadores de potencial	A-43
E Norma de trabajo CRNE-20: Cortacircuitos fusibles de potencia	A-61
F Norma de trabajo CRNE-21: Pararrayos	A-85
G Norma de trabajo CRNE-22: Disyuntores de potencia	A-105
H Norma de trabajo CRNE-23: Criterios de diseño y especificaciones de equipo y materiales para el alumbrado público	A-119

## INTRODUCCION

Este informe reseña las actividades de la octava reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas (CRNE), celebrada en la ciudad de Guatemala, República de Guatemala, del 4 al 9 de octubre de 1972. Fue aprobado en la sesión de clausura que tuvo lugar el último día de la reunión.



## I. ANTECEDENTES

El Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos, a quien los países del Istmo han encomendado el estudio, orientación y dirección del desarrollo eléctrico integrado en el área centroamericana, creó el Comité Regional de Normas Eléctricas (CRNE),<sup>1/</sup> con miras al establecimiento de criterios uniformes de diseño y construcción para sistemas de transmisión y distribución y la normalización de materiales y equipos utilizados por la industria eléctrica en Centroamérica. El mismo Comité Regional acordó la instalación de un Grupo de Trabajo sobre Codificación<sup>2/</sup> para que se hiciera cargo de la elaboración de un catálogo general uniforme de los materiales y el equipo que utilizan las empresas eléctricas del área, con el fin de facilitar su unificación progresiva, así como las compras conjuntas de las empresas para que obtengan en el futuro las consiguientes economías de escala en las adquisiciones de estos elementos.

El Comité Regional, durante sus siete reuniones anteriores<sup>3/</sup> aprobó diversas normas de trabajo.<sup>4/</sup> Para su elaboración, decidieron también las empresas del Istmo contratar un experto regional en normas eléctricas al que se le ha señalado en cada reunión un programa de trabajo concreto.

También determinó el Comité un procedimiento, de acuerdo con el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), para que las normas de trabajo que aprobara pudieran ser adoptadas con carácter general para todas las industrias de Centroamérica.

En septiembre de 1971 quedó concluido el Catálogo General Uniforme de Codificación de Materiales y Equipo, con un total de más de 11 000 rubros<sup>5/</sup>

<sup>1/</sup> Resolución 19 (SC.5), del 9 de septiembre de 1966.

<sup>2/</sup> Resolución 15 (CRNE), del 23 de septiembre de 1968.

<sup>3/</sup> Managua, diciembre de 1966; Tegucigalpa, mayo de 1968; Panamá, septiembre de 1968; Guatemala, marzo de 1969; Costa Rica, diciembre de 1969; Managua, septiembre de 1970; Panamá, septiembre de 1971.

<sup>4/</sup> Véanse los informes de la Tercera a la Séptima Reunión del CRNE (E/CN.12/CCE/SC.5/64; SC.5/67; SC.5/69; SC.5/80 y E/CN.12/CCE/SC.5/85).

<sup>5/</sup> Véase Catálogo General Uniforme de Codificación de Equipos y Materiales Eléctricos del Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/3).

que se sometió a consideración de las delegaciones durante la Octava Reunión del Comité, aparte de los asuntos que se detallan en el temario que figura más adelante.

El informe que sigue, resume lo discutido y acordado por el Comité Regional de Normas Eléctricas durante su octava reunión.



## II. OCTAVA REUNION DEL COMITE REGIONAL DE NORMAS ELECTRICAS (CRNE)

### A. Sesión inaugural, Organización de las labores y asistencia

La octava reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas, organismo del Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos tuvo lugar en el Auditorio del Banco de Guatemala, ciudad de Guatemala, del 4 al 9 de octubre de 1972. Inauguró la reunión el Ingeniero José Felix Reyes Arriola, Ministro de Comunicaciones y Obras Públicas, quien dio la bienvenida a las delegaciones en nombre del Señor Presidente de la República, expresando el deseo de que las discusiones condujeran a la aprobación de acuerdos beneficiosos para el desarrollo económico de todos los países de Centroamérica, entre los que debe considerarse siempre incluido Panamá, según dijo, por razones evidentes.

El Ingeniero Fidel C. Mackay, Jefe del Departamento de Planeamiento del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), de Panamá, agradeció en nombre de las delegaciones las palabras del Ministro.

A continuación quedaron designados Director de Debates y Relator de la reunión los señores Renato Fernández Rivas, Jefe del Departamento de Proyectos del Instituto Nacional de Electrificación (INDE) de Guatemala y Rolando Vargas B., Subjefe del Departamento Técnico del Servicio Nacional de Electricidad (SNE), de Costa Rica, respectivamente.

Las Delegaciones asistentes quedaron integradas como sigue:

#### a) Delegaciones de los países

##### Guatemala

Instituto Nacional de Electrificación  
(INDE)

Joaquín Godoy Orantes  
César Borges  
Renato Fernández R.  
Manuel A. Morales M.  
Sergio A. Chocano  
Rene Woc  
Luis José Figueroa F.  
Marco A. Dávila R.  
Adolfo Zosel B.  
Carlos Enrique Quintana

Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A.  
(EEGSA)

Julio Obiols Gómez  
Rodolfo Santizo R.

/El Salvador

El Salvador

Inspección General de Servicios  
Eléctricos (IGSE)

Mauricio A. Posada

Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica  
del Río Lempa (CEL)

Noel Espinoza Ch.  
Mauricio Vásquez A.

Compañía de Alumbrado Eléctrico de  
San Salvador, S. A.

Manuel A. Rodríguez

Comité Nacional de Normas Eléctricas

José Mauricio Miranda

Honduras

Empresa Nacional de Energía  
Eléctrica (ENEE)

Gilberto Young Torres  
Rafael Echeverría A.  
Manuel A. Torres Rivera

Nicaragua

Instituto Nacional de Energía Eléctrica  
(INEE)

Eddy Zamora

Empresa Nacional de Luz y Fuerza  
(ENALUF)

Edgard Machado A.  
Manuel Guerrero Obando

Costa Rica

Servicio Nacional de Electricidad  
(SNE)

Gastón Bartorelli  
Rolando Vargas B.

Instituto Costarricense de  
Electricidad (ICE)

José Fernández  
Armando Balma Esquivel

Compañía Nacional de Fuerza y Luz  
(CNFL)

Hermann Herrera Ugalde

Panamá

Instituto de Recursos Hidráulicos y  
Electrificación (IRHE)

Fidel C. Mackay  
Antonio Chin Checa  
Eduardo E. Aguilar  
Nestor E. Sánchez D.  
Jorge Alberto Grajales

b) Organismos Regionales

Secretaría del Tratado General de  
Integración Económica (SIECA)

Raúl Valdez Ramírez

Instituto Centroamericano de  
Investigación y Tecnología  
Industrial (ICAITI)

Joaquín Bayer

Banco Centroamericano de  
Integración Económica (BCIE)

René Barbier

Asistió también en representación de la Oficina Regional para Centroamérica del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNVA) el señor Roberto Mac Eachen.

Por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), participaron los señores Porfirio Morera Batres (Director Adjunto de la Subsección en México), Ricardo Arosemena, Rafael Carrillo Lara, (OCT), Luis Armando Rodríguez (Experto Regional), Daniel Barrios-Morales F., (OCT), Enrique Díez-Canedo.

Las delegaciones aprobaron sin modificación el calendario provisional de labores preparado por la Secretaría de la CEPAL y el temario provisional presentado también por la misma, que sigue a continuación:

B. Temario

1. Inauguración
2. Elección de Presidente y Relator
3. Examen y aprobación del temario (CCE/SC.5/CRNE/VIII/1)
4. Organización de las labores (CCE/SC.5/CRNE/VIII/DT.1)
5. Programa regional de normas eléctricas
  - a) Avances logrados desde la séptima reunión
  - b) Sistema de codificación uniforme de materiales y equipos eléctricos
  - c) Publicación de un Manual de Normas CRNE
  - d) Bases para la compra conjunta de materiales y equipos eléctricos
  - e) Actividades futuras del CRNE

Documentación

Informe de la Secretaría al Comité Regional sobre el Programa de Normas Eléctricas (octubre de 1971 a septiembre de 1972)  
(CCE/SC.5/CRNE/VIII/2)

Catálogo General Uniforme de Codificación de Equipos y Materiales Eléctricos del Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/3)

6. Evaluación sobre la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional de Normas Eléctricas

Documentación

Observaciones sobre la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional de Normas Eléctricas  
(CCE/SC.5/CRNE/VIII/4 y Add. 1)

Documentación de referencia

Informe de las siguientes reuniones del CRNE:

- Tercera (E/CN.12/CCE/SC.5/64)
- Cuarta (E/CN.12/CCE/SC.5/67)
- Quinta Vol. III (E/CN.12/CCE/SC.5/69)
- Sexta (E/CN.12/CCE/SC.5/80)
- Séptima (E/CN.12/CCE/SC.5/85)

7. Criterios de diseño y de normas para la selección de equipo y materiales en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica para equipo de subestaciones

- a) Transformadores de potencia
- b) Transformadores de medición
- c) Equipo de protección

Documentación

Proyectos de normas de trabajo para la selección de equipo de subestación en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica: (CCE/SC.5/CRNE/VIII/5 y Add. 1)

- 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

Lista de equipos de subestaciones de algunas empresas eléctricas del Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/DT.2)

8. Criterios de diseño y especificaciones de equipo y materiales para el alumbrado público

Documentación

Proyecto de norma CRNE-23. Criterios de diseño y especificaciones de equipos y materiales para el alumbrado público (CCE/SC.5/CRNE/VIII/6 y Add. 1)

9. Laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico

Documentación

Estudio para el establecimiento de un laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico en el Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/7)

10. Otros asuntos
11. Lugar y fecha de la próxima reunión
12. Examen y aprobación del informe del Relator (CCE/SC.5/CRNE/VIII/8)
13. Clausura

C. Resumen de los debates

1. Avances logrados desde la séptima reunión

El Comité Regional conoció el resumen de las actividades llevadas a cabo por el experto regional, con la colaboración de la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos de la CEPAL, referentes al programa de trabajo 1970-71, que contiene el Informe de la Secretaría al Comité Regional sobre el Programa de Normas Eléctricas (octubre de 1971-septiembre de 1972) (CCE/SC.5/CRNE/VIII/2.)

Dichas actividades incluyeron: a) Codificación de materiales y equipos; b) Estudio evaluativo del estado de aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el CRNE; y c) Elaboración de siete proyectos de normas de trabajo, seis de las cuales se refieren a transformadores de potencia; transformadores de corriente; transformadores de potencial; fusibles de potencia; pararrayos, y disyuntores de potencia en sistemas de subtransmisión y transmisión; y la séptima a criterios de diseño y especificaciones para instalaciones de alumbrado público.

Las tareas anteriores se presentaron a consideración de las delegaciones asistentes a la octava reunión del Comité Regional en los documentos: Catálogo General Uniforme de Codificación de Equipos y Materiales Eléctricos del Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/3); Observaciones sobre la aplicación de las Normas de Trabajo aprobadas por el Comité Regional de Normas Eléctricas (CCE/SC.5/CRNE/VIII/4 y Add.1); Proyectos de normas de trabajo para la selección de equipo de subestaciones en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica.

(Normas 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 (CCE/SC.5/CRNE/VIII/5 y Add. 1); y Proyecto de Norma CRNE-23, Criterios de diseño y especificaciones de equipos y materiales para el alumbrado público (CCE/SC.5/CRNE/VIII/6 y Add. 1).

Financiamiento especial obtenido por la CEPAL permitió llevar a cabo una serie de investigaciones solicitadas por el CRNE incluidas en el documento titulado Estudio para el establecimiento de un laboratorio

regional de pruebas de material y equipo eléctrico en el Istmo Centroamericano, (CCE/SC.5/CRNE/VIII/7), que también fue presentado a consideración del Comité Regional.

## 2. Publicación de un Manual de Normas CRNE

Los delegados fueron informados de las gestiones realizadas por la secretaría para la impresión por el departamento editorial del Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP) de un manual de hojas removibles con las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional. Para que la publicación resultara económicamente factible se consideró que se precisaría la impresión de un mínimo de 500 ejemplares, cifra muy por encima de las solicitudes recibidas hasta el momento: SNE (Costa Rica) 100 ejemplares; IRHE (Panamá) 100; CEL (El Salvador) 50; EEGSA (Guatemala) 6; y ENALUF (Nicaragua) 6. Los delegados estimaron, sin embargo, que las necesidades de las empresas eléctricas de sus respectivos países podrían ser de 100 ejemplares para Panamá; 150 para Costa Rica; 100 para Nicaragua; 30 para Honduras; 150 para El Salvador y 100 para Guatemala, con lo cual se obtendría un total de 630 ejemplares y podría encargarse el trabajo. Los delegados se comprometieron a gestionar ante sus empresas las solicitudes oficiales respectivas a la brevedad del caso.

## 3. Bases para la compra conjunta de materiales y equipo eléctrico

La Secretaría señaló la débil acogida que habían tenido los anteproyectos de convenio sobre bases para la compra conjunta de materiales y equipos aprobados en la séptima reunión del CRNE y puestas a consideración de los organismos eléctricos para comentarios de sus respectivos departamentos legales. Se explicó que sólo un organismo había enviado sus observaciones a la Secretaría, que por su parte las había remitido a todos los miembros del CRNE. La delegación de otro país presentó en la reunión copia parcial de un borrador con comentarios recibidos de sus asesores (documento CCE/SC.5/VIII/DI.2).

/Después de

Después de un breve intercambio de opiniones, el Grupo consideró que la naturaleza especializada del tema requería que se encomendase su análisis a los cuerpos legales de los respectivos países. A dichos efectos, y a propuesta de una de las delegaciones, se acordó por unanimidad el compromiso de los delegados presentes de gestionar la obtención a corto plazo de las opiniones legales solicitadas por la Secretaría de la CEPAL antes mencionadas. Asimismo se reiteró la necesidad de que dichas opiniones se enviaran a la Secretaría de la CEPAL para que las pusiese en conocimiento del resto de los países.

#### 4. Actividades futuras del CRNE

Para la discusión de este importante punto del temario los delegados contaron con el Anexo B del informe presentado por la Secretaría en el que se incluían dos alternativas de actividades futuras elaboradas con base en extensiones de 6 o de 12 meses del contrato del experto regional. Se acordó que su contrato se prorrogará un año adicional en vista de las actividades a realizar, y que la totalidad del tiempo del experto fuese dedicada a trabajos directamente relacionados con la elaboración de normas y reglamentos para obras destinadas a la utilización de la energía eléctrica, eliminándose de su programa de trabajo la asistencia técnica a las empresas en la aplicación de las normas aprobadas y del sistema uniforme de codificación, así como en la realización de compras conjuntas.

En materia del procedimiento a seguir, unas delegaciones apoyaron la proposición de elaborar el código eléctrico a base de una primera etapa que cubriría solamente instalaciones residenciales y pequeños comercios e industrias, seguida por una segunda en la que se completaría el Código con la adición de la reglamentación correspondiente a grandes industrias e instalaciones en general. Otras abogaron por la elaboración desde un principio de un Código general único, argumentando que por este sistema se evitaría a la postre cierta duplicación de esfuerzos. En relación con esta última alternativa algunos delegados consideraron que implicaba cierto riesgo, puesto que la extensión y complejidad de un código general completo podría requerir más tiempo del disponible y ello condicionaría

/la terminación



la terminación de los trabajos a la aprobación de una nueva extensión del contrato del experto regional por un período adicional a los doce meses ya acordados. Finalmente se aprobó el sistema de las dos fases propuesto originalmente por la Secretaría.

El Comité regional acordó recomendar a las empresas que aún no lo hubieran hecho, gestionar la aprobación oficial a la extensión por un año del contrato del experto regional para que pudiesen quedar concluidas las tareas que se le habían encomendado. A tal fin aprobó la resolución 45 (CRNE). En el anexo A figura el programa de trabajo acordado para el tiempo de extensión del contrato del experto regional.

5. Evaluación de la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional de Normas Eléctricas

Los delegados conocieron el informe elaborado por el experto regional titulado Observaciones sobre la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional de Normas Eléctricas (CCE/SC.5/CRNE/VIII/4) que describe el grado de aplicación que han tenido las normas aprobadas por el CRNE; analiza las causas que han dificultado la utilización generalizada y presenta recomendaciones para resolver los principales problemas encontrados al respecto. Se destacó el hecho de que la aplicación de las normas habrá de mejorar considerablemente tan pronto como las empresas cuenten con suficientes ejemplares del Manual cuya impresión se está gestionando, como se explica en el punto 2 anterior.

Las delegaciones convinieron en que las tablas y gráficas que hacen falta para incorporar las condiciones locales de temperatura, velocidades de viento, etc. en el diseño de conductores de líneas aéreas, de acuerdo con los criterios normalizados, deberán ser elaboradas por las propias empresas cuando las consideren necesarias, y ser comunicadas después al resto de los países para evitar posibles duplicaciones de esfuerzos. También acordaron solicitar de la Secretaría que gestione ante el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA) la actualización de mapas regionales sobre condiciones críticas de temperaturas y vientos que permita la definición más precisa de las zonas de carga mecánica en cada uno de los

/países del

países del Istmo. Además expresaron su apoyo a la conveniencia de promover, a través de los organismos regionales e internacionales competentes, la industrialización de los materiales y equipos utilizados en la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, como uno de los beneficios básicos que se derivan del programa regional de normas eléctricas.

Finalmente, las delegaciones confirmaron los resultados presentados en el informe del experto antes mencionado y se manifestaron de acuerdo con sus recomendaciones. Se aprobó a este respecto la resolución 46 (CRNE).

6. Criterios de diseño y de normas para la selección de equipo de subestaciones en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica

Para el examen de este punto del temario, el Comité Regional dispuso del documento CCE/SC.5/CRNE/VIII/5 y Add. 1, elaborado por el experto regional, en el que se incluyen los proyectos de normas: CRNE-17 Transformadores de potencia; CRNE-18 Transformadores de corriente; CRNE-19 Transformadores de potencial; CRNE-20 Fusibles de potencia; CRNE-21 Pararrayos y CRNE-22 Disyuntores de potencia.

a) Transformadores de potencia

En lo que respecta a este proyecto de norma, las deliberaciones se orientaron inicialmente hacia la conveniencia de incluir en ella los transformadores para sistemas de 230 kV, por tratarse de un voltaje normalizado en el Istmo Centroamericano y existir varios proyectos de importancia en el área que contemplan el uso de dicha tensión eléctrica. Ello no obstante, se señaló que los transformadores de potencia de 230 kV no están normalizados por la ANSI, por lo que sería preciso revisar detenidamente el proyecto presentado, antes de incluir dicho voltaje. Prevalció la opinión de excluir de momento dicha tensión eléctrica, y se solicitó del experto una revisión posterior de la norma aprobada con el objeto de ampliarla hasta 230 kV. Los valores correspondientes a las características de los transformadores aludidos serán notificados a los miembros del CRNE para su conocimiento y

/aprobación

aprobación oportuna. Con respecto al alcance de la norma, se decidió eliminar los transformadores tipo seco. Además, se intercambiaron opiniones sobre la conveniencia de reducir o no la variedad de capacidades nominales normales y de eliminar de la norma los transformadores monofásicos, llegándose a la decisión de eliminar únicamente las capacidades de 1 000 y 2 000 kVA en transformadores trifásicos. Respecto a las derivaciones, se acordó aumentar el rango de las mismas a  $\pm 10$  por ciento para operación sin potencial aplicado, y no aceptar la sugerencia de una de las empresas en el sentido de contemplar la posibilidad de normalizar los cambiadores de derivación bajo carga.

Se suscitó un cambio de impresiones entre los delegados sobre el tema de clasificar los transformadores según el método de enfriamiento usado, expresándose por un lado la conveniencia de adoptar la terminología IEC/ISO, y, por otro, la norma norteamericana que es más usual y conocida en el Istmo Centroamericano, llegándose finalmente a la conclusión de adoptar la primera, por su carácter internacional, y aceptar transitoriamente la segunda, mientras se establezca definitivamente en la región la clasificación IEC/ISO.

Con respecto a los niveles de aislamiento propuestos, el Comité decidió eliminar los normalizados por IEC/ISO, y aprobar únicamente los valores ANSI.

Finalmente se expresaron algunas consideraciones relativas a la normalización de auto-transformadores; prevaleció no obstante, la opinión de que el aspecto normativo de estos equipos tendrá que acordarse después de que su uso se generalice en la región.

El Comité aprobó el proyecto de norma presentado, con las modificaciones que aparecen en el anexo B de este informe.

b) Transformadores de medición

Las deliberaciones sobre este tema se basaron en los proyectos de normas relativas a transformadores de corriente y de potencial, en el orden indicado.

/Las normas

Las normas que deben usarse como referencia para la normalización de estos equipos por CRNE, fueron motivo de un extenso debate entre los delegados, prevaleciendo la opinión de eliminar de la propuesta presentada los cuadros de valores pertenecientes a las normas IEC/ISO, para dejar como referencia las normas ANSI o NEMA exclusivamente. Asimismo, el Comité analizó la conveniencia de reducir la gama de valores nominales propuestos, y predominó en definitiva la opinión de aprobar todos los valores nominales incluidos en el documento presentado por el experto regional.

Sobre el tema de la precisión de los transformadores de instrumento, se intercambiaron opiniones sobre la posibilidad de aplicar los distintos valores normales a diferentes propósitos de medición (estadísticos, industriales, etc.), pero se consideró finalmente que ello sería incumbencia individual de cada empresa por lo que no procedía normalizarse el "uso de la precisión". El Comité acordó solicitar del experto la inclusión en la norma de un acápite sobre las marcas de polaridad de los transformadores de medición.

Los proyectos de norma aludidos fueron aprobados por el Comité, con las modificaciones que figuran en el anexo B de este documento.

c) Equipo de protección

Para el análisis de este punto del temario, el Comité contó con los proyectos de normas sobre fusibles de potencia, pararrayos y disyuntores de potencia.

En lo que respecta a los fusibles de potencia, se consideró necesario contar con una nomenclatura uniforme de las diferentes partes que componen estos equipos, y se decidió utilizar en esta norma la terminología adoptada por el CRNE en el sistema de codificación uniforme de equipos y materiales eléctricos. Se consideró innecesaria, por lo tanto, la inclusión de esquemas ilustrativos de los diferentes conceptos usados en las especificaciones de estos fusibles. El Comité acordó eliminar también de esta norma los valores de referencia IEC/ISO.

En lo relacionado con pararrayos, las deliberaciones iniciales demostraron la conveniencia de incluir las definiciones generales dentro de la

/norma de

norma de trabajo CRNE-2 "Definición de unidades eléctricas de medida y vocablos técnicos relacionados con ellas". Hubo consenso en aprobar los voltajes nominales sugeridos por el experto, en el entendido de que los mismos se revisarían posteriormente, para modificar algunos valores que pudieran haber variado en nuevas publicaciones de las normas NEMA. Finalmente se acordó que las referencias IEC/ISO podrían quedar incluidas en esta norma de trabajo, por existir una gran similitud entre los valores normalizados por dicha organización y los que establecen las normas ANSI.

Sobre el tema de disyuntores de potencia, se debatió nuevamente el aspecto relativo a las referencias IEC/ISO, llegándose a la conclusión de eliminarlas de estas normas de trabajo. El Comité consideró conveniente aceptar una sugerencia presentada en el sentido de reducir las corrientes nominales de operación continua, y decidió eliminar de la norma los valores de 250, 500 y 1 600 amperios. En cambio, desechó la sugerencia de normalizar sólo los disyuntores de bajo contenido de aceite en los voltajes nominales de 115 kV y mayores, por descartar dicha condición el uso de cualquier otro tipo de aislante en disyuntores de alto voltaje. Finalmente, el Comité decidió solicitar del experto regional, que investigase la posibilidad de incluir en la norma de restauradores automáticos los de voltaje nominal de 34.5 kV y 69 kV para subestaciones en redes de subtransmisión.

Los proyectos de normas de trabajo aludidos fueron aprobados con las modificaciones que se incluyen en el anexo B de este informe.

#### 7. Alumbrado público

Las deliberaciones sobre este punto del temario se basaron en el documento elaborado por el experto regional CCE/SC.5/CRNE/VIII/6 y Add. 1, en el que aparece el proyecto de norma CRNE-23, Criterios de diseño y especificaciones de equipo y materiales para el alumbrado público.

Los delegados intercambiaron opiniones sobre la forma más conveniente de designar las lámparas recomendadas en la propuesta de norma, expresándose al respecto, por una parte la conveniencia de agregar a la designación propuesta en el documento, la intensidad luminica de cada lámpara y el color de la luz emitida y, por otra parte, que sería inexacto usar dichos

/parámetros

parámetros para designar un tipo de lámpara determinado; prevaleció la opinión de adoptar la designación sugerida por la Secretaría.

Se examinó después la conveniencia de adoptar como normales las lámparas de 100 W; a pesar de su baja capacidad y alto precio relativo, el uso relativamente generalizado de las mismas en la región aconsejó mantenerlas dentro de la norma. Sobre este mismo tema, se compararon los valores de potencia nominal con que se designan las lámparas en Europa y en los Estados Unidos, decidiéndose en definitiva mantener las designaciones de los fabricantes norteamericanos en la forma presentada en el documento de la Secretaría, y se solicitó del experto regional dejar aclarado el significado de la expresión "eléctricamente intercambiable" aplicada a las lámparas de vapor de mercurio.

Con respecto a los límites de aumento de temperatura de balastos, se acordó mantener las clases de aislamiento propuestas en el documento del experto regional, por el hecho de que adoptar una clase determinada implica consideraciones de tipo económico que dependen de la política particular de cada empresa. Se acordó, sin embargo, adoptar la sugerencia de varias delegaciones de incluir una nota referente a los balastos, indicando que habrán de considerarse normales únicamente los de alto factor de potencia.

Al iniciarse las deliberaciones sobre los dispositivos de control, se puso de manifiesto la necesidad de adoptar definiciones de la terminología y las unidades usadas en sistemas de alumbrado público, cuya elaboración se encomendó al experto, y utilizar en el mismo, como en todo documento, las unidades del sistema métrico decimal con la terminología en idioma español, indicando entre paréntesis, cuando se considere necesario, las unidades equivalentes del sistema inglés. El Comité acordó también incluir en la normalización las fotoceldas de voltaje múltiple de 120 y 240 voltios.

En lo referente a los tipos de luminarias, se tendió a determinar, dentro de las clasificaciones existentes en las normas europeas y norteamericanas, la que resultase más conveniente adoptar para el Istmo Centroamericano. En este sentido, se tomó en cuenta el hecho de que existen en la región industrias que fabrican estos equipos con base en diferentes

normas y la necesidad de contar con una terminología apropiada, en idioma español, adaptable a las normas internacionales de la Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) y a las norteamericanas ANSI. Las delegaciones acordaron que se incluyera en esta norma un cuadro comparativo de las diferentes terminologías y definiciones de las normas aludidas y que se cambiaran las definiciones norteamericanas "cut-off", "semi-cut-off", y "non-cut-off", por la terminología de "sin deslumbramiento", "medio deslumbramiento" y "con deslumbramiento", respectivamente, y se agregasen nuevas equivalencias de la terminología norteamericana basadas en las normas ANSI. Se acordó, igualmente, incluir en el cuadro comparativo las definiciones de "corto", "medio" y "largo", y las subdivisiones respectivas, a los diversos tipos de luminarias clasificadas en dichas normas.

Se acordó ampliar las especificaciones de bases de soportes de luminarias para dar cabida a las normas de construcción en postes de concreto, y se aceptó el ofrecimiento de una de las delegaciones de investigar los aspectos mecánicos de los brazos de aluminio, para determinar el punto hasta el que podrían sustituir los brazos de acero. Además acordó el Comité incluir dentro de la normalización los brazos de 12 y 14 pies, y pasar la sección referente a brazos de suspensión a las especificaciones de brazos y soportes, sin mencionar el tipo de material de que estuvieran contruidos y con la única indicación de que fuera suficientemente resistente a esfuerzos mecánicos y a la intemperie.

El Comité aprobó el proyecto de norma presentado por la Secretaría, con las modificaciones que se anotan en el anexo B de este informe.

### 8. Laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico

Los delegados conocieron el informe Estudio para el establecimiento de un laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico en el Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/7), del que se hizo una amplia exposición.

Se explicaron detalladamente los objetivos y funciones a que se destinaría el laboratorio regional, para cuyo estudio se reunió amplia información referente, entre otros aspectos, a instrumental disponible en la

/actualidad

actualidad en el área centroamericana y a diversas pruebas que se realizan en los laboratorios de la región, aparte de mencionarse algunos promedios anuales de compras de equipo electromecánico que adquieren las principales empresas del Istmo; se detallaron, asimismo, las pruebas de que se podría hacer cargo el laboratorio regional y las normas para las mismas. Se destacó la metodología que se había seguido para definir la organización del mismo en la forma que pudiera resultar más conveniente a las necesidades de la industria eléctrica, tanto a nivel regional como al de cada uno de los seis países. El laboratorio podría quedar constituido a base de seis unidades locales, que se utilizarían para las pruebas rutinarias de recepción y mantenimiento; de tres unidades móviles que se destinarían a pruebas de impulso, potencial aplicado y otras pruebas especiales, y de una instalación central que se dedicaría esencialmente a la patronificación de todo el instrumental que utilizarían las 9 unidades anteriormente mencionadas. Se presentó un bosquejo de la distribución relativa de los espacios requeridos en cada caso, incluyendo áreas especializadas y de servicio, y se examinaron estimaciones de las inversiones y los costos anuales de operación y mantenimiento a base de listados completos del instrumental y el personal de cada una de las unidades sugeridas.

El representante de la Secretaría de Integración Económica (SIECA) aclaró los procedimientos relacionados con la tramitación de solicitudes de asistencia financiera para proyectos regionales ante organismos internacionales, así como su posible aplicación al caso del laboratorio regional. También se aludió a gestiones que podrían hacerse al respecto ante organismos centroamericanos como la SIECA y el ICAITI. Por su parte, la representación del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), señaló que el proyecto de laboratorio, por su carácter regional y la alta prioridad señalada por ese organismo al sector eléctrico, podría obtener financiamiento en términos reembolsables tanto para los estudios de pre-inversión como para la adquisición de equipos y la realización de obras para las instalaciones. Por su parte, el delegado del ICAITI consideró que el laboratorio regional propuesto podría perfectamente integrarse a sus divisiones de normalización y utilizar las instalaciones y facilidades

/con que cuenta,



con que cuenta, reforzados en la forma que se considerase necesaria para la nueva actividad. Así podría contar el laboratorio desde un principio con la organización del ICAITI, tanto desde el punto de vista técnico como administrativo; y obtener el terreno necesario para posibles construcciones, con la consiguiente reducción de las inversiones y costos de operación estimados en el estudio. A través del ICAITI, el proyecto de laboratorio podría ser factible a más corto plazo. Presentó en tal sentido el documento informativo Comentarios del ICAITI sobre el Laboratorio de Pruebas de material y equipo eléctrico en el Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/DT.3).

Se intercambiaron opiniones sobre prioridad, viabilidad y mecanismos efectivos para la realización del proyecto de laboratorio, considerándose diversas alternativas sobre operación, mancomunada o independiente, de cada uno de los tres componentes del laboratorio (unidad central, unidades móviles y laboratorios locales) y sobre la participación en cada uno de ellos de las empresas eléctricas y los organismos centroamericanos; se consideró en definitiva que un laboratorio regional con características similares al presentado, es una necesidad inaplazable para la industria eléctrica del Istmo, en la inteligencia de que los laboratorios locales serían responsabilidad exclusiva de los sectores interesados en cada uno de los países, reuniendo las características que en cada uno se estimasen convenientes. Por lo que respecta a la unidad central de patronificación y a las tres unidades móviles, se convino en solicitar del ICAITI que elaborase el documento necesario para complementar el informe del experto y poder presentar al BCIE una solicitud de financiamiento del estudio de preinversión, incluyendo sus términos de referencia, a través del Subcomité de Electrificación y Recursos Hidráulicos, considerando las actividades del laboratorio de que podría hacerse cargo el Instituto.

Las solicitudes de asistencia a organismos internacionales que se pudiesen requerir para las unidades regionales quedarían condicionadas a las exigencias financieras que establecieran los estudios de preinversión.

El Comité Regional solicitó asimismo de la secretaría de la CEPAL que presentase el proyecto de laboratorio regional con carácter prioritario en el temario de la reunión del Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos programada para fines del presente año.

/Al respecto

Al respecto se aprobó la resolución 48 (CRNE) "Laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico".

9. Lugar y fecha de la próxima reunión

Los delegados aceptaron y agradecieron el ofrecimiento de la delegación de El Salvador para que la novena reunión del Comité Regional se celebre en la capital de su país en la segunda quincena de marzo de 1973, así como la ciudad de San José, para sede alterna, ofrecida por la Delegación de Costa Rica.

10. Manifestaciones de agradecimiento

Las delegaciones agradecieron finalmente las atenciones recibidas del Instituto Nacional de Electrificación (INDE) y de la Empresa Eléctrica de Guatemala y las facilidades recibidas para la celebración de la reunión. Expresaron asimismo su satisfacción a la Secretaría de la CEPAL por la contribución prestada al Comité Regional; agradecieron al Director de Debates la forma en que presidió las discusiones y al experto regional, la labor realizada.

### III. RESOLUCIONES APROBADAS

- 45 (CRNE) Programa de trabajo del Comité Regional de Normas Eléctricas y extensión del contrato del experto regional
- 46 (CRNE) Evaluación sobre la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional
- 47 (CRNE) Normalización de criterios para la selección de equipos de subestaciones en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica y el diseño y especificaciones de sistemas de alumbrado público
- 48 (CRNE) Laboratorio regional de pruebas de material y equipo eléctrico
- 49 (CRNE) Integración de los Comités Nacionales de Normas Eléctricas
- 50 (CRNE) Lugar y fecha de la próxima reunión



PROGRAMA DE TRABAJO DEL COMITE REGIONAL DE NORMAS ELECTRICAS  
Y EXTENSION DEL CONTRATO DEL EXPERTO REGIONAL

45 (CRNE) Resolución aprobada el 9 de octubre de 1972

El Comité Regional de Normas Eléctricas,

Considerando:

- a) Que el contrato actual del experto regional termina el 30 de noviembre del presente año;
- b) Que para completar la elaboración del código eléctrico solicitado por el Comité Regional se requiere dedicar a esa labor un período mínimo de un año, y

Teniendo en cuenta el documento Informe de la Secretaría al Comité Regional sobre el programa de normas eléctricas (CCE/SC.5/CRNE/VIII/2), elaborado por la CEPAL,

Resuelve:

1. Aprobar el Programa de Trabajo del Experto Regional de Normas Eléctricas para el período 1972-1973 que figura como Anexo A de este informe; y
2. Recomendar a las empresas y organismos eléctricos la extensión del contrato del experto por un año, a partir del 1o. de diciembre de 1972.

EVALUACION SOBRE LA APLICACION DE LAS NORMAS DE TRABAJO  
APROBADAS POR EL COMITE REGIONAL

46 (CRNE) Resolución aprobada el 9 de octubre de 1972

El Comité Regional de Normas Eléctricas

Considerando:

a) Que en las ocho reuniones que ha celebrado hasta la fecha ha aprobado veintitrés normas de carácter técnico aplicables a sistemas de transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica; y

b) Que durante su séptima reunión resolvió, con el objeto de hacer efectiva la labor del Comité, encomendar al experto regional la tarea de investigar el nivel de aplicación que han alcanzado las normas aprobadas por el CRNE y las causas y soluciones, en su caso, de los problemas que pudieran impedir la total aplicación de las mismas, y

Teniendo en cuenta el documento "Observaciones sobre la aplicación de las normas de trabajo aprobadas por el Comité Regional de Normas Eléctricas (CCE/SC.5/CRNE/VIII/4 y Add. 1), presentado por la CEPAL,

Resuelve:

1. Recomendar a las empresas y organismos eléctricos de la región

i) Que dirijan a la brevedad posible a la CEPAL las respectivas solicitudes sobre el número de Manuales de normas (CRNE) que cada una adquiriría, con objeto de que, de alcanzarse el mínimo de los 500 ejemplares requeridos, pueda encargarse al departamento editorial del Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP) la impresión de dicho manual con las normas de trabajo aprobadas hasta la fecha por el Comité;

ii) Que asignen, dentro de sus respectivas organizaciones, las oficinas y funcionarios que habrán de hacerse cargo de coordinar la aplicación de las normas aprobadas por el CRNE;

iii) Que soliciten a las empresas consultoras que se contraten, utilizar las normas CRNE en la elaboración de especificaciones, cuando proceda;

/iv) Que los

iv) Que los países que aún no lo hayan hecho, integren sus respectivos Comités Nacionales de Normas Eléctricas, con objeto de fomentar en los diferentes campos de la industria nacional, la divulgación y aplicación de las normas CRNE;

v) Que para facilitar la aplicación de las normas de diseño mecánico aprobadas por el Comité, se elaboren las tablas y gráficos de diseño con los parámetros de temperatura y velocidad de viento recomendadas en dichas normas, conforme vayan siendo necesitadas por cada empresa, y que las tablas y gráficos aludidos se intercambien entre empresas para evitar duplicaciones de esfuerzos;

vi) Que se haga constante referencia a las normas CRNE y en su caso se adjunten a los documentos de licitación que las empresas elaboren para la compra de materiales, equipos y la contratación de servicios;

vii) Que las observaciones de importancia sobre las normas de trabajo CRNE propuestas o aprobadas, se comuniquen al experto regional para su distribución a los miembros del Comité.

2. Solicitar de la CEPAL que gestione ante el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA) la actualización y el envío a los organismos de electrificación nacionales de los mapas de temperaturas y velocidades de viento que se registran en los seis países del Istmo, para que puedan seleccionar las zonas de carga mecánica que deberán tener en cuenta dentro de la norma respectiva.

3. Recomendar a los organismos nacionales y regionales del Istmo Centroamericano directa o indirectamente relacionados con la industrialización del sector eléctrico, que promuevan el establecimiento de nuevas industrias en la región para la fabricación de materiales y equipos eléctricos, con arreglo a la normalización que ha llevado a cabo el CRNE sobre los mismos.

NORMALIZACION DE CRITERIOS PARA LA SELECCION DE EQUIPOS DE  
SUBESTACIONES EN REDES DE SUBTRANSMISION Y TRANSMISION  
DE ENERGIA ELECTRICA Y EL DISEÑO Y ESPECIFICACIONES  
DE SISTEMAS DE ALUMBRADO PUBLICO

47 (CRNE) Resolución aprobada el 9 de octubre de 1972

El Comité Regional de Normas Eléctricas

Teniendo en cuenta los documentos: Proyectos de Normas de trabajo para la selección de equipo de subestaciones en redes de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica, 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; (CCE/SC.5/CRNE/VIII/5 y Add.1) y Proyecto de Norma de trabajo CRNE-23, Criterios de diseño y especificaciones de equipo y materiales para el alumbrado público (CCE/SC.5/CRNE/VIII/6 y Add. 1), presentados a su consideración por la CEPAL,

Resuelve:

1. Aprobar la norma de trabajo CRNE-17, Transformadores de potencia, como aparece en el anexo B de este informe.
2. Aprobar la norma de trabajo CRNE-18, Transformadores de corriente, que figura como anexo C a este documento.
3. Aprobar la norma de trabajo, CRNE-19, Transformadores de potencial, como aparece en el anexo D de este informe.
4. Aprobar la norma de trabajo CRNE-20, Fusibles de potencia, como figura en el anexo E de este documento.
5. Aprobar la norma de trabajo CRNE-21, Pararrayos, como aparece en el anexo F de este documento.
6. Aprobar la norma de trabajo CRNE-22, Disyuntores de potencia, que figura como anexo G de este informe.
7. Aprobar la norma de trabajo CRNE-23, Criterios de diseño y especificaciones de equipos y materiales para el alumbrado público, como aparece en el anexo H de este informe.



LABORATORIO REGIONAL DE PRUEBAS DE MATERIAL Y EQUIPO ELECTRICO

48 (CRNE) Resolución aprobada el 9 de octubre de 1972

El Comité Regional de Normas Eléctricas,

Considerando:

a) Que el desarrollo alcanzado por los países del Istmo Centroamericano exige que sus sistemas eléctricos operen con un alto grado de confiabilidad y que los equipos y materiales empleados rindan un servicio óptimo durante su vida útil;

b) Que los propósitos anteriores sólo pueden alcanzarse disponiendo de un laboratorio regional especializado, con los elementos necesarios para comprobar y garantizar la exactitud de los instrumentos de medida, la calidad de los materiales, y la eficiencia de los equipos que se utilicen o vayan a utilizarse en el Istmo Centroamericano;

c) Que dicho laboratorio habría de impulsar la investigación científica y contribuiría a elevar el nivel técnico de los profesionales, facilitando además la adaptación de los avances tecnológicos a las condiciones propias de la región en los campos que cubre, con sus consiguientes beneficios económicos;

d) Que la falta de estas instalaciones implica una excesiva dependencia extranjera para asegurar el funcionamiento óptimo de los sistemas eléctricos, hecho que a su vez se traduce en fuga de divisas,

Teniendo en cuenta el informe de la CEPAL Laboratorio regional para pruebas de material y equipo eléctrico en el Istmo Centroamericano (CCE/SC.5/CRNE/VIII/7; TAO/IAT/121).

Resuelve:

1. Recomendar a las empresas eléctricas que impulsen con carácter prioritario la puesta en marcha de un laboratorio regional constituido por seis laboratorios locales, tres unidades móviles y una unidad central;

2. Recomendar a las empresas que inicien esta actividad con la instalación de los laboratorios locales, de acuerdo con las necesidades de cada país, y con la participación que consideren conveniente de otros organismos nacionales interesados;

/3. Solicitar

3. Solicitar del ICAITI que elabore el documento necesario para solicitar ante el BCIE el financiamiento de los estudios de preinversión para las tres unidades móviles y la unidad central de patronificación; y

4. Solicitar de la Secretaría de la CEPAL que presente al Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos esta recomendación con carácter prioritario.

INTEGRACION DE LOS COMITES NACIONALES DE NORMAS ELECTRICAS

49 (CRNE) Resolución aprobada el 9 de octubre de 1972

El Comité Regional de Normas Eléctricas

Considerando:

a) Que se ha iniciado la elaboración de un proyecto de código eléctrico cuya aplicación afectará a los sectores residenciales, comerciales e industriales de cada uno de los seis países del Istmo;

b) Que se cuenta con valiosa experiencia en los organismos con actividades en el campo de la utilización de la energía eléctrica;

Resuelve recomendar a los organismos estatales responsables de la energía eléctrica:

1. Que integren comités nacionales que colaboren en la elaboración del nuevo código con el experto regional como organismos de contraparte; y

2. Que en dichos comités participen los organismos tanto públicos como privados relacionados con la fabricación e instalación de materiales y equipos, con la elaboración y aplicación de reglamentaciones sobre instalaciones eléctricas, y con el diseño de las mismas.

/LUGAR Y

LUGAR Y FECHA DE LA PROXIMA REUNION

50 (CRNE) Resolución aprobada el 9 de octubre de 1972

El Comité Regional de Normas Eléctricas

Considerando que de acuerdo con su reglamento el Comité debe fijar anticipadamente el lugar y fecha de la próxima reunión:

Resuelve:

1. Aceptar y agradecer el ofrecimiento de la Delegación de El Salvador para que la novena reunión del Comité Regional se celebre en la capital de su país, así como el de la Delegación de Costa Rica, que ofreció la ciudad de San José como sede alterna;
2. Señalar tentativamente para dicha reunión la segunda quincena del mes de marzo de 1973, fecha para la que se estima podrá disponerse de la primera parte del proyecto de Código General de Instalaciones Eléctricas encomendado al experto regional.

**ANEXOS**



Anexo A

PROGRAMA DE TRABAJO DEL EXPERTO REGIONAL  
(Trece meses y medio, del 15 de octubre de 1972 al  
30 de noviembre de 1973)

	<u>Mes</u>
a) Elaboración del Informe de la Octava Reunión	1/4
b) Elaboración de la primera parte del Código Eléctrico General	4
c) Visita a los seis países para analizar con los Comités Nacionales la primera parte del Código	3/4
d) Asistencia a la Novena Reunión del CRNE y elaboración del Informe de la misma	3/4
e) Elaboración de la segunda parte del Código Eléctrico General	3 3/4
f) Visita a los seis países para discutir con los Comités Nacionales la segunda parte del Código Eléctrico	3/4
g) Asistencia a la Décima Reunión del CRNE y elaboración del Informe de la misma	3/4
h) Vacaciones acumuladas (del 1 de enero de 1972 hasta el 30 de noviembre de 1973)	2 1/2





Apexo B

NORMA DE TRABAJO CRNE-17

Transformadores de potencia



INDICE

	<u>Página</u>
1. Condiciones de servicio	9
a) Normales	9
b) Otros	9
2. Valores nominales	10
a) Capacidades	10
b) Relación entre voltajes y capacidades nominales	12
3. Derivaciones	13
a) Derivaciones de operación sin potencial aplicado	13
b) Derivación principal	13
4. Clasificación según el método de enfriamiento	13
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	17
7. Voltaje de corto circuito o de impedancia	18
8. Identificación de devanados y marcas de terminales	19
a) Devanados	19
b) Terminales	19
9. Polaridad, desplazamiento angular y diagrama vectorial	20
a) Polaridad	20
b) Desplazamiento angular de los devanados	20
c) Diagrama vectorial	20
d) Designación para conexiones de devanados y desplazamiento angular	21
10. Tolerancias	23
11. Placa de datos	24



Norma de Trabajo CRNE-17

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Esta norma se aplicará a transformadores monofásicos o trifásicos sumergidos en dieléctricos, aceite o líquido inerte, 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.

1. 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 los 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, estas variaciones límites son:

- 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

Quando 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.

Quando 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)

<u>Transformadores monofásicos</u>		<u>Transformadores trifásicos</u>		
OA	FA	OA	FA	
833	958	750	862	
1 250	1 437		1 150	
1 667	1 917	1 500	1 725	
2 500	3 125		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>	10 000	12 500	
10 000	13 333		<u>1a. etapa</u>	<u>2a. etapa</u>
	16 667	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 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 <sup>a/</sup> (voltios)	Bajo voltaje nominal del transformador (voltios)		
	7970/13300 Y	14400/24940 Y <sup>b/</sup>	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 <sup>a/</sup>	34500 Y/19920
	kVA nominales		
34 400	750-30 000		
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, deberán 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  $\pm 10$  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.

### 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 re frigerante	Clase de circulación	Clase de re frigerante	Clase de circulación

Se propone como alternativa el uso transitorio de la clasificación norteamericana para la identificación de las clases de enfriamiento que se describe a continuación mientras se generaliza el uso de la nomenclatura IEC/ISO.

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 el cuadro 4.

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

Cuadro 4

**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			60, cuando el transformador esté equipado con tanque sellado o tanque conservador  55, cuando el transformador no esté equipado con tanque sellado o tanque conservador
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  $10^{\circ}\text{C}$ , los aumentos de temperatura permisibles para los devanados, núcleos y aceite serán reducidos en el cuadro 4 en las siguientes cantidades:

$5^{\circ}\text{C}$  si el exceso de temperatura es menor o igual a  $5^{\circ}\text{C}$ ;

$10^{\circ}\text{C}$  si el exceso de temperatura es mayor que  $5^{\circ}\text{C}$  y menor o igual a  $10^{\circ}\text{C}$ .

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 el cuadro 4 serán reducidos por las siguientes cantidades por cada 500 metros de exceso sobre mil metros:

2 por ciento para transformadores sumergidos en aceite, auto-enfriados por aire natural;

3 por ciento para transformadores sumergidos en aceite 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 el cuadro 5.

Cuadro 5

NIVELES DE AISLAMIENTO DE DEVANADOS<sup>a/</sup>

Alto voltaje nominal del transformador (voltios) <sup>b/</sup>	Aislamiento clase (kV)	Nivel básico al impulso <sup>c/</sup> (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.

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. (Véase el cuadro 6.)

Cuadro 6

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

Altitud (metros)	Factores de corrección
1 000	1.00
1 200	0.98
1 500	0.95
1 800	0.92
2 100	0.89
2 400	0.86
2 700	0.83
3 000	0.80
3 600	0.75
4 200	0.70
4 500	0.67

7. Voltaje de corto circuito o de impedancia

Los voltajes de corto circuito a las capacidades nominales de autoenfriado medidas en las conexiones de voltaje nominal serán, para transformadores de dos devanados sumergidos en aceite, las señaladas en el cuadro 7.

Cuadro 7

RELACION DEL VOLTAJE DE IMPEDANCIA CON EL NOMINAL

Alto voltaje nominal (voltios)	Voltaje de impedancia <sup>a/</sup> (por ciento) Bajo voltaje 2 400 voltios y mayores
13 800 - 22 900 <u>b/</u>	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 externas 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

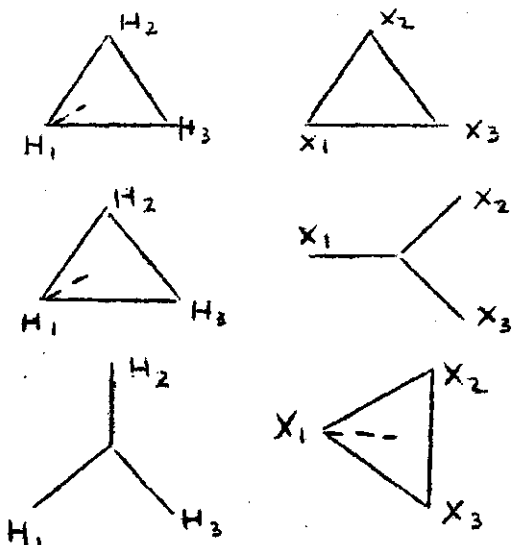
Todos los transformadores de potencia monofásicos serán de polaridad substractiva.

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  $0^\circ$ .

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  $30^\circ$ , 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 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.

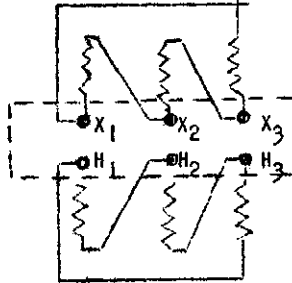
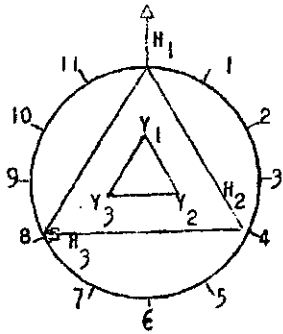
ii) Desplazamiento angular de los devanados. Se expresará por el "índice horario" o sea la hora en un reloj cuya aguja minuteramente apunta hacia el 12 y corresponde al vector voltaje entre el neutro (real o imaginario) y fase de alto voltaje y cuya aguja horaria corresponde al vector voltaje entre el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

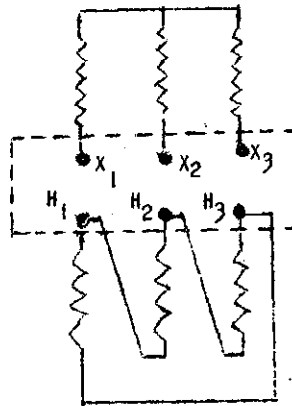
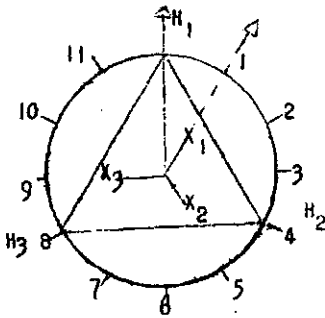
Ejemplo: Transformador con tres juegos de devanados para 138 000 V (delta), 67 000 V (estrella) y 13 800 V (estrella) la anotación será: D, y<sub>1</sub>, y<sub>1</sub> donde el subíndice 1 indica que el vector voltaje (neutro-línea) apunta hacia el 1 en la carátula del reloj, o sea muestra un atraso 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



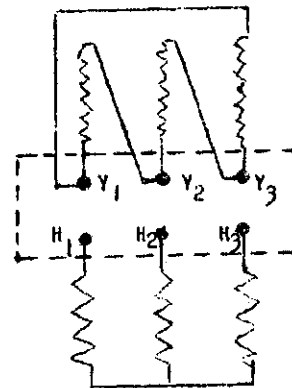
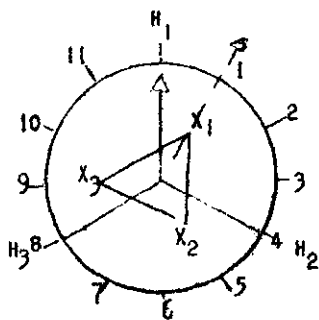
D, d, 0

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 8

## TOLERANCIAS NORMALES

Concepto	Tolerancia
<b>Pérdidas</b>	
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
<b>Voltaje de corto circuito</b>	
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 para uso a la intemperie, 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<sup>1/</sup>
- h) Frecuencia nominal 60 hertz
- i) Voltajes nominales (incluyendo voltajes en las derivaciones<sup>2/</sup>
- 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

<sup>1/</sup> Cuando el transformador tenga varias capacidades, éstas se indicarán.

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

Anexo C

NORMA DE TRABAJO CRNE-18

Transformadores de corriente

1. 1. 1. 1. 1.

INDICE

	<u>Página</u>
1. Definición	29
2. Condiciones de servicio	29
a) Temperatura del aire ambiente	29
b) Altitud	29
c) Otras condiciones	29
d) Sistemas de tierra	30
3. Clasificación y valores nominales	30
a) Clasificación	30
b) Valores nominales	30
i) Corrientes nominales primarias	30
ii) Corrientes nominales secundarias	31
iii) Corriente nominal térmica continua	31
iv) Corriente nominal térmica de corto circuito	31
v) Corriente nominal dinámica de corto circuito	32
vi) Cargas nominales de precisión	32
vii) Límites de aumento de temperatura	32
viii) Niveles nominales de aislamiento	34
ix) Factores de corrección por altitud para los niveles de aislamientos externos	35
x) Frecuencia nominal	35
xi) Clases de precisión para transformadores de corriente de medición	36
xii) Clases de precisión para transformadores de corriente para protección	40
4. Polaridad y marcado de terminales	41
5. Placa de datos	41





Norma de Trabajo CRNE-18

## TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

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

Doble relación con devanados primarios serie-paralelo

Doble relación con derivaciones en el devanado secundario

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 vi). 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<sup>a/</sup>

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.

vii) Límites de aumento de temperatura. Los límites de aumento de temperatura para transformadores de corriente probados a sus valores nominales serán los del cuadro 2.

Cuadro 2

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA<sup>a/</sup>

(Grados centígrados)

Tipo de transformador	30°C ambiente		55°C ambiente	
	Aumento de temperatura del devanado	Aumento de temperatura del punto más caliente del devanado	Aumento de temperatura del devanado	Aumento de temperatura del punto más caliente del devanado
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>Porcentaje</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 para una temperatura ambiente de 30° 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  $50^{\circ}\text{C}$  para una temperatura ambiente de  $30^{\circ}\text{C}$ .

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 el cuadro 3.

Cuadro 3

NIVELES DE AISLAMIENTO<sup>a/</sup>

Clase de aislamiento	Voltaje de prueba a baja frecuencia, 1 minuto (kV)	Voltaje de prueba al impulso (NBI) <sup>b/</sup> (kV cresta)	Voltaje de prueba con onda cortada	
			kV cresta	Tiempo mínimo de arco (microsegundos)
15L	34	95	110	1.8
15H	34	110	130	2.0
24.9 <sup>c/</sup>	-	-	-	-
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

<sup>a/</sup> Referencia ANSI.

<sup>b/</sup> La onda de prueba al impulso será de  $1.2 \times 50$  microsegundos.

<sup>c/</sup> Valores a determinarse posteriormente.

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. (Véase el cuadro 4.)

Cuadro 4

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

Altitud (metros)	Factores de corrección
1 000	1.00
1 200	0.98
1 500	0.95
1 800	0.92
2 100	0.89
2 400	0.86
2 700	0.83
3 000	0.80
3 600	0.75
4 200	0.70
4 500	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:

Referencia ANSI. La clase de precisión para servicio de medición se designará por el máximo error permitido, expresado en por ciento, 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:

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

Donde:

$\mathcal{E}$  : Error en la medición

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

$\beta$  : Error de fase entre los vectores de corriente primaria y secundaria

$\odot$  : 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.

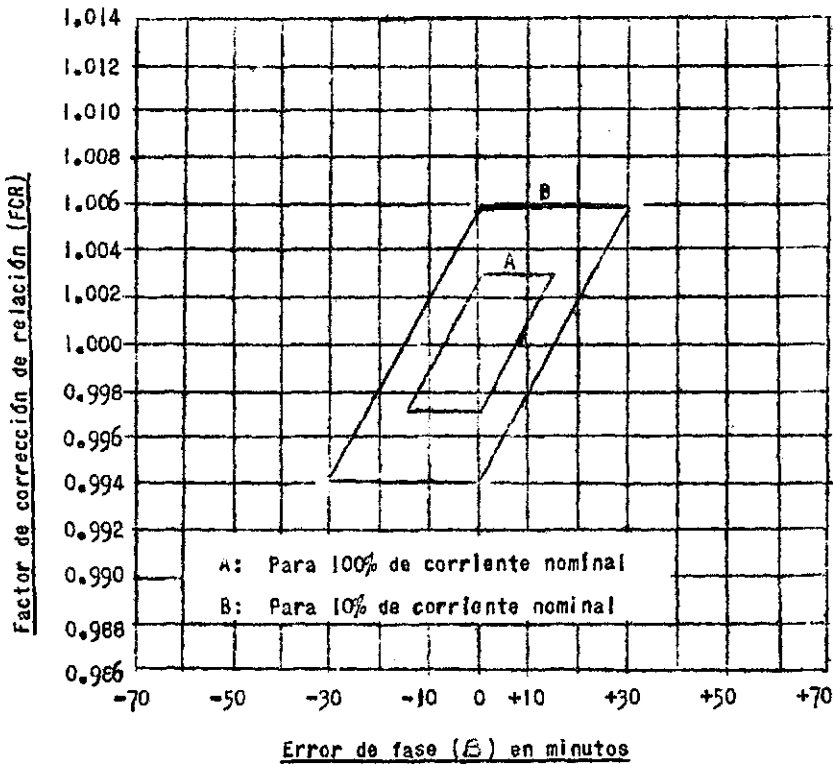
Dentro del rango de factores de potencia de la carga para los que se garantiza la precisión de los transformadores, el de 0.6 atrasado es el que mayor influencia tiene sobre el error de medición ( $\mathcal{E}$ ) según la fórmula anterior.

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.



Figura 1

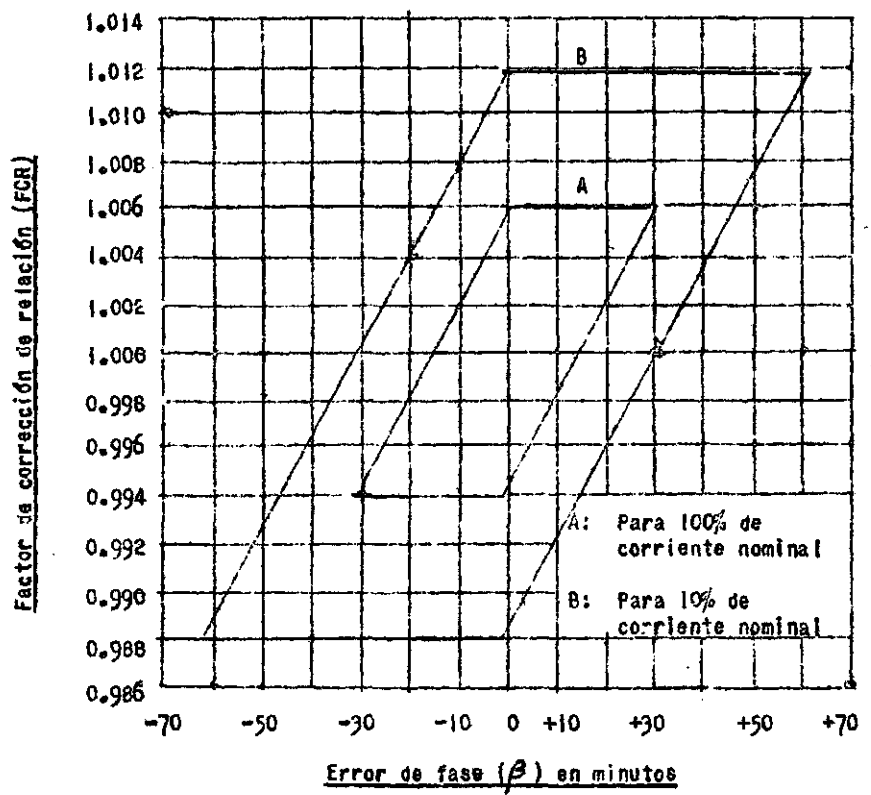
Límites del factor de corrección de relación (FCR) y del error de fase ( $\beta$ ) para un T.C. clase 0.3



/Figura 2

Figura 2

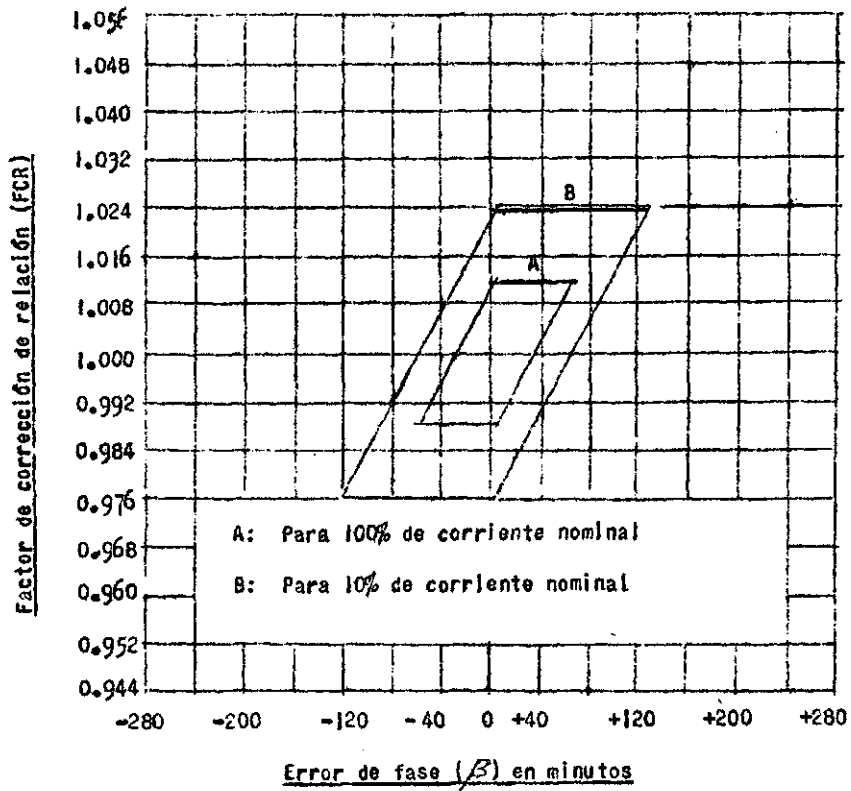
Límites del factor de corrección de relación (FCR) y del error de fase ( $\beta$ ) para un T.C. clase 0,6



/Figura 3

Figura 3

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



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.

#### 4. Polaridad y marcado de terminales

La polaridad instantánea relativa de las terminales de los transformadores de corriente serán claramente indicadas de tal forma que no puedan ser fácilmente borradas.

Cuando la polaridad se indique por letras, la letra H será usada para distinguir las terminales conectadas al devanado primario y la letra X (también se usarán las letras Y y Z si se usan devanados secundarios múltiples) se usará para distinguir las terminales conectadas al devanado secundario. Además cada terminal será numerada como sigue: H1, H2, X1, X2. Si se usaran más de tres devanados secundarios, ellos se identificarán por las letras: W, X, Y y Z o bien V, W, X, Y y Z, etc., para cuatro y cinco devanados respectivamente y así sucesivamente.

Las terminales marcadas con H1 y X1 (también Y1 y Z1 si se usan) serán de la misma polaridad.

Cuando el transformador es proporcionado con varios devanados primarios, las terminales de cada devanado serán marcadas con la letra H seguida de uno de los números de dos números consecutivos (H1, H2; H3, H4; etc.). Las terminales marcadas con números impares tendrán la misma polaridad.

Cuando se proporcionen derivaciones en el (o los) devanado(s) secundario(s), las terminales serán identificadas con las letras anteriormente mencionadas y numeradas en la siguiente forma X1, X2, X3, etc. o Y1, Y2, Y3, etc., los números mayores y menores indicarán el devanado completo y los números intermedios indicarán las derivaciones en su orden relativo.

#### 5. Placa de datos

Cada transformador estará provisto de una placa de material para uso a la intemperie, 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.

Anexo D

NORMA DE TRABAJO CRNE-19

Transformadores de potencial





INDICE

	<u>Página</u>
1. Definición	47
2. Condiciones de servicio	47
a) Temperatura del aire ambiente	47
b) Altitud	47
c) Otras condiciones	47
d) Sistemas de tierra	48
3. Valores nominales	48
a) Voltajes nominales primarios	48
b) Voltajes nominales secundarios	50
c) Cargas nominales de precisión	50
d) Valores nominales de factores de voltaje nominal	50
e) Límites de aumento de temperatura	52
f) Niveles nominales de aislamiento	54
g) Clases de precisión para transformadores de potencial para medición	55
4. Polaridad y marcado de terminales	53
5. Placa de datos	59



Norma de Trabajo CRNE-19

**TRANSFORMADORES DE POTENCIAL**

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 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<sup>1/</sup> 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<sup>1/</sup> para el segundo voltaje indicado/  $\sqrt{3}$ .

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

---

<sup>1/</sup> 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 34 500 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. 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:

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

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<sup>a/</sup>

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

<sup>a/</sup> 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 probados a sus valores nominales, serán los del cuadro 5.



Cuadro 5  
 LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA<sup>a/</sup>  
 (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 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

f) Niveles nominales de aislamiento

Los niveles de aislamiento serán los que se señalan en el cuadro 6.

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 6

NIVELES DE AISLAMIENTO<sup>a/</sup>

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 <sup>b/</sup>	-	-	-	-
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

<sup>a/</sup> Referencia ANSI.

<sup>b/</sup> Valores a determinarse posteriormente.

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

Altitud (metros)	Factores de corrección
1 000	1.0
1 200	0.98
1 500	0.95
1 800	0.92
2 100	0.89
2 400	0.86
2 700	0.83
3 000	0.80
3 600	0.75
4 200	0.70
4 500	0.67

g) Clases de precisión para transformadores de potencial para medición

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

i) Referencia ANSI. La clase de precisión se designará por el máximo error permitido, expresado en porcientos, 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:

$$1\% \xi =$$

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

Donde:

$\xi$  = Error en la medición

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

$\gamma$  = Error de fase entre los vectores de voltajes primario y secundario, en minutos

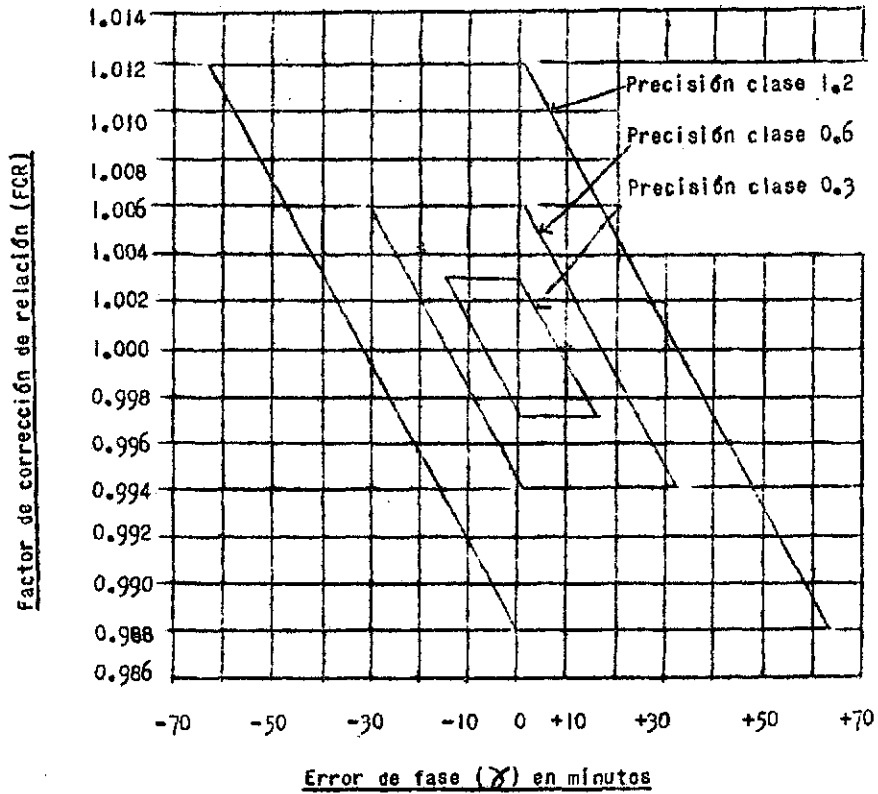
$\Theta$  = Angulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga por medir

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.

Figura 1

Límites del factor de corrección de relación (FCR) y del ángulo de fase ( $\delta$ ) para un T.P. clase 0.3, 0.6 y 1.2



#### 4. Polaridad y marcado de terminales

La polaridad instantánea relativa de las terminales de los transformadores de potencial serán claramente indicadas de tal forma que no puedan ser fácilmente borradas.

Cuando la polaridad se indique por letras, la letra H será usada para distinguir las terminales conectadas al devanado primario y la letra X (también se usarán las letras Y y Z si se usan devanados secundarios múltiples) se usará para distinguir las terminales conectadas al devanado secundario. Además cada terminal será numerada como sigue: H1, H2, X1, X2. Si se usaran más de tres devanados secundarios, ellos se identificarán por las letras: W, X, Y y Z o bien V, W, X, Y y Z, etc., para cuatro y cinco devanados respectivamente y así sucesivamente.

Las terminales marcadas con H1 y X1 (también Y1 y Z1 si se usan) serán de la misma polaridad.

Cuando el transformador es proporcionado con varios devanados primarios, las terminales de cada devanado serán marcadas con la letra H seguida de uno de los números de dos números consecutivos (H1, H2; H3, H4; etc.). Las terminales marcadas con números impares tendrán la misma polaridad.

Cuando se proporcionen derivaciones en el (o los) devanado(s) secundario(s), las terminales serán identificadas con las letras anteriormente mencionadas y numeradas en la siguiente forma X1, X2, X3, etc. o Y1, Y2, Y3, etc., los números mayores y menores indicarán el devanado completo y los números intermedios indicarán las derivaciones en su orden relativo.

### 5. Placa de datos

Cada transformador estará provisto de una placa de material para uso a la intemperie, 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.





Anexo E

NORMA DE TRABAJO CRNE-20

Cortacircuitos fusibles de potencia



INDICE

	<u>Página</u>
I. Cortacircuitos fusibles limitadores de corriente	65
1. Condiciones de servicio	65
a) Temperatura del aire ambiente	65
b) Altitud	65
c) Condiciones del aire ambiente	65
d) Otras condiciones	65
2. Definiciones	66
a) Tiempo de fusión o tiempo de prearqueo	66
b) Tiempo de arqueo	66
c) Tiempo de operación o tiempo total de despeje	66
d) Voltaje de maniobra o corte	66
3. Especificaciones	67
a) Lista de características y valores nominales	67
b) Voltajes nominales del cortacircuitos fusible	67
c) Corrientes nominales del soporte del fusible	68
d) Niveles nominales de aislamiento del soporte del fusible	68
e) Corrientes nominales del fusible	70
f) Corrientes interruptivas nominales del fusible	70
g) Frecuencia nominal del fusible	72
h) Corrientes interruptivas mínimas y clase del fusible	72
i) Límites de aumento de temperatura del cortacircuitos fusible	72
j) Voltaje de maniobra o de corte de los fusibles	73
k) Características tiempo-corriente del fusible	73
4. Placa de datos	74
a) En el soporte del fusible	74
b) En el fusible	74
5. Criterios de selección y montaje	75
a) Criterios de selección	75
b) Montaje	75

	<u>Página</u>
II. Cortacircuitos fusibles de expulsión y similares	77
1. Condiciones de servicio	77
2. Definiciones	77
a) Distancia separadora o aislante	77
b) Cortacircuitos fusible desconectador	77
c) Cortacircuitos fusible de caída	77
3. Especificaciones	78
a) Lista de características y valores nominales	78
b) Voltajes nominales para fusible, base, porta-fusible y unidad fusible	78
c) Corrientes nominales del soporte del fusible	80
d) Corrientes nominales	80
e) Frecuencia nominal	80
f) Niveles nominales de aislamiento del soporte	80
g) Límites de aumento de temperatura	80
h) Características tiempo/corriente	80
4. Placa de datos	82
a) En el soporte del fusible	82
b) En el cartucho	82
c) En el elemento fusible	82
5. Criterios de selección y montaje	83
a) Criterios de selección	83
b) Montaje	83

Norma de Trabajo CRNE-20

**CORTACIRCUITOS FUSIBLES DE POTENCIA**

Esta norma se aplicará a los cortacircuitos 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. CORTACIRCUITOS FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE**

**1. Condiciones de servicio**

Los cortacircuitos fusibles de potencia 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 cortacircuitos 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 maniobra 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.

### 3. Especificaciones

#### a) Lista de características y valores nominales

i) Valores nominales del soporte del fusible. 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 del fusible (cartucho + elemento 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 cortacircuitos fusible (soporte + fusible). Límites de aumento de temperatura.

iv) Características del fusible (cartucho + elemento fusible). Las características son las siguientes: 1) clase; 2) voltaje de maniobra; 3) tiempo de fusión - corriente, y 4) tiempo de operación - corriente.

#### b) Voltajes nominales del cortacircuitos fusible

Las tensiones eléctricas nominales y máximas de diseño de los cortacircuitos fusibles se podrán seleccionar del cuadro 1.

Cuadro 1

VOLTAJES NOMINALES Y MÁXIMOS, ENTRE FASES, DE DISEÑO DE  
 CORTACIRCUITOS FUSIBLES DE POTENCIA

Voltaje nominal del sistema (kV)	Serie II <sup>a/</sup>	
	Voltaje nominal máximo del diseño del fusible (kV)	Voltaje nominal del fusible (kV)
13.2 <sup>b/</sup>	15.0 <sup>b/</sup>	13.8
13.2	15.5	14.4
24.9		
34.5	38.0	34.5
46.0	48.3	46.0
69.0	72.5	69.0
115.0	121.0	115.0
138.0	145.0	138.0

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

b/ Voltaje utilizado para fusibles tipo interior.

c) Corrientes nominales del soporte del fusible

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 del soporte del fusible

Los valores de niveles de aislamiento se podrán seleccionar de los cuadros 2 y 3, dependiendo si el cortacircuitos es para servicio intemperie o interior.

/Los valores



Los valores del cuadro 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/m<sup>3</sup>.

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).

Cuadro 2

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

Voltaje nominal máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje de prueba al impuls <u>o</u> en seco (polaridad posi <u>t</u> tiva y negativa), onda de 1.5 x 40 microsegundos (kV cre <u>s</u> ta)		Voltaje de prueba a baja fre- cuencia		
	Entre termi <u>n</u> ales de la base	Entre tierra y ter- minales	1 minuto	10 segundos	
			en seco (kV)	en húmedo (kV)	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 CORTACIRCUITOS 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		
	Entre termi- nales de la base	Entre tierra y ter- minales	1 minuto en seco (kV)	10 segundos en húmedo (kV)	
			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.

e) Corrientes nominales del fusible

Las corrientes nominales del 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 del fusible

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

Cuadro 4

## CORRIENTES INTERRUPTIVAS NOMINALES

Voltaje nominal del sistema y máximo de diseño del equipo													
13.2/15.5		24.9/		34.5/38		46.0/48.3		69.0/72.5		115.0/121.0		138.0/145.0	
Corrientes interruptivas nominales (kiloamperios)													
Simé- trica	Asimé- trica	Simé- trica	Asimé- trica	Simé- trica	Asimé- trica	Simé- trica	Asimé- trica	Simé- trica	Asimé- trica	Simé- trica	Asimé- trica	Simé- trica	Asimé- trica
										1.25	2.0	1.25	2.0
								2.5	4.0	2.50	4.0	2.50	4.0
						3.15	5.0						
4.0	6.3					4.00	6.3					4.00	6.3
				5.0	8.0			5.0	8.0	5.0	8.0	5.00	8.0
				6.3	10.0	6.30	10.0	6.3	10.0			6.30	10.0
				8.0	12.5			8.0	12.5	8.0	12.5		
10.0	16.0			10.0	16.0	10.00	16.0	10.0	16.0				
12.5	20.0			12.5	20.0	12.50	20.0	12.5	20.0				
				16.0	25.0								
20.0	31.5			20.0	31.5	20.00	31.5						
25.0	40.0			25.0	40.0								
31.5	50.0												
40.0	63.0			40.0	63.0								
63.0	100.0												
80.0	125.0												

g) Frecuencia nominal del fusible

La frecuencia nominal del fusible será de 60 hertz.

h) Corrientes interruptivas mínimas y clase del fusible

Las corrientes interruptivas mínimas serán especificadas por el fabricante.

i) Límites de aumento de temperatura del cortacircuitos fusible

Los cortacircuitos fusibles deberán poder conducir su corriente nominal de operación continua cuando se prueban según el método especificado por la Norma ANSI C37.41-1962 sección 41-11 de la siguiente forma:

El aumento de temperatura del cortacircuitos, cuando tiene instalado su máximo elemento fusible, no excederá de los valores que se indican en los numerales 1) y 2) cuando se prueba a una temperatura ambiente entre 10°C y 40°C (para contactos sin platear) o entre 10°C y 55°C (para contactos plateados o equivalentes), no deberá exceder de los siguientes valores:

- 1) Para las partes conductoras (exceptuando el elemento fusible cuando esté equipado con contactos cobre a cobre o cobre a plata, plata a plata o equivalente) 30°C.
- 2) Para las partes con componentes de materiales aislantes véase el cuadro 5.

Cuadro 5

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA Y TEMPERATURA PARA PARTES  
CON COMPONENTES DE MATERIAL AISLANTE

Aislamiento clase	Valores máximos °C	
	Aumento de temperatura	Temperatura total con contac- tos plateados o equivalentes
O	35	90
A	50	105
B	70	125

/j) Voltaje

j) Voltaje de maniobra o de corte de los fusibles

Los valores de voltaje de maniobra máximos serán los siguientes:

VOLTAJE DE MANIOBRA

Voltaje nominal máximo de diseño (kV)	Voltaje máximo de maniobra (kV)
15.0	47
15.5	49
38.0	119
48.3	150
72.5	226

k) Características tiempo-corriente del fusible

1) 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

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.

#### 4. Placa de datos

Cada cortacircuito fusible estará provisto de una placa de material para uso a la intemperie, fijada en un lugar visible, e indicará en forma indeleble la siguiente información:

##### a) En el soporte del fusible

- 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 el 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

## 5. Criterios de selección y montaje

### a) Criterios de selección

La corriente nominal del cortacircuitos 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 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 cortacircuitos 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 espaciamientos mínimos de los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6

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

Del sistema	Voltajes nominales	
	Máximo de diseño del fusible	Claro mínimo entre fases (centímetros)
13.2	15.5	61.0
24.9 <sup>a/</sup>	-	-
34.5	38.0	91.5
46.0	48.3	122.0
69.0	72.5	152.3
115.0	121.0	213.0
138.0	145.0	244.0

<sup>a/</sup> A determinarse posteriormente.

Cuadro 7

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

Del sistema	Voltajes nominales	
	Máximo de diseño del fusible	Claro mínimo entre fases (centímetros)
13.2	15	19.0
24.9 <sup>a/</sup>	-	-
34.5	38	45.7

<sup>a/</sup> A determinarse posteriormente.



## II. CORTACIRCUITOS FUSIBLES DE EXPULSION Y SIMILARES

Esta norma se aplicará a los cortacircuitos 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 cortacircuitos fusibles de potencia limitadores de corriente.

### 2. Definiciones

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

#### a) Distancia separadora o aislante

Es la distancia más corta entre los contactos del soporte 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 cortacircuitos fusibles desconectores; ii) en posición de caída para cortacircuitos fusibles de caída, y iii) sin el fusible para los otros tipos de fusibles.

#### b) Cortacircuito fusible desconector

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

#### c) Cortacircuito fusible de caída

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

### /3. Especificaciones

### 3. Especificaciones

#### a) Lista de características y valores nominales

i) Valores nominales del cortacircuito 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 del soporte del fusible son: 1) el voltaje nominal; 2) la corriente máxima nominal, y 3) el nivel de aislamiento.

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

iv) Los valores nominales del elemento fusible son: 1) la corriente nominal y 2) el voltaje máximo.

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

vi) Las características del elemento 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 8

VOLTAJES NOMINALES Y MAXIMOS, ENTRE FASES, DE CORTACIRCUITOS  
FUSIBLES DE POTENCIA TIPO EXPULSION

Voltaje nominal del sistema (kV)	Serie II <sup>a/</sup>	
	Voltaje máximo de diseño del fusible (kV)	Voltaje nominal del fusible
13.2	15.0 <sup>c/</sup>	13.8
13.2	15.5	14.4
24.9 <sup>b/</sup>	-	-
34.5	38.0	34.5
34.5	38.0	
46.0	48.3	46.0
69.0	72.5	69.0
115.0	121.0	115.0
138.0	145.0	138.0

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

b/ A determinarse posteriormente.

c/ Tensión eléctrica utilizada para fusibles tipo interior.

c) Corrientes nominales del soporte del fusible

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

d) Corrientes nominales

Se seleccionarán de la siguiente serie: 0.5, 1, 1.25, 1.6, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 3, 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 del soporte

Los niveles nominales de aislamiento se indican en el cuadro 9.

Este cuadro 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/m<sup>3</sup> de agua.

g) Límites de aumento de temperatura

Los límites de aumento de temperatura serán los mismos que se incluyeron en el cuadro 5 para fusibles limitadores de corriente.

h) Características tiempo/corriente

Se aplican los indicados en el literal k) de la sección 3, página 73.

Cuadro 9

NIVELES DE AISLAMIENTO PARA FUSIBLES DE POTENCIA DE EXPULSION<sup>a/</sup>

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			
	A través de la distancia separadora de la base	A tierra y entre polos	1 minuto en seco (kV)	A través de la distancia separadora de la base	A tierra y entre polos	10 segs. en húmedo (kV)
			<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.  
 B/ Referencia ANSI.

#### 4. Placa de datos

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

a) En el soporte del fusible

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

b) En el cartucho

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

c) En el elemento 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.

## 5. Criterios de selección y montaje

### a) Criterios de selección

i) Corriente nominal del elemento fusible. La corriente nominal del elemento 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 elemento fusible, como por ejemplo su uso en gabinetes.

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

#### iii) Clase del cortacircuitos 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 seccionación de circuitos intemperie de sistemas de distribución de línea abierta.

### b) Montaje

El montaje de estos cortacircuitos 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 10

ESPACIAMIENTOS MINIMOS PARA CORTACIRCUITOS FUSIBLES  
DE POTENCIA TIPO EXPULSION, PARA INTEMPERIE

Voltaje nominal del sistema y nominal máximo de diseño del fusible (kV)		Claro mínimo entre fases (centímetros)
Nominal del sistema	Máximo de diseño del fusible	
13.2	15.5	91.5
24.9 <sup>a/</sup>	-	-
34.5	38.0	152.3
46.0	48.3	
69.0	72.5	213.0
115.0	121.0	305.0
138.0	145.0	366.0

a/ Valores a determinarse posteriormente.



Anexo F

NORMA DE TRABAJO CRNE-21

Pararrayos



## INDICE

	<u>Página</u>
1. Condiciones de servicio	89
2. Definiciones	89
3. Identificación y valores nominales	93
a) Identificación de pararrayos	93
b) Valores nominales	93
4. Clasificación de pararrayos tipo válvula	94
a) Prueba de rigidez dieléctrica del aislamiento del pararrayos	94
b) Prueba de voltaje de descarga a frecuencia comercial	96
c) Prueba de voltaje de descarga al impulso con onda normal	97
d) Prueba de voltaje de descarga al impulso en frente de onda	97
e) Prueba de voltaje residual	100
f) Prueba de capacidad para soportar corrientes de descarga	100
g) Prueba de ciclo de servicio	102
5. Voltajes anormales del sistema	103
6. Clasificación de sistemas	103
7. Selección de pararrayos	103



## Norma de Trabajo CRNE-21

### PARARRAYOS

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 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 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

VOLTAJES NOMINALES DE PARARRAYOS TIPO VALVULA<sup>a/</sup>

(kV)

Voltaje nominal del pararrayos
9
12
15
20
23
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 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 <sup>a/</sup>	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<sup>a/</sup>

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<sup>a/</sup>

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)	(3)	(4)
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	

<sup>a/</sup> Referencia NEMA.

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.

1) Prueba de alta-corriente de corta duración. La corriente de descarga será una onda de (4 a 5) 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 pararrayos <u>b/</u> (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	
		158	490	
		180	510	
		192	545	
240		240	695	

a/ Para corriente nominal de descarga.

b/ 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 aterrizado		
	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

Anexo G

NORMA DE TRABAJO CRNE-22

Disyuntores de potencia



INDICE

	<u>Página</u>
1. Condiciones de servicio	109
a) Temperatura del aire ambiente	109
b) Altitud	109
2. Valores nominales	109
a) Voltajes nominales	109
b) Corrientes nominales de operación continua	110
c) Capacidades nominales interruptivas y su coordinación con otros valores	111
d) Tiempos nominales de interrupción y tiempos de retraso	112
e) Frecuencia nominal	112
f) Nivel de aislamiento	113
g) Aumentos de temperatura	115
h) Voltajes de control para los circuitos auxiliares de disyuntores de potencia y sus variaciones permitidas	118





Norma de Trabajo CRNE-22

**DISYUNTORES DE POTENCIA**

Esta norma se aplicará a disyuntores para circuitos de corriente alterna de tensiones eléctricas de 1 000 voltios y mayores, y frecuencia de 60 Hz, 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.

Cuadro 1  
 VOLTAJES NOMINALES

Nominal del sistema	Voltajes (kV) <sup>a/</sup>	
	Máxima del equipo	Mínima del equipo
13.2	15.0 <sup>b/</sup>	-
13.2	15.5	-
24.9	-	-
34.5	38.0	23
46.0	48.3	40
69.0	72.5	66
115.0	121.0	110
138.0	145.0	132
230.0	242.0	220

a/ Referencia ANSI.

b/ 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  
 315  
 400  
 600<sup>a/</sup>  
 630  
 800  
 1 200<sup>b/</sup>  
 1 250  
 1 600  
 2 000

a/ Se preferirá este valor al de 630 amperios.

b/ Se preferirá este valor al de 1 250 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 el cuadro 2.

Cuadro 2

COORDINACION DE VALORES NOMINALES<sup>a/</sup>

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 <sup>b/</sup>	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 2 (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 3

## 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) <sup>a/</sup>	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 4

Cuadro 4

NIVELES DE AISLAMIENTO<sup>a/</sup>

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 <sup>c/</sup>	95	36
13.2	15.5	110	50
24.9 <sup>b/</sup>			
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

<sup>a/</sup> Referencia ANSI.

<sup>b/</sup> A determinarse posteriormente.

<sup>c/</sup> Para disyuntores tipo interior.

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

Altitud (metros)	Factores de corrección
1 000	1.0
1 200	0.98
1 500	0.95
1 800	0.92
2 100	0.89
2 400	0.86
2 700	0.73
3 000	0.80
3 600	0.75
4 200	0.70
4 500	0.67

/g) Aumentos

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.

i) Límites de temperaturas de materiales aislantes. La temperatura de los materiales usados para aislar las partes conductoras del circuito de potencia principal sometidas a tensiones entre fases, entre fase y tierra o entre terminales de un disyuntor (no encerrado en gabinete) será limitada a los valores anotados en las columnas 2 y 3 del cuadro 5.

Cuadro 5

## TEMPERATURAS LIMITES DE MATERIALES AISLANTES

Clase de material aislante	Temperatura máxima de operación (°C)	Circuito principal de potencia (temperaturas límites)	
		Aumento de temperatura del punto más caliente (°C)	Temperatura total del punto más caliente (°C)
	(1)	(2)	(3)
O	90	40	80
A	105	55	95
B	130	80	120
F	155	105	145
H	180	130	170
C	220	180	220
Aceite <sup>a/</sup>	90	50	90

<sup>a/</sup> Véase la nota 4).

Notas

1) La temperatura de los materiales usados para aislar otras partes que no esten sometidas a tensiones de fase a fase, fase a tierra o de terminal a terminal de un disyuntor (no encerrado en gabinete) estará limitada por la temperatura máxima de operación listada en la columna (1) del cuadro anterior.

2) Si se usa material aislante gaseoso, el fabricante deberá asegurar que éste no causará deterioración acelerada en las otras partes.

3) La temperatura total de las partes conductoras del circuito de potencia principal en contacto con el material aislante, estará limitada en los puntos de contacto a la temperatura total límite del material aislante. (Véase la columna (3).)

4) El aumento de temperatura máxima del aceite en su parte superior será de 40°C para una temperatura total de 30°C. Para las partes en contacto con el aceite, el aumento de temperatura será de 50°C para una temperatura total de 90°C.

ii) Límites de temperatura en los contactos principales. La temperatura de los contactos principales utilizados en disyuntores de potencia no deberá ser mayor que los valores del cuadro 6.

Los contactos que no estén en aire o aceite pueden ser operados a otras temperaturas siempre que se demuestre por la experiencia o por pruebas aceptables al usuario, que no ocurrirá deterioración acelerada.

Cuadro 6

## TEMPERATURAS LIMITES DE CONTACTOS PRINCIPALES

Superficies de contacto	Aumento máximo de temperatura del punto más caliente (°C)	Temperatura máxima total del punto más caliente (°C)
Cobre	30	70
Plata, aleación de	50 (en aceite)	90 (en aceite)
Plata o equivalente	65 (en aire)	105 (en aire)

/iii) Límites



iii) Límites de temperatura en juntas conductorasa) Juntas conductoras que no sean terminales para cables

aislados. La temperatura de las juntas conductoras en el circuito de potencia principal de un disyuntor de potencia, no deberá ser mayor a las anotadas en el cuadro 7. Las juntas que no estén en aire o aceite pueden ser operadas a otras temperaturas, siempre que se demuestre por la experiencia o por pruebas aceptables al usuario que no ocurrirá deterioración acelerada.

Cuadro 7

## TEMPERATURAS LÍMITES DE JUNTAS CONDUCTORAS

Superficies de las juntas	Aumento máximo de temperatura del punto más caliente (°C)	Temperatura máxima total del punto más caliente (°C)
Cobre a cobre	30	70
Plata, aleación de	50 (en aceite)	90 (en aceite)
Plata o equivalente	65 (en aire)	105 (en aire)

b) Terminales para conexión de cable aislado. Las terminales de los disyuntores de potencia diseñadas para conexión directa al cable no excederán en 45°C de aumento de temperatura u 85°C de temperatura total en el punto más caliente cuando se conecten a cables aislados de 85°C y de capacidad nominal igual a la corriente nominal de operación continua del disyuntor.

iv) Límites de temperatura para partes sujetas a contacto por el personal. Las partes del disyuntor que sean manejadas por el operador en el curso normal de su servicio no deberán alcanzar temperaturas totales mayores de 50°C.

/Las superficies

Las superficies externas de un disyuntor de potencia accesibles al operador en el curso normal de su servicio no deberán alcanzar una temperatura total mayor de 70°C.

Los disyuntores de potencia que tengan superficies externas no accesibles al operador en el curso normal de su servicio no deberán alcanzar una temperatura total mayor en las superficies de 110°C.

v) Límites de temperatura para otros materiales. Otros materiales se escogerán de manera que las temperaturas máximas a las que puedan estar sujetos no les causen deterioración acelerada.

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 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 a/	
<u>Corriente directa</u>				
24 <sup>b/</sup>	-	-	-	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.

Anexo H

NORMA DE TRABAJO CRNE-23

Criterios de diseño y especificaciones de equipo y materiales  
para el alumbrado público



INDICE

	<u>Página</u>
1. Alumbrado público de calzadas	123
2. Principios de visión	123
a) Requisitos para los conductores	123
b) Campo visual del conductor	124
c) Visibilidad	126
d) Deslumbramiento y comodidad visual	127
3. Criterios de calidad	127
a) Nivel de luminancia y/o nivel de iluminación	127
b) Uniformidad de luminancia y/o de iluminación	128
c) Limitación del deslumbramiento	128
d) Guía óptica	128
4. Lámparas y luminarias	128
a) Lámparas	128
b) Luminarias	135
5. Clasificación de superficies	150
6. Clasificación de áreas, calzadas y poblaciones	151
a) Areas	151
b) Calles	152
c) Poblaciones	152
7. Valores recomendados	153
a) Valores de niveles de luminancia e iluminación recomendados	153
b) Niveles de uniformidad	155
c) Limitación del deslumbramiento	155
d) Recomendaciones para guías ópticas	158
8. Métodos y criterios de diseño	159
a) Cálculo de la luminancia promedio	160
b) Cálculo de la iluminación promedio	162
c) Cálculo de la iluminación en un punto	164

/d) Tipos de

	<u>Página</u>
d) Tipos de arreglo	164
e) Cálculo del índice de deslumbramiento	165
f) Altura de montaje	165
g) Espaciamientos máximos	168

Norma de Trabajo CRUE-23CRITERIOS DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES  
PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO1. Alumbrado público de calzadas

El principal objetivo del alumbrado público de calzadas es permitir a peatones y automovilistas transitar por ellas durante la noche con la mayor seguridad y comodidad posibles, y facultar a los conductores a distinguir y localizar con certeza y a tiempo el alineamiento de la calzada, las señales de tráfico, los posibles obstáculos y otros detalles de importancia, y a los peatones a percibir las orillas de las aceras, los vehículos y los obstáculos.

Las obras necesarias para lograr estos propósitos deberán ser realizadas tomando en cuenta la ubicación y la intensidad de tráfico de la vía, pero sin perder de vista los aspectos de estética y economía.

Los beneficios que se derivan de un buen sistema de alumbrado público son numerosos y entre ellos se pueden citar los siguientes:

- a) Reducción considerable de daños a la vida y a la propiedad;
- b) Disminución de la delincuencia;
- c) Incremento de la capacidad de tráfico;
- d) Incentivo a los negocios e industrias en horas nocturnas;
- e) Estímulo al espíritu de la vida comunitaria;
- f) Ahorros por disminución de daños a bienes y pérdidas de horas de trabajo.

2. Principios de visióna) Requisitos para los conductores

Las calles y caminos deberán ser visibles en todo momento, y se deberán poder percibir claramente sus detalles (bordes del camino y de las aceras, intersecciones de caminos laterales y señales de tráfico). Deberán contar también con una guía visual que indique claramente su alineamiento. Esta guía podrá consistir en el tipo y/o color de las luminarias, así como en su configuración.

Cualquier objeto que pueda consistir un peligro deberá verse y reconocerse con claridad a una distancia suficiente para permitir al conductor maniobrar sin peligro para él o para los demás.

/Aun cuando

Aun cuando no existan obstáculos, la calzada deberá presentarse de manera tal que el conductor tenga la certeza de que está despejada, lo que le proporcionará comodidad visual y evitará la fatiga nerviosa que puede ser de peligro.

El alumbrado deberá ser uniforme y dar la apariencia de continuidad. Los puntos críticos como curvas, puentes, cruces a desnivel, túneles, etc. se proveerán de alumbrado especial, pero sin alterar la apariencia de continuidad del alumbrado general.

Los rótulos de dirección, retenidas, etc., deberán iluminarse adecuadamente ya sea por medio de la instalación general o por equipos especiales, procurando siempre que no provoquen deslumbramiento.

#### b) Campo visual del conductor

El campo visual del conductor, en orden decreciente de importancia es:

1) la calzada o pista de rodamiento; 2) las orillas del camino o aceras, incluyendo las señales de tráfico, y 3) el cielo y las luminarias. Cualquier obstrucción en el camino deberá ponerse de manifiesto claramente en el campo visual.

La percepción y la rapidez de percepción están directamente relacionadas con las luminancias y contrastes por lo que deberán conocerse los fenómenos que los producen.

i) Luminancia. La luminancia de la calzada resulta de la distribución de la intensidad luminosa de las luminarias, por la geometría de su instalación, y por las características de reflexión de la superficie.

Luminancia es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada, por unidad de área proyectada de la superficie en esa dirección. Una superficie que emite o refleja luz en una dirección determinada a razón de una candela (cd) por metro cuadrado tiene una luminancia de  $1 \text{ cd/m}^2$ .

ii) Luminancia en un punto de la superficie de la calzada. La luminancia (L) de un punto (P) visto desde "O" es proporcional a la iluminación y a la reflectancia:

$$L = \rho \times E$$



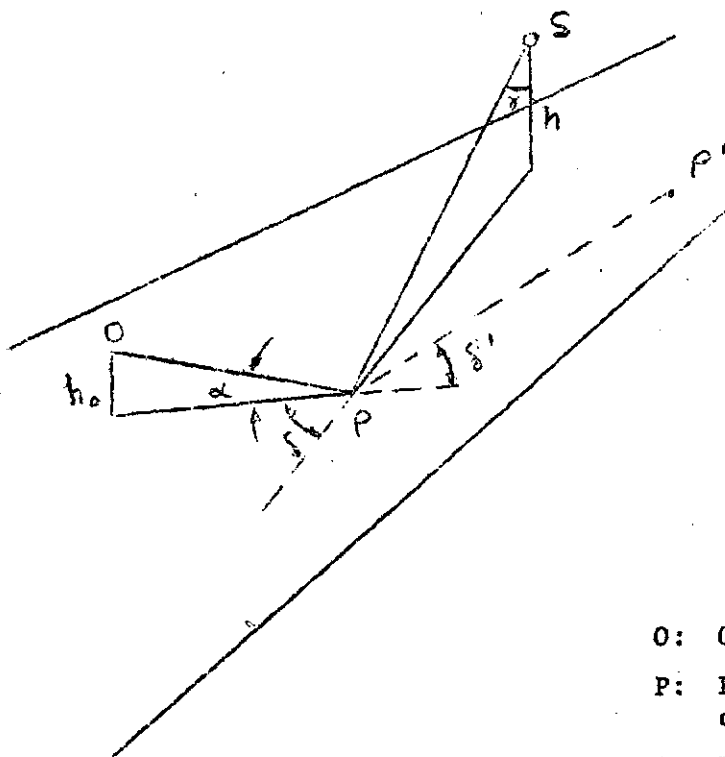
$$L = q \times E$$

Donde:

L = Luminancia

q = Factor de luminancia

E = Iluminación



O: Observador

P: Punto de la superficie bajo observación

S: Fuente luminosa

h<sub>o</sub>: Altura del ojo del observador

h: Altura de montaje de la fuente

$\alpha$ : Ángulo de observación

$\gamma$ : Ángulo de elevación de la fuente

$\delta, \delta'$ : Ángulos de orientación

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma$$

Por lo que:

$$L = q \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma$$

Para más de una fuente luminosa, la luminancia total en el punto P será:

$$L = \sum_j L_j = \sum_j q_j \frac{I_j}{h^2} \cos^3 \gamma_j$$

iii) Luminancia promedio de la superficie de la calzada. La luminancia promedio de una superficie se define como:

$$\bar{L} = \frac{\int L dA}{\int dA}$$

iv) Luminancia de contornos del camino. La luminancia de los contornos del camino depende de su naturaleza y de la distribución de la intensidad luminosa de las luminarias. Normalmente no se calcula, pero sí interviene en la evaluación del deslumbramiento y en la estimación de los contrastes presentados por los objetos vistos contra los contornos del camino.

v) Luminancia de luminarias. La luminancia de las luminarias depende de la distribución de la intensidad luminosa en su área proyectada. En orden de magnitud, es mucho mayor que las luminancias de la calzada y puede producir deslumbramiento, que reduce la capacidad visual del ojo, o malestar que conduce a la fatiga.

La iluminación en un punto de una superficie se define como el flujo luminoso por unidad de área en el punto, el valor es expresado en lúmenes por metro cuadrado ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) en el sistema métrico decimal o lúmenes por pie cuadrado en el sistema inglés ( $\text{lm}/\text{pie}^2$ ).

La unidad de iluminación en el sistema métrico decimal es el "Lux" y equivale a  $1 \text{ lúmen}/\text{m}^2$ ; en el sistema inglés es el "pie-candela" equivalente a  $1 \text{ lúmen}/\text{pie}^2$ .

### c) Visibilidad

El fenómeno de visibilidad está directamente relacionado con el de contraste. Es muy importante, por lo tanto, presentar siempre los siguientes contrastes al conductor:

- 1) Entre la calzada y todos los objetos que indican sus linderos;
- 2) Entre cualquier obstáculo que pueda presentarse y el fondo contra el cual aparece.

En vista de que las características de un obstáculo pueden variar considerablemente, cualquier factor que tienda a incrementar el contraste, deberá ser aprovechado. Para esto, las luminancias de las superficies de fondo serán pues lo suficientemente altas y uniformes y se procurará mantener el "deslumbramiento molesto" en los límites recomendables.

/d) Deslumbramiento

d) Deslumbramiento y comodidad visual

El deslumbramiento en el alumbrado público es causado por las luminarias. Hay dos tipos de deslumbramiento; el deslumbramiento de incapacidad que disminuye la capacidad visual del ojo y, por consiguiente, la visibilidad de los objetos, y el deslumbramiento molesto que disminuye la comodidad visual y que puede conducir a la irritabilidad y a la fatiga pero que no afecta la habilidad para distinguir los objetos.

Existen además otros factores que producen deslumbramiento, como las superficies con factores altos de reflexión, escaparates excesivamente brillantes, señales de caminos, y otros similares.

El deslumbramiento depende principalmente de la iluminación que producen las luminarias sobre los ojos del observador. Por esta razón, se han establecido límites en la intensidad luminosa emitida por las luminarias en direcciones cercanas a la horizontal. (Véase el cuadro 3.) Además, para una luminancia de una intensidad dada:

- 1) El deslumbramiento disminuye conforme el área proyectada de la luminaria aumenta en la dirección del observador;
- 2) El deslumbramiento disminuye conforme aumenta el brillo del fondo contr el cual se vea las luminarias. Este fondo comprende todo el campo visual del conductor.

Si varias luminarias se presentan en el campo visual, el deslumbramiento es acumulativo.

### 3. Criterios de calidad

De las consideraciones anteriores se puede deducir que cuatro son los factores que constituyen el criterio fundamental para la calidad de un alumbrado público:

- a) El nivel de luminancia (brillo) y/o el nivel de iluminación
- b) La uniformidad de luminancia y/o de iluminación
- c) La limitación del deslumbramiento
- d) La guía óptica

a) Nivel de luminancia y/o nivel de iluminación

El nivel de luminancia deberá proporcionar una visibilidad que garantice a conductores y peatones un máximo de seguridad y comodidad visual. El nivel de iluminación adquiere importancia en áreas netamente residenciales.

/b) Uniformidad

b) Uniformidad de luminancia y/o de iluminación

La uniformidad de luminancia es necesaria para proporcionar comodidad visual a los conductores. La uniformidad de iluminación se requiere principalmente en calles de zonas residenciales y por lo general se permiten valores menores para la relación de la iluminación mínima a la promedio que para la uniformidad de luminancia.<sup>1/</sup>

c) Limitación del deslumbramiento

El deslumbramiento debido a las luminarias deberá limitarse a valores aceptables para la comodidad visual del conductor. Básicamente estas limitaciones se obtendrán utilizando el tipo de luminaria adecuado (cut-off, semi-cut-off, non-cut-off), pero se recomienda el uso de las relaciones propuestas en Public Lighting.<sup>2/</sup>

d) Gufa óptica

La localización de las luminarias proporcionará una gufa óptica especialmente en calles o carreteras largas y en puntos críticos como intersecciones, desvíos y otros.

4. Lámparas y luminarias

a) Lámparas

En esta norma se considerarán únicamente las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, tipo que más se usa en el Istmo Centroamericano, y las de vapor de sodio, por existir actualmente una fuerte tendencia para su uso.

<sup>1/</sup> Los niveles de uniformidad recomendados se incluyen en la página 155.  
<sup>2/</sup> J. B. de Boer, M. Cohn, A. B. de Graaff, B. Knudsen y D. A. Schreuder, Public Lighting, Philips Technical Library.

Las características que determinarán la selección de una lámpara para una determinada instalación serán:

- 1) El flujo luminoso (lúmenes)
- 2) La economía (costo inicial, costo de mantenimiento, lúmenes/vatio y vida útil)
- 3) La luminancia de la lámpara y su área emisora
- 4) El color de la luz emitida.

i) Identificación para las lámparas de vapor de mercurio. Las lámparas de vapor de mercurio se identificarán de acuerdo al método recomendado por ANSI (C 78.380 - 1957), el cual consiste en una combinación de letras y números con el siguiente orden y significado:

H, identifica a las lámparas de mercurio;

Un número indica todas las características eléctricas de la lámpara. Las lámparas con un mismo número serán eléctricamente intercambiables; 3/ Dos letras. Estas letras representarán todas las características físicas de la lámpara, tales como tamaño de bulbo, forma, material, etc. Las lámparas con las mismas letras serán físicamente intercambiables.

Además, a la designación anterior, el fabricante podrá agregar la potencia nominal, el color, etc.

ii) Lámparas recomendadas. Las lámparas recomendadas para alumbrado público serán:

Vatios de la lámpara	Designación de la lámpara <u>a/</u>	Designación del bulbo <u>a/</u>	Tipo de lámpara	Designación de la base
100 W	H 38 HT	BT-25	Clara	Rosca Mogul
100 W	H 38 JA	BT-25	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul
175 W	H 39 KC	BT-28	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul
250 W	H 37 KC	BT-28	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul
400 W	H 33 GL	BT-37	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul

a/ Referencia ANSI

En el cuadro 1 se indican las principales características de estas lámparas.

3/ Para la intercambiabilidad eléctrica se entiende que las características de operación y los requisitos de encendido que aparecen en el cuadro 1 son similares.

Cuadro 1

CARACTERÍSTICAS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA PRESION

Potencia nominal de la lámpara (vatios)	Unidad	100	100	175	250	400
Desig. de la lámpara	-	H38HT	H38JA	H39KC	H37KC	H33GL
Tipo de lámpara	-	Clara	F.M.	F.M.	F.M.	F.M.
Desig. de la base (rosca)	-	Mogul	Mogul	Mogul	Mogul	Mogul
Desig. del bulbo	-	BT-25	BT-25	BT-28	BT-28	BT-37
Diámetro nominal	mm	79	79	89	89	117
Longitud máxima total	mm	191	191	211	211	302
Longitud del arco	mm	28.5+6.3	28+6.3	50.8+9.5	57+9.5	70+12.7
Posición de encendido	-	Cual- quiera	Cual- quiera	Cual- quiera	Cual- quiera	Cual- quiera
Temp.máxima del bulbo	°C	400	400	400	400	400
Temp.máxima de la base	°C	210	210	210	210	210
<b>Características de operación<sup>a/</sup></b>						
Volt. nominal - V.B.A. <sup>b/</sup>	V	130	130	130	130	135
Mínimo - V.B.A.	V	115	115	115	115	120
Máximo - V.B.A.	V	145	145	145	145	150
Corriente nominal - V.B.A.	A	0.85	0.85	1.5	2.1	3.2
Volt. nominal - horizontal	V	130	130	128	129	130
Mínimo - horizontal	V	115	115	113	114	115
Máximo - horizontal	V	145	145	143	144	145
Corriente nominal-horizontal	A	0.8	0.8	1.55	2.15	3.4
<b>Requisitos de encendido</b>						
Voltaje mínimo a 10°C <sup>c/</sup>	V	200	200	200	190	190
Corriente mínima a 25°C <sup>d/</sup>	A	0.85	0.85	1.5	2.1	3.1
Corriente de diseño <sup>d/</sup>	A	1.3	1.3	2.2	3.1	5.0
Corriente máxima <sup>d/</sup>	A	1.8	1.8	3.0	4.2	6.5
Tiempo de calentamiento <sup>e/</sup>	Mín.	15	15	15	15	15
Voltaje máximo entre terminales	Vpico	1 100	1 100	1 100	1 100	2 150

Nota: F.M. = Fluorescente mercurial.

a/ Estos valores están basados en una temperatura ambiente de 25°C, operando la lámpara con su respectivo Balastro Patrón. (Véase más adelante el inciso iv)-12.)

b/ V.B.A., posición vertical base arriba.

c/ Los voltajes mínimos de encendido asegurarán una confiabilidad del 98 por ciento de probabilidades de encendido a 50°F a 0 horas de operación de la lámpara, y un 90 por ciento de probabilidades de encendido a 0°F y -20°F a 100 horas de operación de la lámpara.

d/ Estos valores de corriente de encendido serán medidos cuando la lámpara opere al voltaje alimentador nominal del circuito y a una temperatura ambiente de 25°C, 5 a 15 segundos después de haberse energizado el circuito.

e/ El tiempo de calentamiento será el requerido por la lámpara para alcanzar el 95 por ciento del valor mínimo nominal de operación, operando a la mínima corriente de encendido a una temperatura ambiente de 32°F, en posición "vertical base arriba" y aire ambiente calmado.

iii) Balastos para lámparas de vapor de mercurio. Las siguientes especificaciones se aplicarán a balastos integrales, diseñados para operar en un sistema de 60 hertz, de tensión nominal de 600 voltios o menos y en paralelo con el circuito alimentador.

1) Voltajes alimentadores. Los voltajes alimentadores preferidos serán: 120, 208 y 240 voltios.

2) Variaciones en los voltajes alimentadores. Los balastos deberán ser capaces de suministrar las características especificadas en los incisos 5), 6) y 8), con variaciones del voltaje alimentador de  $\pm 5$  por ciento de su voltaje nominal.

3) Carga. La carga nominal del balastro será especificada en vatios y estará de acuerdo con la potencia de la lámpara para la que está designada a operar.

4) Temperatura ambiente de la lámpara. Los balastos estarán diseñados para encender lámparas a temperaturas ambiente de  $-17.8^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ).

5) Voltaje de arranque. Los balastos proporcionarán el voltaje de arranque estipulado para la lámpara en su norma respectiva, en la gama de voltajes para la que los balastos están destinados a operar.

6) Corriente de arranque. Los balastos proporcionarán la corriente de arranque de acuerdo con los requisitos de la norma aplicable a la lámpara, en la gama de voltajes para la que los balastos están destinados a operar.

7) Potencia de operación de la lámpara. Los balastos entregarán a una Lámpara Patrón, en su posición de operación especificada (vertical base arriba u horizontal), una potencia no mayor ni menor del 7.5 por ciento de la potencia entregada a la misma lámpara en la misma posición por un Balastro Patrón. Tanto el balastro bajo prueba como el patrón serán operados a su voltaje y frecuencia nominal.

8) Regulación. En toda la gama del voltaje alimentador a la que el balastro está destinado a operar, éste entregará a una lámpara Patrón, operando a su posición especificada, no menos del 88 por ciento ni más del 112 por ciento de la potencia entregada por el balastro a la misma Lámpara Patrón cuando éste opera a su voltaje nominal.

/9) Corriente

9) Corriente de operación de la lámpara. Con el voltaje alimentador nominal aplicado a un balastro, la corriente entregada a una Lámpara Patrón, operando a su posición especificada, no excederá del 110 por ciento de la corriente entregada por un Balastro Patrón a la misma lámpara en la misma posición.

10) Temperatura de balastos. Devanados y carcasa. El aumento de temperatura de un balastro no excederá de los valores del cuadro 2, cuando opere a su voltaje alimentador y frecuencia nominal alimentando la Lámpara Patrón apropiada, después de haberse estabilizado la temperatura.

Cuadro 2

## LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA DE BALASTROS

Clase de aislamiento	Aumento de temperatura (grados centígrados)
A (105°C)	70
B (130°C)	95
F (155°C)	115
H (180°C)	135

Los aumentos de temperatura se basan en una temperatura ambiente de 25°C. Para temperaturas ambiente mayores de 25°C, los aumentos permisibles serán disminuidos en la misma cantidad en que la temperatura ambiente excede los 25°C normales.

Se recomienda utilizar preferentemente balastos con aislamiento clase H.

11) Nivel básico al impulso. Los balastos destinados a luminarias para alumbrado público estarán diseñados para un Nivel Básico al Impulso mínimo de 7.5 y 10 kV para balastos de voltajes alimentadores nominales máximos de 250 y 600 voltios, respectivamente.



12) Características de Balastos Patrón. Las características de los Balastos Patrón están dadas a 60 Hz, 25°C y  $7.5 \pm 0.5$  por ciento de factor de potencia.

Poten- cia	Tipo de lámpara	Posición de la lámpara	Voltaje ali- mentador nominal (voltios)	Corriente (amperios)	Impedan- cia (Ohmios)	Referencia
100	H38	VBA	220	0.85	170	ANSI
		Hor.	220	0.88	168	C78.1300 -1968
175	H39	VBA	220	1.50	99.5	ANSI
		Hor.	220	1.55	97.5	C78.1308 -1968
250	H37	VBA	220	2.1	70.8	ANSI
		Hor.	220	2.15	69.3	C78.1301 -1968
400	H33	VBA	220	3.2	44.8	ANSI
		Hor.	220	3.4	44.2	C78.1305 -1968

VBA, vertical base arriba.

13) Principales tipos de balastos para lámparas de vapor de mercurio. Para los balastos que más se usan para instalaciones de alumbrado público, se establecerán los siguientes valores de regulación.

Balastro tipo	Variación en el vol- taje alimentador	Variación en la poten- cia de la lámpara
	(porcientos)	
Reactor serie	$\pm 5$	$\pm 12$
Autotransformador convencional	$\pm 5$	$\pm 12$
Autotransformador autorregulado	$\pm 10$	$\pm 5$
Potencia constante	$\pm 13$	$\pm 2$

Se utilizarán únicamente balastos de alto factor de potencia.

iv) Dispositivos de control

1) Requisitos mecánicos. El enchufe usado en el dispositivo será del tipo de clavija de vuelta de 125 V - 15 A, 250 V - 10 A, 3 polos, 3 hilos, conforme a las dimensiones indicadas en la publicación NEMA No. SH 16 - 1962.

Se dispondrá de un medio de sellado como parte integral de la unidad de control.

Las dimensiones y configuración del receptáculo, las dimensiones de su cavidad y las de la base de montaje del control estarán de acuerdo con las indicadas en la publicación NEMA SH 16 - 1962.

2) Requisitos eléctricos. Las fotoceldas serán para 120 voltios, 60 Hz o 120/240 voltios y operarán a tensiones eléctricas comprendidas entre 105 y 130 voltios, o entre 105 y 130/180 y 285 voltios para la de doble voltaje.

3) Medio ambiente. La temperatura ambiente normal será de  $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y el dispositivo operará dentro de una gama de temperaturas de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ .

Cuando el dispositivo de control esté montado apropiadamente en la cabeza de la luminaria, el conjunto deberá ser a prueba de agua, polvo, insectos y otras impurezas del aire, y soportar durante 48 horas una humedad relativa de 96 por ciento a  $50^{\circ}\text{C}$ , operando con su carga nominal o bien desenergizado.

4) Requisitos de protección. La rigidez dieléctrica entre las partes conductoras y las partes metálicas de la carcasa estará capacitada para soportar una prueba de tensión eléctrica de 2.5 kV a 60 Hz por un minuto en seco.

5) Carga nominal. Los dispositivos de control para lámparas mercuriales deberán soportar una carga nominal de 1 200 VA.

6) Requisitos de operación. El dispositivo cerrará el circuito de encendido dentro de los límites de + 100 por ciento y -50 por ciento del nivel de iluminación calibrado a voltaje, frecuencia y temperatura ambiente nominal:

a) Dentro de una gama de voltaje desde 105 hasta 130 voltios a frecuencia nominal, y a  $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

b) A frecuencia y voltaje nominal en una gama de temperatura desde  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta  $50^{\circ}\text{C}$ .

La relación del nivel de iluminación de apagado al nivel de iluminación de encendido no excederá de 5.

El dispositivo no deberá causar radio interferencia cuando opere.

7) Niveles de iluminación para operación. El dispositivo de control podrá calibrarse en su nivel de iluminación de encendido desde 5.4 Luxes (0.5 pie-candela) a 32.3 Luxes (3 pie-candela).

La fotocelda deberá mostrar una marca para indicar su orientación con respecto a un punto cardinal. Esta orientación deberá ser adecuada para el funcionamiento correcto de la fotocelda en las latitudes del Istmo Centroamericano ( $7^{\circ}$  a  $18^{\circ}$  norte).

8) Tiempo de retardo. El dispositivo tendrá un tiempo mínimo de retardo de 20 segundos y máximo de 120 segundos.

9) Pararrayos. El control dispondrá de un pararrayos (o derivador de sobretensiones eléctricas) para la protección del dispositivo contra sobrevoltajes.

10) Componentes. Se aceptarán únicamente componentes de alta calidad. El elemento sensible será de sulfuro de cadmio u otro dispositivo de estado sólido de características similares y será hermético y a prueba de humedad.

#### b) Luminarias

En la selección de una luminaria se deberán considerar los siguientes puntos:

- 1) La naturaleza y potencia de la fuente luminosa
- 2) La naturaleza del sistema óptico y la distribución de la luz que proporcione
- 3) El sistema protector
- 4) La utilización del flujo luminoso
- 5) La resistencia al calor
- 6) La resistencia a las condiciones atmosféricas
- 7) Las facilidades de instalación y mantenimiento
- 8) La cantidad de auxiliares
- 9) Las dimensiones y peso de la unidad completa
- 10) El rendimiento de los colores

- 11) Las limitaciones en la altura de montaje
- 12) El aspecto económico

La influencia de esos factores varía de acuerdo con las circunstancias locales y el diseñador deberá considerarlos según su importancia relativa. La distribución de la intensidad luminosa de la luminaria, sin embargo, influye directamente en la calidad de un alumbrado. Con base en la dirección de la máxima intensidad luminosa y las intensidades máximas permisibles a determinados ángulos de la vertical, la Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) ha clasificado las luminarias en tres tipos: cut-off, semi-cut-off y non-cut-off. En el cuadro 3 se señalan los valores característicos de esos tres tipos de distribución.

1) Tipos de luminarias

1) Clasificación internacional

Luminaria sin deslumbramiento. Es una luminaria cuya distribución de intensidad está estrictamente limitada, en direcciones con ángulos iguales o mayores de  $80^{\circ}$  de la vertical hacia abajo, a los valores indicados en el cuadro 3.

Luminaria deslumbramiento medio. Es una luminaria cuya distribución de intensidad está estrictamente limitada, en direcciones con ángulos iguales o mayores de  $80^{\circ}$  de la vertical hacia abajo, a los valores indicados en el cuadro 3.

Luminaria con deslumbramiento. Es una luminaria cuya distribución de intensidad, en direcciones iguales o mayores de  $80^{\circ}$  con la vertical hacia abajo no es reducida, y la intensidad en la horizontal está limitada a 1 000 candelas.

Cuadro 3

CLASIFICACION DE LUMINARIAS

Tipo de luminaria	Dirección de la intensidad máxima	Valores máximos permisibles de intensidad a	
		$90^{\circ}$	$80^{\circ}$
Sin deslumbramiento	0 - $65^{\circ}$	10 cd/1 000 lm	30 cd/1 000 lm
Deslumbramiento medio	0 - $75^{\circ}$	50 cd/1 000 lm	100 cd/1 000 lm
Con deslumbramiento		1 000 cd	-

## 2) Clasificación IES-ANSI de luminarias

Como guía de referencia se presentan las clasificaciones de la IES-ANSI de las luminarias para el alumbrado de calzadas, que se basan en la localización del punto de máxima intensidad de los segmentos de 1/2 de máxima intensidad y en el control de la distribución vertical de intensidad luminosa sobre el punto de máxima intensidad.

### a) Distribución vertical de luz

Las luminarias se clasificarán en "larga", "media" o "corta", según su distribución vertical de luz.

Distribución corta: Una luminaria se clasificará como de distribución corta de luz, cuando su punto de máxima intensidad caiga entre las líneas transversales de la calzada (LTC) correspondientes a 1.0 y 2.25 veces la altura de montaje de la luminaria (zona transversal de máxima intensidad).

Distribución media: Una luminaria se clasificará como de distribución media de luz cuando su punto de máxima intensidad luminosa caiga entre las líneas transversales de la calzada (LTC) correspondientes a 2.25 y 3.75 veces la altura de montaje de la luminaria (zona transversal de máxima intensidad).

Distribución larga: Una luminaria se clasificará como de distribución larga de luz cuando su punto de máxima intensidad luminosa caiga entre las líneas transversales de la calzada (LTC) correspondientes a 3.75 y 6.0 veces la altura de montaje de la luminaria (zona transversal de máxima intensidad).

### b) Control vertical de luz

Conforme al control de intensidad luminosa en la porción superior del punto de máxima intensidad, las luminarias se clasificarán en "cut-off", "semi-cut-off" o "non-cut-off".

/Cut-off:

Cut-off: Una luminaria estará en la clasificación de control de luz cut-off cuando la intensidad luminosa, más allá de las líneas transversales de la calzada (LTC) límites no excede numéricamente del 10 por ciento de los lúmenes nominales de la fuente de luz.

Las líneas transversales de la calzada límites son:

- 1) para distribución corta - 3.75 veces la altura de montaje
- 2) para distribución media - 6.00 veces la altura de montaje
- 3) para distribución larga - 8.00 veces la altura de montaje

Semi-cut-off: Una luminaria estará en la clasificación de control de luz semi-cut-off cuando su intensidad luminosa, más allá de las líneas transversales de la calzada (LTC) límites, no excede numéricamente del 30 por ciento de los lúmenes nominales de la fuente luminosa.

Las líneas transversales de la calzada límites son:

- 1) para distribución corta - 3.75 veces la altura de montaje
- 2) para distribución media - 6.00 veces la altura de montaje
- 3) para distribución larga - 8.00 veces la altura de montaje

Non-cut-off: A esta categoría pertenecerán aquellas luminarias que no tengan límites de intensidad luminosa sobre la zona del punto de máxima intensidad.

c) Distribución lateral de luz

El tipo de distribución lateral de las luminarias, excepto el V que no requiere de esas relaciones para su definición, se determinará con base en la posición relativa de los segmentos de curva de isocandela de media intensidad máxima comprendidos entre las líneas transversales de la calzada (LTC), donde el punto de máxima intensidad cae a las líneas longitudinales de la calzada (LLC).

Una luminaria tendrá una distribución de luz lateral de los tipos enseguida indicados, cuando:

<u>Tipo</u>	<u>Localización de los segmentos de curva de isocandela de 1/2 de intensidad máxima en la zona transversal de máxima intensidad</u>
I	Los segmentos de la curva de isocandela de 1/2 de intensidad máxima tanto del lado de calle como del de la casa están limitados por las líneas longitudinales de la calzada (LLC) de ambos lados de la línea de referencia correspondientes a 1.0 veces la altura de montaje en la zona transversal de máxima intensidad.
II	El segmento de la curva de isocandela de 1/2 de intensidad máxima del lado de la calle no cruza la línea longitudinal de la calzada (LLC) correspondiente a 1.75 veces la altura de montaje en la zona transversal de máxima intensidad.
III	El segmento de la curva de isocandela de 1/2 de intensidad máxima del lado de la calle cruza total o parcialmente la línea longitudinal de la calzada correspondiente a 1.75 veces la altura de montaje, pero no cruza la línea longitudinal (LLC) de 2.75 veces la altura de montaje en la zona transversal de máxima intensidad.
IV	El segmento de la curva de isocandela de 1/2 de intensidad máxima del lado de la calle, cruza total o parcialmente la línea longitudinal de la calzada (LLC) correspondiente a 2.75 veces la altura de montaje en la zona transversal de máxima intensidad.
V	La distribución de intensidad es de simetría circular y tiene esencialmente la misma intensidad en todos los ángulos laterales.

En la figura 1 se muestran algunas de las líneas longitudinales y transversales que intervienen en la clasificación de distribución de luz de las luminarias.

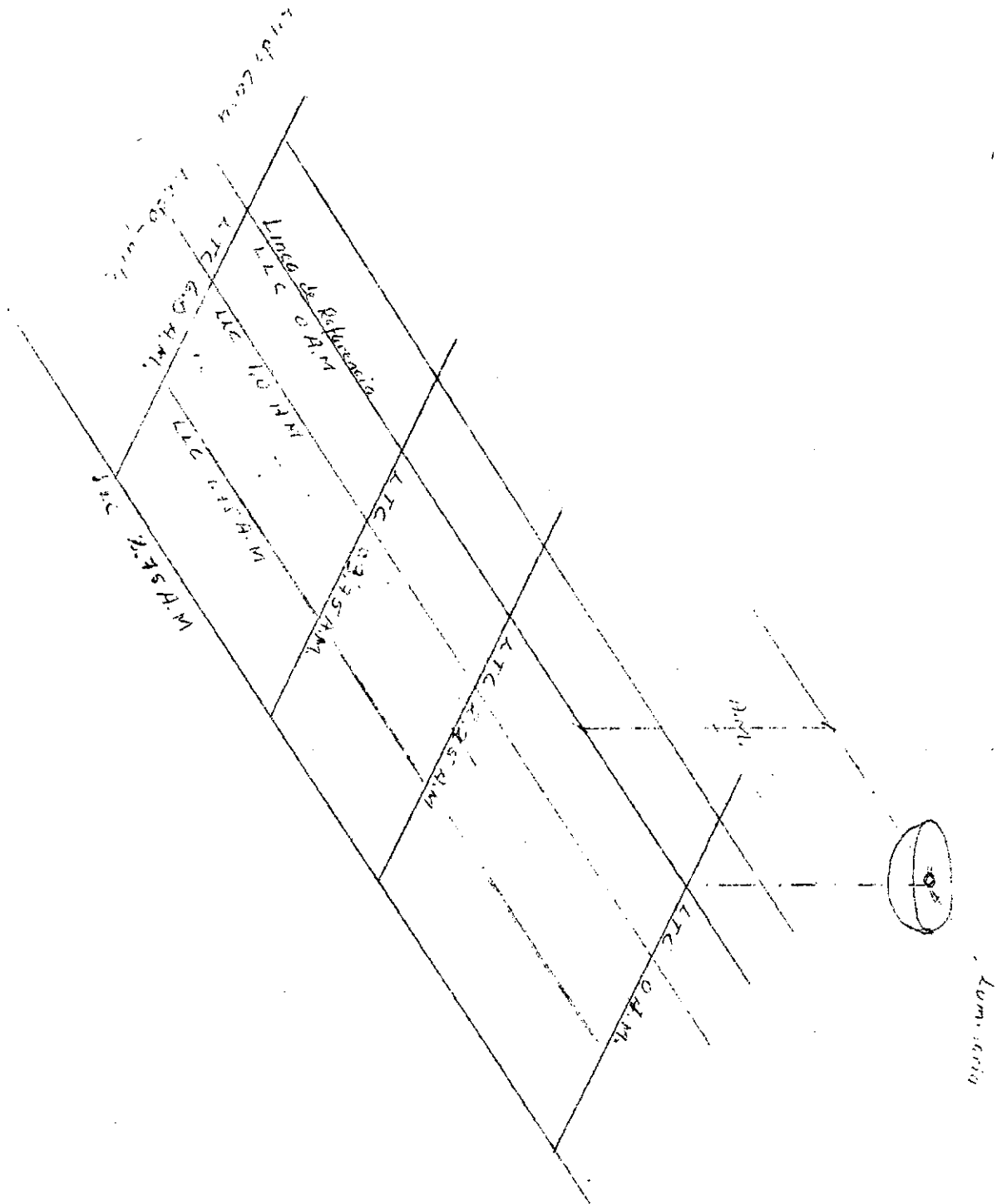


Figura 1

LINEAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DE LA CALZADA



3) Comparación de luminarias

COMPARACION DE DESLUMBRAMIENTOS ENTRE LUMINARIAS  
 CLASIFICADAS POR LA CIE Y LA IES-ANSI  
 (BASE DE 1 000 LUMENES)

Angulos en ° arriba de los cuales se ejerce al control de intensidad	Clase de luminaria					
	Sin deslumbra- miento	Cut- off	Deslumbra- miento medio	Semi- cut- off	Con des- lumbra- miento	Non- cut- off
Corta (C) 75° 04'		100		300		-
80° 00'	30		100			
Media (M) 80° 32'		100		300		-
Larga (L) 82° 52'		100		300		-
90° 00'	10		50		1 000	

Nota: Debido a la única clasificación que hace la CIE de las luminarias, solamente es comparable con la clasificación de control de intensidad para las luminarias de fabricación bajo norma IES-ANSI.

ii) Requisitos de construcción. Los requisitos de construcción que una luminaria debe satisfacer, se pueden resumir en los siguientes:

- a) Materiales apropiados y construcción robusta
- b) Buen enfriamiento
- c) Facilidad de montaje y mantenimiento
- d) Diseño estético

1) Carcasa. La carcasa de la luminaria deberá ser de aluminio fundido a presión, sin porosidades, de espesor uniforme, de superficies a prueba de corrosión y oxidación. El brazo puede formar parte de la carcasa o de lo contrario deberá contar con un accesorio de sujeción ajustable para brazos de 3.175 cm (1 1/4") y 5.08 cm (2") y en su interior se deberá instalar el balastro y demás accesorios eléctricos, y dispondrá de un receptáculo para montar un control fotoeléctrico.

/2) Reflector.

2) Reflector. El reflector deberá ser de una sola pieza e independiente de la luminaria, y contar con un alto coeficiente de reflexión, antiempañable; se deberá poder montar y desmontar con facilidad.

3) Refractor. El refractor deberá ser de cristal prismático y templado que absorba los esfuerzos mecánicos debidos a cambios bruscos de temperatura, golpes, etc., resistente al calor y de factor de transmisión elevado. Se aceptarán refractores de plástico del tipo abierto o cerrado, siempre que éstos reúnan en grado satisfactorio las características de los refractores de vidrio. El color de los refractores no se deberá alterar con el tiempo.

4) Portalámpara. El portalámpara deberá ser resistente, de porcelana de buena calidad y deberá estar, de preferencia, montado en algún aditamento que permita su colocación en varias posiciones a lo largo de su eje, y en un plano vertical, para que la luminaria produzca diferentes tipos de distribución.

5) Sellos del conjunto. Todas las partes removibles del conjunto como el refractor y el soporte del portalámpara deberán estar selladas con juntas de neopreno y silicón para altas temperaturas que amortigüen golpes y vibraciones y protejan la luminaria contra polvo, humedad, insectos, etc.

6) Portarrefractor. El aro portarrefractor deberá ser de una sola pieza, de material anticorrosivo y antioxidante y deberá sujetarse a la luminaria por medio de bisagras que eviten su caída accidental.

7) Protector. Las luminarias que dispongan de protectores deberán contar con un medio de sujeción para el protector, similar al de los aros portarrefractores. El protector deberá ser de cristal templado o plástico y deberá satisfacer los mismos requisitos mecánicos, térmicos y de hermeticidad de los refractores; asimismo su color no se deberá alterar con el tiempo y deberá asentar en forma hermética contra el sello de la carcasa o el del reflector, para evitar la entrada de las impurezas del aire al sistema óptico.

8) Dispositivo de respiración. Donde el conjunto refractor, reflector y socket debe formar un sistema óptico completamente sellado, estará provisto de algún dispositivo de respiración que filtre las impurezas del aire.

/9) Brazos y

9) Brazos y soportes. Los brazos serán de un material resistente a los esfuerzos mecánicos y a la intemperie y tendrán longitudes nominales de 1.22 m (4'), 1.83 m (6'), 2.44 m (8'), 3.04 m (10'), 3.66 m (12') y 4.26 m (14'). La longitud nominal del brazo se medirá horizontalmente de la cara del porte al punto de sujeción de la luminaria. La tolerancia en la longitud nominal será +25.4 cm (10") y -15.24 cm (6"). Los diámetros de los tubos serán de 3.175 cm (1 1/4") y 5.08 cm (2").

El brazo tendrá en el extremo de unión a la luminaria un tramo horizontal de 9.52 cm (3 3/4") de longitud mínima para tubos de 3.175 cm (1 1/4") y de 13.02 cm (5 1/8") para tubos de 5.08 cm (2").

Soportes del brazo. Los soportes del brazo estarán diseñados para sujetarse a postes de madera o de concreto. Deberán estar diseñados para ocupar la mínima distancia vertical entre sus puntos de fijación sujetos a tensión y compresión. Será preferible que las distancias verticales entre esos puntos no excedan los siguientes valores:

Longitud nominal del brazo		Espaciamiento vertical entre puntos sujetos a la tensión y compresión del soporte	
Metros	Pies	Centímetros	Pulgadas
1.22	(4)	45.70	(18)
1.83	(6)	50.80	(20)
2.44	(8)	55.90	(22)
3.04	(10)	61.00	(24)
3.66	(12)	66.04	(26)
4.26	(14)	71.12	(28)

Capacidad de carga del brazo y soporte. El conjunto brazo-soporte estará diseñado para resistir una carga vertical de 44.3 kg (100 libras) aplicadas a 7.62 cm (3") del extremo del brazo sin que la deflexión en ese punto exceda del 5 por ciento de la longitud del brazo, y para soportar una carga vertical de 113.4 kg (250 libras) aplicada a 7.62 cm (3") del extremo del brazo sin que se presenten ruptura o grietas en ninguna parte del conjunto.

El conjunto brazo-soporte estará igualmente diseñado para resistir una carga horizontal de 22.15 kg (50 libras) aplicada normal al plano vertical del conjunto a una distancia de 7.62 cm (3") del extremo del tubo, sin que la deflexión de ese punto exceda del 5 por ciento de la longitud del brazo. Esta prueba se hará con una carga vertical estabilizadora de 8.86 kg (20 libras) aplicadas a 7.62 cm (3") del extremo del brazo.

Protección contra la corrosión. Todas las partes del soporte y brazo estarán protegidas contra la corrosión.

11) Información básica sobre luminarias. Para que el diseñador pueda seleccionar la luminaria óptima para su proyecto, tanto desde el punto de vista técnico como económico, necesitará la siguiente información:

- 1) Designación del fabricante
- 2) Lámpara (características, indicadas por separado)
- 3) Propiedades ópticas:

Sistema óptico

Forma

Material y acabado del reflector

Material y acabado del refractor

- 4) Carcasa:

Material

Acabado

Color

- /5) Protector:

5) Protector:

Material  
Acabado  
Color

6) Accesorios de montaje:

Abrazadera de sujeción al brazo (diámetro en milímetros)  
Angulo de ajustes para nivelación

7) Dimensiones y peso:

Longitud (L), en mm  
Ancho (W), en mm  
Altura (H), en mm  
Peso, en kg

8) Propiedades eléctricas:

Balastro integral (sus características se indicarán por separado)  
Voltaje nominal, voltios  
Corriente de encendido, incluyendo balastro, amperios  
Factor de potencia  
Corriente nominal, incluyendo balastro, amperios  
Con capacitor, microfaradios  
Corriente de encendido, incluyendo balastro, amperios  
Corriente nominal, incluyendo balastro, amperios  
Factor de potencia  
Temperatura ambiente mínima °C  
Voltaje mínimo de encendido a temperatura mínima, V  
Periodo de calentamiento, minutos  
Carga nominal (incluyendo balastro), vatios

Nota: Deberán indicarse las bases a las que están referidos los valores de voltaje y las corrientes.

9) Características fotométricas:

Tipo de luminaria

Angulo de inclinación

Flujo luminoso (a 100 horas de servicio) lúmenes:

Flujo luminoso de la lámpara  
Flujo luminoso de la luminaria  
Flujo luminoso hacia arriba  
Flujo luminoso hacia abajo

/Eficiencia

Eficiencia de la luminaria

Intensidades luminosas (por 1 000 lm de flujo de la lámpara):

Intensidad  $90^{\circ}$ , cd/1 000 lm

Intensidad a  $80^{\circ}$ , cd/1 000 lm

Area emisora,  $m^2$

$I_{80^{\circ}}/I_{88^{\circ}}$

Intensidad a  $0^{\circ}$ , cd/1 000 lm

Máxima intensidad, cd/1 000 lm

Localización del punto de máxima intensidad

Subdivisión de la distribución de luz

Factor de depreciación, fd

Adicionalmente el fabricante proporcionará las siguientes curvas:

- a) Curvas de distribución (por 1 000 lúmenes)
- b) Curvas de isocandela (por 1 000 lúmenes)
- c) Curvas isolux (por 1 000 lúmenes)
- d) Curvas isoluminancia (por 1 000 lúmenes) para los tipos de superficie normalizados (véase más adelante la sección 5).
- e) Curva de factor de utilización
- f) Curva de rendimiento de luminancia para los tipos de superficie normalizados. (Véase el cuadro 4.)

1) Factores de depreciación o mantenimiento. El flujo luminoso de una luminaria disminuye con el tiempo debido a la reducción del flujo de la lámpara y a la acumulación de suciedad en el refractor y en el reflector y en la lámpara misma. La influencia de esos factores en los cálculos de iluminación se podrá considerar a través de los factores de depreciación o mantenimiento.

El factor de mantenimiento de la lámpara será expresado, de preferencia, como la relación de los lúmenes promedio a través de la vida de la lámpara a los lúmenes iniciales (100 horas de servicio).

El fabricante deberá proporcionar otros factores de mantenimiento, indicando los valores de referencia.

2) Distribución de luz. Las luminarias serán representadas por su distribución de intensidad luminosa en planos verticales. Las luminarias con distribución simétrica alrededor de un eje vertical serán representadas con una sola curva de distribución; las luminarias con distribución simétrica a dos ejes (como reflectores rectangulares para lámparas tubulares),

/con dos

con dos curvas de distribución, una perpendicular y la otra paralela al eje del camino; las luminarias asimétricas, con tres curvas de distribución, una perpendicular al eje del camino, otra paralela al mismo eje y una en la dirección del punto de mayor intensidad, indicando en ella el ángulo que el plano vertical que la contiene hace con el eje del camino. Las intensidades serán dadas para 1 000 lúmenes.

3) Diagrama de isocandela. El diagrama de isocandelas que incluye la mitad de todos los planos verticales presenta una descripción más completa de la distribución de luz. En él se trazarán curvas de igual intensidad en el hemisferio desarrollado. El diagrama de isocandela podrá también dibujarse sobre la superficie de la calzada. Las curvas para este último estarán basadas en la intensidad máxima para 1 000 lúmenes y serán fracciones de ésta (90, 80, 70, y 60 por ciento de  $I_{max}$ ).

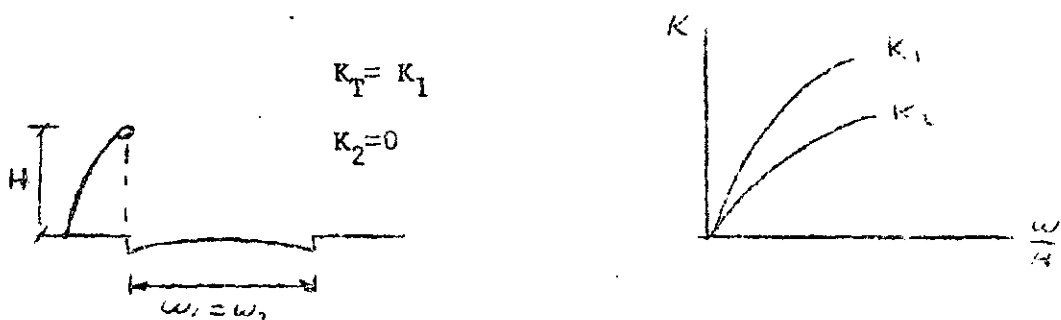
4) Diagrama Isolux. La distribución de iluminación sobre la superficie de una calzada se representará en el diagrama isolux. Los valores de iluminación de las curvas se darán con base en 1 000 lúmenes y la escala estará indicada por la altura de montaje.

5) Curvas de factor de utilización. Estas curvas mostrarán información sobre la proporción de lúmenes arrojada por la luminaria sobre la calzada (lado calle y lado casa). Los factores o coeficientes de utilización de lado calle y lado casa se identificarán por  $K_1$  y  $K_2$ , respectivamente. En el eje de las ordenadas se expresará el valor de  $K$  en porcentaje o fracción y en el de las abscisas el ancho de la calzada (referido a la vertical de la luminaria).

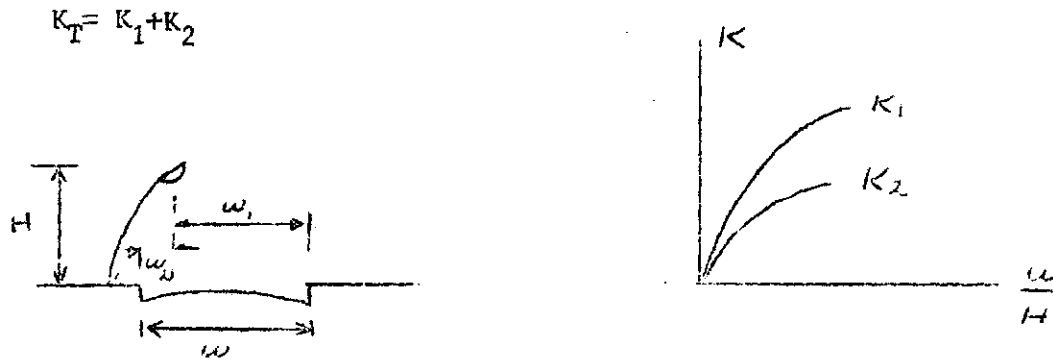
A continuación se presentan algunos ejemplos de la determinación del coeficiente de utilización para diferentes arreglos:

(i) Arreglo unilateral

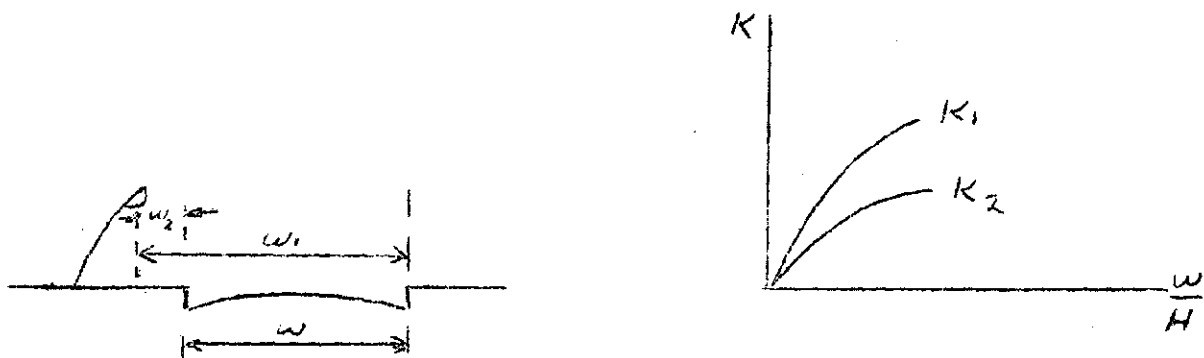
a) La vertical de la luminaria coincide con el borde de la calzada.



b) La luminaria tiene un avance  $w_2$  sobre la calzada

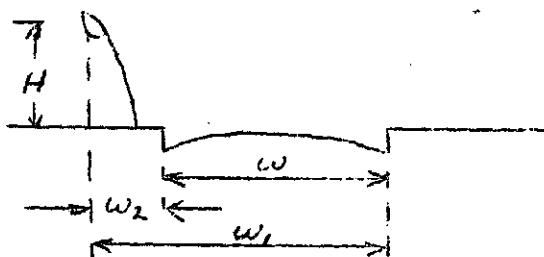


c) La luminaria está sobre la acera a  $w_2$  de la calzada



$K_T = K_1 - K'_1$

d) La luminaria ilumina la calzada con el flujo de atrás y está a  $w_2$  de la calzada.



$K_2$  para  $w_1/H$

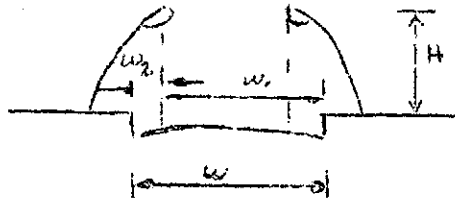
$K'_2$  para  $w_2/H$

$K_T = K_2 - K'_2$



(ii) Arreglo bilateral alterno

a) Las luminarias tienen igual avance



El cálculo de  $K_T$  es idéntico que para un arreglo unilateral, el espaciamiento será el de dos luminarias consecutivas estén o no del mismo lado.  $K_T = K_1 + K_2$

b) Las luminarias tienen diferente avance. En este caso, se encontrarán por separado los coeficientes de utilización y se promediarán



(iii) Arreglo bilateral opuesto. El cálculo para cada lado se hará en la forma explicada en (i) "arreglo unilateral".

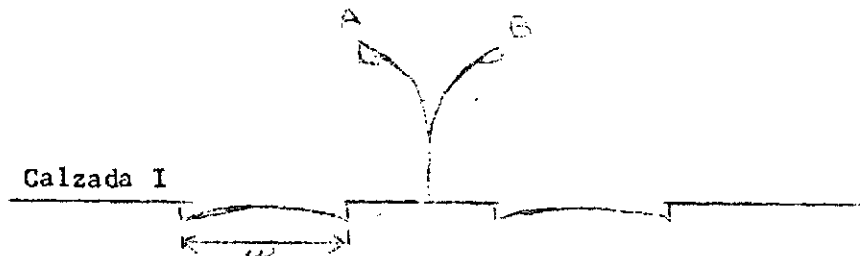
a) Las luminarias tienen el mismo avance. En este caso el  $K_T$  será el de cualquiera de los lados. En los cálculos de iluminación se deberá considerar el flujo de las dos lámparas.

b) Las luminarias tienen distinto avance.

En este caso 
$$K_T = \frac{K_{TA} + K_{TB}}{2}$$

(iv) Arreglo

(iv) Arreglo central doble. K se calculará según los procedimientos explicados anteriormente.



Para la calzada I:

$K_{TA}$  se calcula conforme a (i)- a, b y c

$K_{TB}$  se calcula conforme a (i) -d y finalmente

$$K_T = \frac{K_{TA} + K_{TB}}{2}$$

6) Diagramas de rendimiento de luminancia. Se recomienda investigar con los proveedores de luminarias las posibilidades de obtener estas curvas para los diferentes tipos de superficie de calzada. (Véase más adelante la sección 5.)

7) Diagramas de isoluminancia. También se recomienda investigar las posibilidades de obtener de los fabricantes estas curvas que son de gran utilidad en el diseño de alumbrado de calzadas.

## 5. Clasificación de superficies

Para explicar el concepto de luminancia en el diseño de alumbrado público se necesita conocer las características de reflexión de la calle a iluminar. Estas características varían grandemente, dependiendo en particular de la rugosidad, años de uso, materiales utilizados en la pavimentación y el grado de humedad de la superficie.

A fin de facilitar los cálculos, se propone adoptar provisionalmente la clasificación general del cuadro 4, para las características de reflexión de superficies de caminos,<sup>2/</sup> mientras la experiencia o mediciones posteriores indiquen otros valores.

<sup>2/</sup> Recomendada en Public Lighting, op. cit.

Cuadro 4

CLASIFICACION GENERAL DE SUPERFICIES DE CALZADAS

Tipo de superficie	$q_0$	$K$	Tipo
Ideal	1	0	I
Asfalto rugoso	0.10	0.25	II
Concreto	0.10	0.30	III
Asfalto medio con minerales oscuros	0.07	0.35	IV
Asfalto fino, alquitrán, arena asfaltada	0.085 0.066	0.55 0.60	V
Adoquines			

6. Clasificación de áreas, calzadas y poblaciones

a) Áreas<sup>3/</sup>

i) Centro o zona comercial de una población. Es la parte de la ciudad con desarrollo comercial, en donde normalmente existen un gran número de peatones y una gran demanda de espacio para estacionamiento durante los períodos de máximo tráfico, o un volumen alto y sostenido de peatones y una demanda fuerte y continua de estacionamientos públicos durante las horas de oficina. Esta definición se aplica a zonas industriales o comerciales intensamente desarrolladas en forma independiente, ya sea que formen parte del centro de la ciudad o estén fuera de ésta. Para pequeñas poblaciones (clases I y II) el centro se identificará, por lo general, con la zona circundante a la plaza o parque central, donde se encuentran las sedes de las autoridades civiles, militares y religiosas.

ii) Área intermedia. Es la sección del área metropolitana que está fuera del centro, pero generalmente dentro de la zona de influencia del desarrollo comercial e industrial, y que se caracteriza por un tránsito

<sup>3/</sup> American Standard Association, American Standard Practice for Roadway Lighting, New York, N. Y.

de peatones moderadamente alto durante las horas nocturnas y una demanda de estacionamiento más baja que en el centro.

iii) Area suburbana y rural. Es un sector residencial o una mezcla de residencias y establecimientos comerciales, caracterizada por pocos peatones y una demanda baja de estacionamiento.

b) Calles<sup>4/</sup>

i) Principal. Es la parte del sistema de calzadas que sirven como red principal, por las que pasa al flujo de tránsito a través de una ciudad.

ii) Colectora o distribuidora. Calles que sirven al tránsito entre arterias principales y calles locales o menores. Son las calzadas por las que fluye el tránsito dentro de zonas residenciales, comerciales e industriales.

iii) Local o menor. Son calzadas usadas básicamente como acceso a propiedades residenciales, comerciales, industriales u otras zonas colindantes. No incluye calzadas con tránsito de paso.

c) Poblaciones

Las poblaciones se dividirán según el número de habitantes como sigue:

- Clase I - Poblaciones de menos de 5 000 habitantes
- Clase II - Poblaciones de 5 000 a 20 000 habitantes
- Clase III - Poblaciones de 20 000 a 80 000 habitantes
- Clase IV - Poblaciones de 80 000 a 320 000 habitantes
- Clase V - Poblaciones de más de 320 000 habitantes

4/ American Standard Practice for Roadway Lighting, op. cit.

## 7. Valores recomendados

Para satisfacer los cuatro criterios básicos que definen la calidad de un alumbrado público señalados en la sección 3 de esta norma, se requiere, además de tomar en cuenta los factores económicos y de estética, hacer una evaluación detallada de la siguiente información:

- 1) Tipo del desarrollo colindante con la calzada
- 2) Volumen del tráfico nocturno de vehículos y peatones
- 3) Estadísticas de los accidentes del tráfico nocturno
- 4) Estadísticas sobre delincuencia nocturna y requisitos de seguridad
- 5) Tipo y velocidad de vehículos
- 6) Modalidad de estacionamiento
- 7) Características de la calzada

Ancho de la calzada o sección pavimentada y número de carriles

Características de la superficie del pavimento

Pendientes y curvas

Localización y ancho de cunetas, aceras y sección total y transversal del camino

Tipo y frecuencia de accesos

Ancho y ubicación de camellones y área de estacionamiento

Intersecciones

Reducciones y ensanchamientos, etc.

Puentes y pasos a desnivel

Área de cruce de peatones

- 8) Señales iluminadas adyacentes al camino

### a) Valores de niveles de luminancia e iluminación recomendados

Considerando que en la mayoría de los países del Istmo los municipios son los responsables de pagar la energía por alumbrado público, y que su capacidad financiera está en proporción a su problema, se han propuesto distintos niveles de luminancia e iluminación para las cinco clases de población.

/Los niveles

Los niveles promedio de luminancia e iluminación del cuadro 5 corresponden a valores medios de servicio, por lo que se obtendrán de los cálculos de diseño, tomando en cuenta los factores de mantenimiento.

Cuadro 5

## NIVELES DE LUMINANCIA E ILUMINACION

Tipo de calle y de población	Area					
	Centro		Intermedia		Suburbana	
	$\bar{L}$ cd./m <sup>2</sup>	$\bar{E}$ Lux (p-cd.)	$\bar{L}$ cd./m <sup>2</sup>	$\bar{E}$ Lux (p-cd.)	$\bar{L}$ cd./m <sup>2</sup>	$\bar{E}$ Lux (p-cd.)
<u>Principal</u>						
I	0.25	2.0 (0.18)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
II	0.5	4.0 (0.36)	0.25	2.0 (0.18)	0.125	1.0 (0.09)
III	0.75	7.9 (0.83)	0.50	5.25 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)
IV	1.0	10.5 (0.98)	0.75	7.9 (0.83)	0.50	5.2 (0.48)
V	1.5	15.7 (1.45)	1.0	10.5 (0.98)	0.75	7.9 (0.83)
<u>Colectora</u>						
I	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
II	0.25	2.0 (0.18)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
III	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)	0.125	1.3 (0.12)
IV	0.75	7.9 (0.83)	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)
V	1.0	10.5 (0.98)	0.75	7.9 (0.83)	0.5	5.2 (0.484)
<u>Local o menor</u>						
I	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
II	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
III	0.25	2.6 (0.24)	0.125	1.3 (0.12)	-	1.0 (0.09)
IV	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)	0.125	1.3 (0.12)
V	0.75	7.9 (0.83)	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)

**Nota:** La conversión de  $\bar{L}$  (luminancia promedio) a  $\bar{E}$  (iluminación promedio) se hizo utilizando dos relaciones promedios  $\bar{E}/\bar{L}$ ; una de valor 8 para las dos primeras clases (I y II) de poblaciones, obtenida de promediar las relaciones  $\bar{E}/\bar{L}$  del cuadro 6 para superficies claras con luminaria deslumbriamiento medio y con deslumbriamiento, y otra de valor 10.5 obtenida de promediar las relaciones  $\bar{E}/\bar{L}$  de la misma tabla, también para superficies claras, con luminarias sin deslumbriamiento y deslumbriamiento medio. Para obtener la misma luminancia con superficies oscuras, la iluminación necesitará ser duplicada.

Cuadro 6

$$\frac{\text{Iluminación promedio en Lux}}{\text{Luminancia promedio cd/m}^2} = \frac{\bar{E}}{L}$$

Tipo de luminaria	Superficie	
	Oscura (Lux/cd./m <sup>2</sup> )	Clara (Lux/cd./m <sup>2</sup> )
Sin deslumbramiento	24	12
Deslumbramiento medio	18	9
Con deslumbramiento	15	7

b) Niveles de uniformidad

i) Uniformidad de luminancia. Es la relación de la luminancia local del punto de mínima luminancia ( $L_{\min}$ ) de cualquier punto de la calzada a la luminancia media de la misma. El valor mínimo aceptado para  $L_{\min}/\bar{L}$  - será de 40 por ciento (valor recomendado por la Commission Internationale de L'Eclairage). La luminancia local de un punto es la luminancia media de una superficie entre 0.1 y 0.3 m de ancho y entre 1 y 3 m de largo.

ii) Uniformidad de iluminación. Es la relación del valor mínimo de iluminación horizontal en la calzada al valor de la iluminación promedio de la misma ( $E_{\min}/\bar{E}$ ).

Para calles principales o colectoras el valor mínimo de  $E_{\min}/\bar{E}$  será de 0.33; para calles secundarias o menores será de 1/6 (valor recomendado por ASA-IES).

c) Limitación del deslumbramiento

Como una solución práctica al problema del deslumbramiento, las luminarias se clasificarán de acuerdo con la forma de su distribución de

/luz, en

luz, en tres categorías (sección 4 b)) cut-off, semi-cut-off y non-cut-off, y se limitará su uso desde el punto de vista de deslumbramiento.

Cuadro 7

## LUMINARIAS RECOMENDABLES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE AREAS Y CALZADAS

Tipo de calle y de población	Centro		Intermedia		Suburbana	
	Preferida	Permitida	Preferida	Permitida	Preferida	Permitida
<u>Principal</u>						
I	s/d	d/m	s/d	d/m	s/d d/m	d/m c/d
II	s/d	d/m	s/d	d/m	s/d d/m	d/m c/d
III	s/d	d/m	s/d	d/m	s/d d/m	d/m c/d
IV	s/d	d/m	s/d	d/m	s/d d/m	d/m c/d
V	s/d	d/m	s/d	d/m	s/d d/m	d/m c/d
<u>Colectora</u>						
I	s/d	d/m c/d	s/d d/m	d/m c/d	d/m	d/m c/d
II	s/d	d/m c/d	s/d d/m	d/m c/d	d/m	d/m c/d
III	s/d	d/m	s/d d/m	d/m	d/m	d/m
IV	s/d	d/m	s/d d/m	d/m	d/m	d/m
V	s/d	d/m	s/d d/m	d/m	d/m	d/m
<u>Menor</u>						
I	d/m	c/d	d/m c/d	c/d	d/m c/d	c/d
II	d/m	c/d	d/m c/d	c/d	d/m c/d	c/d
III	s/d d/m	c/d	d/m	c/d	d/m c/d	c/d
IV	s/d d/m	c/d	d/m	c/d	d/m c/d	c/d
V	s/d d/m	c/d	d/m	c/d	d/m c/d	c/d

s/d = sin deslumbramiento; d/m = deslumbramiento medio; c/d = con deslumbramiento.



i) Indices de deslumbramiento molesto. De las dos formas de deslumbramiento, la que más interesa por su efecto en el observador es el deslumbramiento molesto. Investigadores de la Philips llevaron a cabo experimentos encaminados a determinar una escala de valores de deslumbramiento y sus correspondientes efectos en los observadores. Como medio alterno para la evaluación del efecto de deslumbramiento se propone la escala y la expresión resultantes de esas investigaciones, que se indican en el cuadro 7 y en el inciso e) de la sección 8, respectivamente.

Cuadro 8

## INDICES DE DESLUMBRAMIENTO MOLESTO

Indice	Deslumbramiento	Impresión general, nivel de iluminación, uniformidad, visibilidad
1	Insoportable	Mala
2	-	-
3	Molesto	Insuficiente
4	-	-
5	Apenas admisible	Regular
6	-	-
7	Satisfactorio	Buena
8	-	-
9	Inadvertido	Excelente

Nota: En la página 165 se da la expresión para el cálculo del índice de deslumbramiento.

/d) Recomendaciones

d) Recomendaciones para guías ópticas

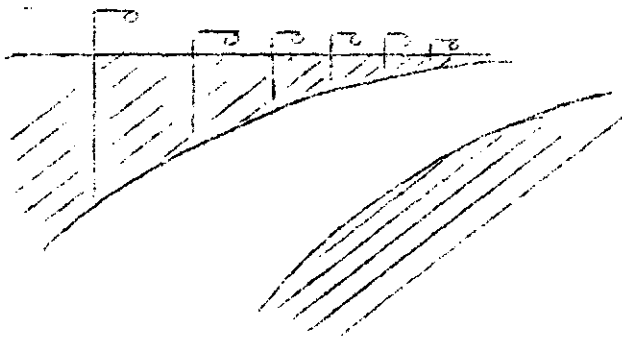
El diseñador de un sistema de alumbrado público deberá planear la ubicación de los arbotantes de tal manera que éstos contribuyan a realzar el alineamiento de la calzada.

A manera de ilustración se presentan en seguida algunas recomendaciones sobre la localización de las luminarias.

Tramos rectos.- Se procurará en lo posible que el alineamiento de las luminarias coincida con el de la calzada.

Curvas. A las curvas con radio de 1 000 metros o mayor se las considerará como rectas.

i) En curvas de calzada de anchos menores de 1.5 veces la altura de montaje se preferirá el arreglo unilateral en el lado exterior de la curva, con espaciamiento interpostal y brazos de luminarias cortos. Cuando se utilicen luminarias largas, deberán montarse en posición horizontal.



ii) En curvas de calzada con anchos de más de 1.5 veces la altura de montaje, se instalarán luminarias en el lado interior de la curva.

### 3. Métodos y criterios de diseño

El concepto de luminancia incluido en estas recomendaciones se aplicará al diseño de alumbrado de calzadas en las que, por el tráfico de vehículos, las características del diseño son impuestas por las necesidades visuales de los conductores.

El concepto de iluminación se aplicará primordialmente a cables de características básicamente residenciales o comerciales.

En el diseño de un alumbrado público se deberá contar inicialmente con ciertos datos, resultados de la evaluación completa de la información indicada en la sección 7, entre los cuales figuran primordialmente los siguientes:

- a) Planta y perfil de la calzada
- b) El nivel de la luminación promedio o de iluminación
- c) El grado requerido de uniformidad
- d) El índice de deslumbramiento

Habría además que determinar la siguiente información:

- 1) El tipo de luminaria
- 2) La altura de montaje
- 3) El espaciamiento
- 4) El avance de la luminaria
- 5) El tipo de arreglo
- 6) Las propiedades de reflexión de la superficie de la calzada

Como puede observarse, el número de variables permiten un gran número de soluciones para cada caso particular. Sin embargo, el número de soluciones puede reducirse si se adicionan exigencias para la instalación o se incluyen como datos algunos de los seis requisitos enunciados anteriormente. Entre las exigencias que se pueden imponer a la instalación se pueden citar las de naturaleza económica y/o estética.

Suponiendo que se conocen las características de reflexión de la superficie de la calzada se propondrán varios grupos de los anteriores requisitos que satisfagan el nivel de la luminaria promedio ( $\bar{L}$ ) o de iluminación promedio ( $\bar{E}$ ), según el caso. A continuación se determinará el índice de deslumbramiento, seleccionándose de entre ellos los que satisfagan este requisito y, por último, se determinará el grado de uniformidad escogiéndose el grupo que mejor cumpla con esta exigencia.

/El orden

El orden en que los valores de L, G y U son comprobados no necesariamente será el descrito anteriormente, pudiendo alterarse según el criterio del diseñador. El número de combinaciones de 1), 2), 3), 4) y 5) podrá reducirse con base en la experiencia del diseñador y de las limitaciones locales de materiales y equipos.

a) Cálculo de la luminancia promedio

El valor de la luminancia promedio se determinará por cualquiera de los métodos conocidos.

1) Cálculo de la luminancia promedio ( $\bar{L}$ ) por medio de las curvas

La aplicación de la técnica basada en el concepto de luminancia permite tener una idea durante la etapa de diseño, del nivel de luminancia esperado en una instalación. Este método de cálculo resulta rápido y relativamente preciso y se aplicará únicamente a calzadas rectas; para curvas se recomienda utilizar el método de punto-por-punto.

Para la aplicación de este método se requiere la siguiente información:

- a) El flujo luminoso de la lámpara,  $\phi$
- b) La curva de distribución de luz (D) de la luminaria, incluyendo su eficiencia
- c) La altura de montaje (h) de la luminaria
- d) El espaciamiento (s). Distancia a lo largo de la calzada de dos luminarias consecutivas, estén o no en el mismo lado.
- e) El avance de la luminaria, Ov
- f) El ancho de la calzada, w
- g) Las propiedades de reflexión de la superficie de la calzada ( $q_0$  y  $\alpha$ )
- h) La distancia (A) del punto de observación al eje longitudinal de las luminarias.
- i) Curvas  $\tau - \gamma$  para los diferentes tipos de superficie de calzada, para cada tipo de luminaria.

La expresión a utilizarse será:

$$\bar{L} = (\tau_n - \tau_1) \frac{\phi \cdot q_0}{w \cdot s}$$

Donde  $\bar{L}$  está en  $\text{cd/m}^2$ ,  $\phi$  en lúmenes, w y s en metros y  $(\tau_n - \tau_1)$  y  $q_0$  sin unidades.

/Las curvas

Las curvas  $\tau - \gamma$  serán dadas para un arreglo unilateral de lado izquierdo, para una altura de montaje de 10 metros, un espaciamiento de 30 metros, <sup>5/</sup> puntos de observación (A) a 0,  $\pm 3$  y  $\pm 6$  metros y para los cinco tipos de superficies de calzadas establecidos en el cuadro 4.

Para otras alturas de montaje (h) se aplicarán las correcciones pertinentes. Otros espaciamentos no requieren corrección en las curvas.

ii) Cálculo de la luminancia promedio (L) por el método del diagrama de rendimiento de luminancia

En la expresión:

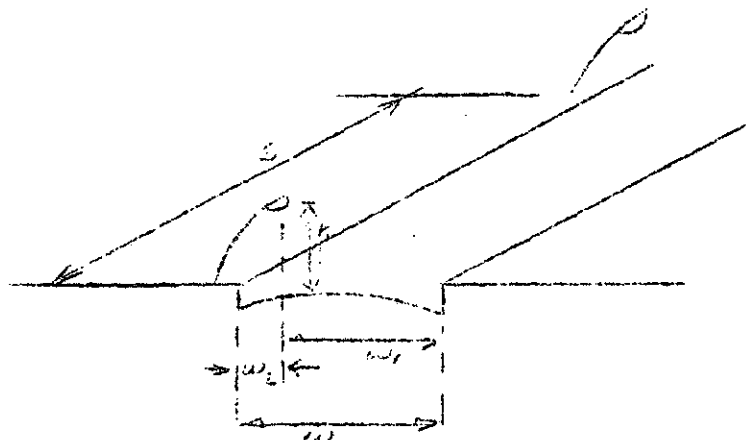
$$\bar{L} = (\tau_n - \tau_1) \frac{\rho q_0}{w \cdot s}$$

los factores  $(\tau_n - \tau_1) q_0$  pueden combinarse en una sola variable para valor constante de  $q_0$  y así obtener una expresión simplificada.

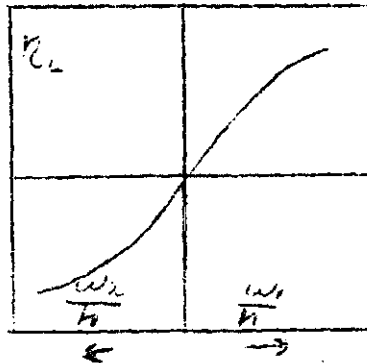
$$\bar{L} = \eta_L \left( \frac{\rho}{w \cdot s} \right)$$

si  $\tau_1 = 0$   $\tau_n \times q_0 = \eta_L$  se pueden elaborar las curvas  $\eta_L - \frac{w}{h}$  para los cinco tipos de superficies (véase de nuevo el cuadro 4). Si se tuviera otra superficie con un factor especular ( $\rho$ ) igual a cualquiera de los valores establecidos en el cuadro 4 y diferente  $q_0$ , se utilizará la curva  $\eta_L - \frac{w}{h}$  correspondiente a la superficie normalizada y el valor  $\eta_L$  encontrado se multiplicará por la relación  $q'_0/q_0$ .

Se dispondrá de las mismas curvas para puntos de observación que en el diagrama  $\tau - \gamma$  pero referidas a  $\eta_L - w/h$ .



<sup>5/</sup> El fabricante podrá proporcionar las curvas para otro espaciamento.



$$\bar{L} = \eta_L \frac{\phi}{s w}$$

$$\eta_L = \eta_{L1} + \eta_{L2}$$

$\eta_{L1}$  para relación  $w1/h$   
 $\eta_{L2}$  para relación  $w2/h$

b) Cálculo de la iluminación promedio ( $\bar{E}$ )

La iluminación promedio de una superficie se define como el flujo luminoso incidente dividido por el área de la superficie. La iluminación en un punto es el límite de la iluminación promedio de una superficie, cuando esta tiende a cero. Cuando el flujo luminoso es expresado en lúmenes y el área en  $m^2$ , la iluminación estará en LUX.

$$\text{(Luxes)} \quad \bar{E} = \frac{\phi}{a} \left( \frac{\text{Lúmenes}}{m^2} \right)$$

La iluminación promedio sobre la superficie de una calzada recta se podrá calcular bien utilizando las curvas de coeficientes de utilización, o bien calculando la iluminación de un gran número de puntos y promediando sus valores; se recomienda, por la rapidez del cálculo, el primer método.

La fórmula básica para la determinación de la Iluminación Horizontal Promedio es:

$$E = \frac{K_t \times \phi \times f}{s \times w}$$

Donde:

- $\bar{E}$  : Iluminación Horizontal Promedio en luxes
- $\phi$  : Flujo luminoso nominal de la lámpara, en lúmenes a 100 horas de servicio
- f : Factor de depreciación (Lámpara + luminaria)
- s : Espaciamento

/w: Ancho de

w: Ancho de la calzada o superficie de rodamiento  
 K: Factor de coeficiente de utilización

$$K_T = K_1 + K_2$$

$K_1$ : Coeficiente de utilización para lado de calle

$K_2$ : Coeficiente de utilización para lado de casa

**Nota 1:** El espaciamiento se tomará como la distancia a lo largo de la calzada entre dos luminarias consecutivas estén o no en el mismo lado. Para luminarias en arreglo bilateral opuesto el espaciamiento será la mitad de la distancia entre dos pares de lúminas consecutivas.

**Nota 2.** El factor de depreciación será proporcionado por el fabricante tanto para la luminaria y lámparas solas como para el conjunto, indicando los períodos base.

**Nota 3.** El valor del flujo ( $\phi$ ) utilizado en la ecuación 1 estará de acuerdo con el factor de depreciación que se utilice.

a) Si se utiliza el flujo luminoso de la lámpara en el momento de remplazo ( $\phi_r$ ) se aplicará el factor de depreciación o mantenimiento de la luminaria para encontrar el nivel de iluminación en el momento de remplazo y limpieza de la lámpara y luminaria, respectivamente.

$$\bar{E}_r = \frac{K \times \phi_r \times f(1)}{s \times w} \quad \text{luxes}$$

Donde:

$\bar{E}_r$ : Iluminación Horizontal Promedio en el momento de remplazo (luxes)

$\phi_r$ : Flujo luminoso de la lámpara en el momento de remplazo (lúmenes)

f(1): Factor de depreciación o mantenimiento de la luminaria

w: Ancho de la calzada (metros)

s: Espaciamiento (metros)

K: Coeficiente de utilización

b) Si se utilizara el flujo luminoso inicial ( $\phi_{100h}$ ) el factor de mantenimiento será 1 y el valor que se obtenga de  $\bar{E}_{100}$  será el inicial; este valor de  $\bar{E}_{100}$  deberá ser de un valor tal que multiplicado por el factor de mantenimiento nos de el valor mínimo recomendado en el cuadro 5.

/c) Cálculo

### c) Cálculo de la iluminación en un punto

En algunos casos se requerirá mantener una relación determinada de uniformidad, que puede ser expresada en términos de  $E_{\min}/\bar{E}$ ,  $E_{\min}/E_{\max}$  o  $\bar{E}/E_{\max}$ . En este caso se determinarán los valores de iluminación en puntos seleccionados sobre la calzada. Para determinar estos valores se utilizarán las curvas isolux que deberán estar a la misma escala que el plano de calzada.

Estas curvas se darán para 1 000 lúmenes y a una altura de montaje de un metro. Los valores reales de iluminación en cada uno de los puntos, se encontrarán multiplicando los valores encontrados por  $\frac{\phi}{h^2}$  donde  $\phi$  estará en kilolúmenes y h en metros.

La aportación de las luminarias cercanas a la iluminación de un punto pueden encontrarse con una o dos posiciones del diagrama isolux, según la simetría de las curvas.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de cálculo de iluminación en un punto.

### d) Tipos de arreglo (Véase la figura 3)

Se proponen cuatro tipos de arreglos:

1) Unilateral. En este tipo de arreglo, todas las luminarias están sobre un lado de la calzada y por lo general se recomienda cuando el ancho de la misma es igual o menor que la altura de montaje.

2) Bilateral alternado. Las luminarias están situadas en ambos lados de la calzada en formación zig-zag. Se recomienda cuando el ancho de la calzada es mayor que la altura de montaje sin exceder 1.5 veces dicha altura. Proporciona mayor uniformidad de luminancia que el arreglo unilateral y mejor visibilidad en ambos lados de la calle.

3) Bilateral opuesto. Las luminarias están situadas a ambos lados de la calzada, opuestas una a la otra. Se recomienda este arreglo cuando el ancho de la calzada sea mayor que 1.5 veces la altura de montaje.

4) Central. Las luminarias están situadas en el eje de la calzada. Se distinguirán dos subtipos: central simple y central doble. Tiene el inconveniente de atraer la atención del conductor hacia el centro de la pista y de reducir la luminancia en sus bordes, que es donde justamente pueden aparecer los obstáculos. Puede aprovecharse este arreglo en calzadas con aceras arboladas, donde los anteriores arreglos no ofrecen una buena solución.

/e) Cálculo



e) Cálculo del índice de deslumbramiento

Para obtener los índices de deslumbramiento señalados en la sección 7-d-i se utilizará la expresión:

$$G = 13.82 - 3.31 \log I_{80} + 0.97 \log \bar{L} + 4.41 \log h' + \log (I_{80}/I_{88} - 0.9) + \log F - 1.46 \log p \quad \text{--- (ecuación 2)}$$

Donde:

$I_{80}$  : Intensidad luminosa a  $80^\circ$  de la vertical hacia abajo, en candelas (cd)

$\bar{L}$  : Luminancia promedio, en  $\text{cd}/\text{m}^2$

$h'$  : Altura de observación ( $h-h_0$ ) en metros;  $h_0 = 1.50$  m

$I_{88}$  : Intensidad luminosa a  $88^\circ$ , en candelas

$F$  : Area iluminada proyectada de la fuente luminosa, en  $\text{m}^2$

$p$  : Número de luminarias por kilómetro

La expresión anterior se aplica a lámparas fluorescentes e incandescentes. Para lámparas de sodio, el valor de  $G$  será incrementado en 0.4, y para lámparas mercuriales  $G$  será disminuido en 0.1.

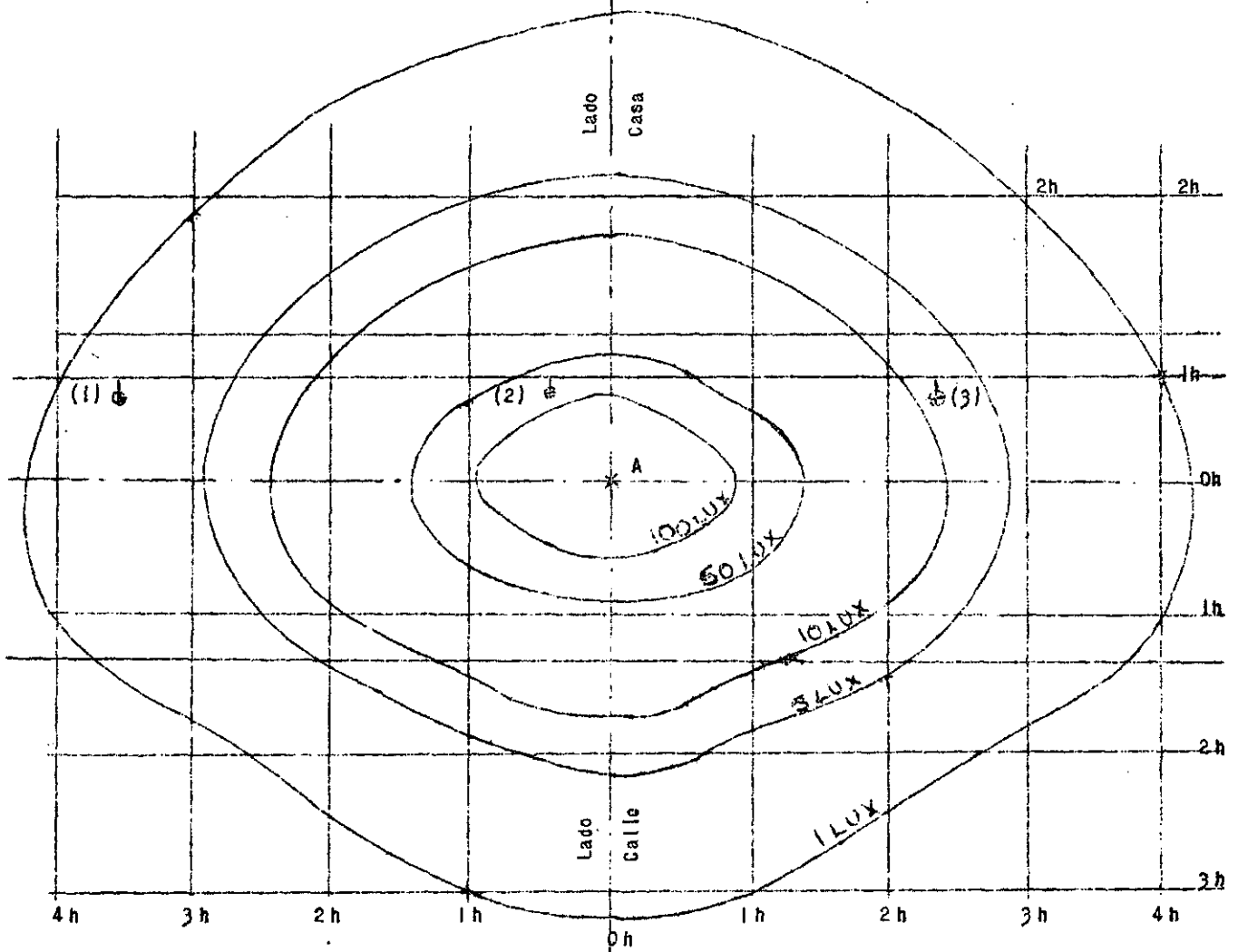
f) Altura de montaje

La altura mínima de montaje será seleccionada tomando en cuenta la potencia de la lámpara, la distribución de luz de las luminarias y la geometría de la instalación. La altura de montaje será mayor en lámparas de gran potencia, para evitar deslumbramiento y en calzadas anchas, para obtener una uniformidad transversal adecuada. Como regla general, la altura de montaje variará entre 8 y 10 metros. Se podrán aceptar alturas menores de 8 metros en alumbrado de zonas residenciales o calzadas bordeadas con árboles.

En el cuadro 9 se presentan las alturas recomendadas para los tres tipos de luminarias, según la clasificación IES-ANSI.

Figura 2

EJEMPLO DE CALCULO DE ILUMINACION EN UN PUNTO (A)



Datos:  $\phi = 20\ 000$  lúmenes  
 $h = 8$  metros  
 $s = 24$  metros

Curvas Isolux dadas para:  $\phi = 1\ 000$  lúmenes  
 $h = 1$  metro

$E_1 = 3$  Lux

$E_2 = 80$  Lux

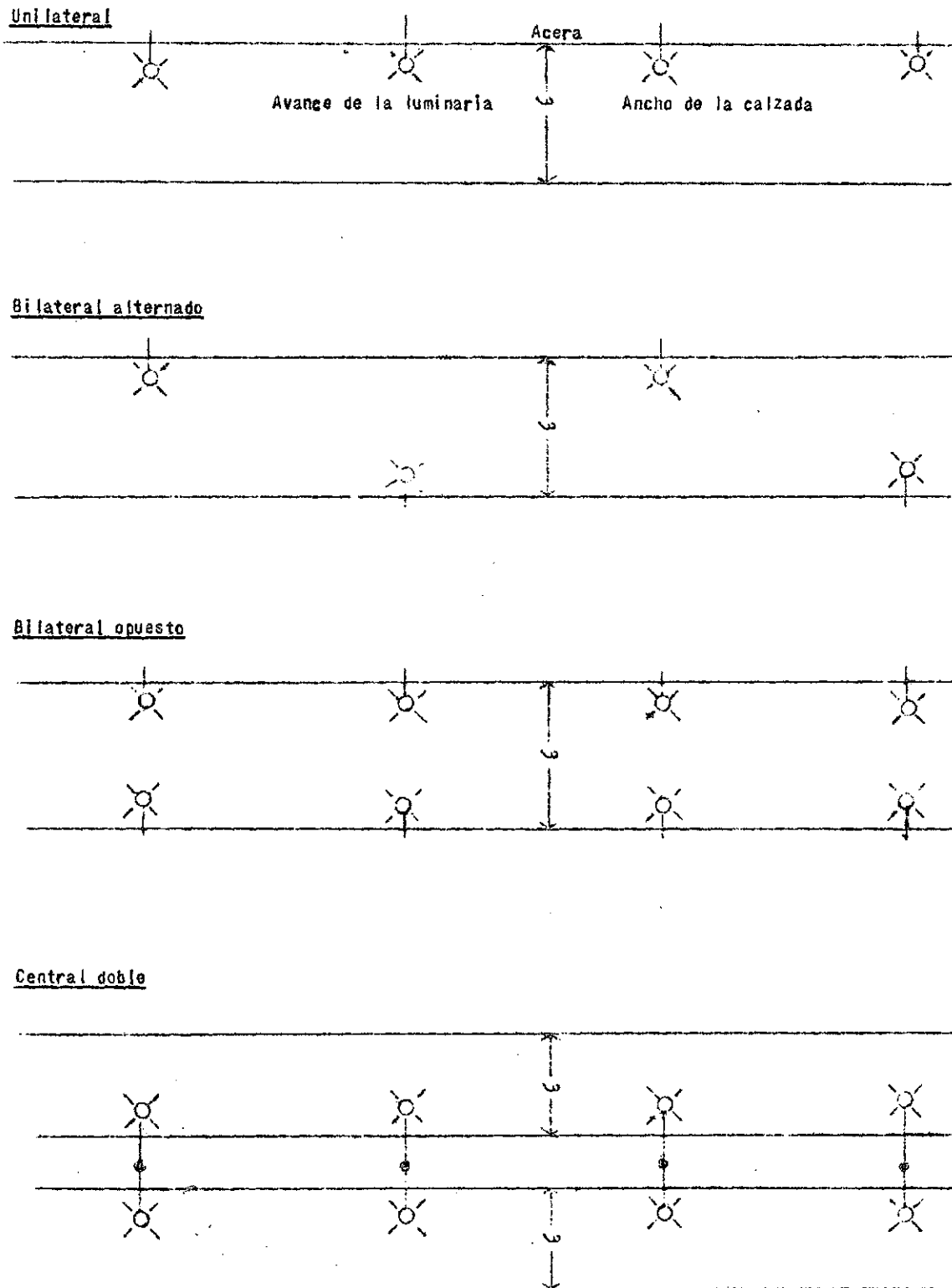
$E_3 = 8$  Lux

$E_A = 91$  Lux Para 1 metro de altura y 1 000 lúmenes

$E_A = 91 \times \frac{20}{64} = 28.5$  Lux Para 8 metros de altura y 20 000 lúmenes

Referencia: Luminaria ESCASA - DM3/400

Figura 3  
TIPOS DE ARREGLOS



Cuadro 9 <sup>a/</sup>

## ALTURAS MINIMAS DE MONTAJE DE LUMINARIAS

Máxima intensidad luminosa (Candelas)	Altura mínima de montaje		
	Cut-off <sup>b/</sup> (metros)	Semi cut-off <sup>b/</sup> (metros)	Non-cut-off <sup>b/</sup> (metros)
Menos de 5 000	6.10	6.10	7.60
Menos de 10 000	6.10	7.60	9.10
Menos de 15 000	7.60	9.10	10.60
Sobre 15 000	9.10	10.60	12.20

<sup>a/</sup> Referencia IES, American Standard Practice for Roadway Lighting, 1963

<sup>b/</sup> Esta clasificación corresponde a la IES-ANSI

g) Espaciamientos máximos

El espaciamiento se define como la distancia paralela al eje de la calzada entre dos luminarias consecutivas.

Para poder conservar en buen grado de uniformidad longitudinal, el espaciamiento no será mayor que los máximos establecidos.

Cuadro 10

Tipo de luminaria	Relación máxima espaciamiento/ altura de montaje
Sin deslumbramiento	4.28
Deslumbramiento medio	7.46
Con deslumbramiento	-

Los espaciamientos máximos anteriores se fijaron considerando que los puntos de intensidad máxima de dos luminarias consecutivas coinciden sobre la calzada .

En el cuadro 11 se incluyen los espaciamientos máximos recomendados por ASA-IES en su clasificación lateral y longitudinal de luminarias,

Cuadro 11

LIMITES DE ESPACIAMIENTOS RECOMENDADOS POR ASA-IES

Tipo IES-ANSI	Clasificación longitudinal IES-ANSI		
	Corta "C" Límites de es paciamento	Media "M" Límites de espaciamento	Larga "L" Límites de espaciamento
Tipo I - para calles con un ancho hasta de 2 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo I - 4 vías	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo II - para calles con un ancho hasta de 1.75 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo II - 4 vías	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo III - para calles con un ancho hasta 2.75 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo IV - para calles con un ancho mayor de 2.75 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo V - para alumbrado general de áreas	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h

Nota: h = altura de montaje.

La altura de montaje y el espaciamento estarán, en todo caso, relacionados con el índice de deslumbramiento (Ec 2), por lo que la selección final de éstos se hará después de tanteos en la expresión anterior, variando dentro de los valores recomendables los diversos parámetros que intervienen en ella.