

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



C.1

LIMITADO
CCE/SC.5/CRNE/VII/2
26 de febrero de 1971

ORIGINAL: ESPAÑOL

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

Comité Regional de Normas Eléctricas
Séptima reunión

PROYECTOS DE NORMAS DE TRABAJO

- CRNE-13-A: Tratamiento para postes y crucetas de madera
mediante sales de cobre
- CRNE-13-B: Especificaciones para postes de concreto
- CRNE-14 Equipo de regulación de voltaje para sistemas
de distribución (Reguladores y condensadores)

Proyecto elaborado para el Comité Regional de Normas Eléctricas por el señor Rafael Carrillo Lara, experto adscrito a la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos. Este proyecto será examinado por el CRNE junto con las observaciones que a su respecto señalen los Comités Nacionales de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano.

INDICE

	<u>Página</u>
Proyecto de Norma de Trabajo CRNE-13-A: Tratamiento para postes y crucetas de madera mediante sales de cobre	1
Proyecto de Norma de Trabajo CRNE-13-B: Especificaciones para postes de concreto	13
Proyecto de Norma de Trabajo CRNE-14: Equipo de regulación de voltaje para sistemas de distribución (Reguladores y condensadores)	39

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-13-A

Tratamiento para postes y crucetas de madera
mediante sales de cobre

INTRODUCCION

El Comité Regional de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano (CRNE), durante su sexta reunión celebrada en la ciudad de Managua, Nicaragua, del 25 al 30 de septiembre de 1970, aprobó algunas normas y especificaciones sobre el tratamiento de postes y crucetas de madera a base de creosota y pentaclorofenol.^{1/} Al mismo tiempo solicitó al experto regional en normas eléctricas que estudiara las características del tratamiento de la madera por medio de sales de cobre que se está aplicando en Nicaragua, e investigara si dicho proceso ha sido aprobado por la Rural Electrification Administration (REA) de los Estados Unidos, con el objeto de que el CRNE, en su próxima reunión, decidiese si se incluye el tratamiento aludido dentro de las normas correspondientes.

En cumplimiento a dicha solicitud, el experto llevó a cabo la investigación correspondiente, cuyos resultados se presentan en este documento a la consideración de los comités nacionales de normas eléctricas del Istmo, para su inclusión en el temario de la séptima reunión del Comité Regional, previas las observaciones pertinentes.

Este proyecto de norma complementa la norma CRNE-13, aprobada durante la sexta reunión del Comité.

Comentarios del experto

Las especificaciones aprobadas por la Rural Electrification Administration (REA) de los Estados Unidos, para los diversos tratamientos de la madera, han sido revisadas para permitir el tratamiento con preservativos a base de sales de cobre, específicamente las denominadas "arsenito de cobre y amoníaco (ammoniacal copper arsenite)" y "arseniato de cobre y cromo (chromated copper arsenate)" tipos A, B y C, que son las sales de cobre normalizadas por la American Wood Preservers Association (AWPA) de los Estados Unidos.

1/ Capítulos III y IV del volumen III del Informe de la sexta reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas, (E/CN.12/CCE/SC.5/80).

Este tratamiento ha sido aceptado condicionalmente por la REA, con el objeto de obtener experiencia en el uso de los preservativos mencionados, y fue comunicado por ésta a todos los usuarios, ingenieros consultores, contratistas, agencias inspectoras y plantas de tratamiento, en una circular con fecha 7 de octubre de 1969.

A continuación se presenta el proyecto de norma de trabajo CRNE-13-A basado en las recomendaciones y normas respectivas de la REA y de la AWPA de los Estados Unidos de Norteamérica.

PROYECTO DE NORMA DE TRABAJO CRNE-13-A

Tratamiento de postes y crucetas de madera mediante sales de cobre

1. Generalidades

Para prolongar la vida de la madera, los postes y crucetas, previamente secados, se tratan impregnándolos con las siguientes sales de cobre.

- a) Arsenito de cobre y amoníaco (ACA)
- b) Arseniato de cobre y cromo (ACC)

2. Características de las sales de cobre

Las sales de cobre utilizadas para el tratamiento de la madera deberán tener las características que se especifican a continuación:

a) Arsenito de cobre y amoníaco (ACA)

a-i) Tendrá la siguiente composición, sujeta a las tolerancias del párrafo a-ii):

Cobre, como CuO	49.8 por ciento
Arsénico, como As ₂ O ₅	50.2 por ciento

Lo anterior debe disolverse en una solución de amonía (NH₃) en agua. El peso de amonía contenida en una solución para tratamiento será de 1.5 a 2.0 veces el peso del óxido de cobre. Para facilitar la solución, puede agregarse ácido acético glacial en proporción no mayor de 1.7 por ciento.

a-ii) La composición del preservativo presente en una solución para tratamiento puede variar entre los valores indicados en a-i) y los siguientes mínimos:

Cobre, como CuO	47.7 por ciento
Arsénico, como As ₂ O ₅	47.6 por ciento

a-iii) El preservativo sólido o la solución para tratamiento se preparará a base de compuestos solubles en agua, seleccionados de los siguientes grupos, cada uno con más de 95 por ciento de pureza en una base anhidra:

Cobre bivalente - hidróxido de cobre
Arsénico trivalente- trióxido de arsénico

/El preservativo

El preservativo comercial tendrá una indicación en cuanto al contenido total de los ingredientes activos listados en el párrafo a-1).

b) Arseniato de cobre y cromo, tipo A (ACC-tipo A)

b-1) Tendrá la siguiente composición:

Cromo hexavalente, como CrO_3	65.5 por ciento
Cobre, como CuO	18.1 por ciento
Arsénico, como As_2O_5	16.4 por ciento

Sujeto a las tolerancias siguientes:

b-ii) La composición del preservativo sólido o del preservativo presente en una solución para tratamiento, puede variar dentro de los límites siguientes:

	<u>Mínimo (porcentaje)</u>	<u>Máximo (porcentaje)</u>
Cromo hexavalente, como CrO_3	59.4	69.3
Cobre, como CuO	16.0	20.9
Arsénico como As_2O_5	14.7	19.7

b-iii) El preservativo sólido o la solución para tratamiento se preparará a base de compuestos solubles en agua, seleccionados de los siguientes grupos, cada uno con más de 95 por ciento de pureza en una base anhidra:

Cromo hexavalente	dicromato de potasio o sodio, trióxido de cromo
Cobre bivalente	sulfato de cobre, carbonato cúprico básico, óxido o hidróxido de cobre
Arsénico pentavalente	pentóxido de arsénico, ácido de arsénico, arseniato o piroarseniato de sodio.

El preservativo comercial tendrá una indicación en cuanto al contenido total de los ingredientes activos listados en el párrafo b-1).

c) Arseniato de cobre y cromo, tipo B (ACC-tipo B)

c-1) Tendrá la siguiente composición:

Cromo hexavalente, como CrO_3	35.3 por ciento
Cobre, como CuO	19.6 por ciento
Arsénico, como As_2O_5	45.1 por ciento

/Sujeta a las

Sujeta a las tolerancias siguientes:

c-ii) La composición del preservativo sólido o del preservativo presente en una solución para tratamiento, puede variar dentro de los límites siguientes:

	<u>Mínimo (porcentaje)</u>	<u>Máximo (porcentaje)</u>
Cromo hexavalente, como CrO_3	33.0	38.0
Cobre, como CuO	18.0	22.0
Arsénico, como As_2O_5	42.0	48.0

c-iii) El preservativo sólido o la solución para tratamiento se preparará a base de compuestos solubles en agua seleccionados de los siguientes grupos, cada uno con más de 95 por ciento de pureza en una base anhidra:

Cromo hexavalente	dicromato de potasio • sodio, trióxido de cromo
Cobre bivalente	sulfato de cobre, carbonato cúprico básico, óxido de hidróxido de cobre
Arsénico pentavalente	Pentóxido de arsénico, ácido de arsénico, arseniato o piroarseniato de sodio.

El preservativo comercial tendrá una indicación en cuanto al contenido total de ingredientes activos listados en el párrafo c-i).

d) Arseniato de cobre y cromo, tipo C (ACC-tipo C)

d-i) Los ingredientes activos en ACC tipo C tendrán la siguiente composición:

Cromo hexavalente, como CrO_3	47.5 por ciento
Cobre, como CuO	18.5 por ciento
Arsénico, como As_2O_5	34.0 por ciento

d-ii) La composición analítica de los ingredientes activos en el preservativo sólido, o en la solución para tratamiento puede variar dentro de los límites siguientes:

	<u>Mínimo (porcentaje)</u>	<u>Máximo (porcentaje)</u>
Cromo hexavalente, como CrO_3	44.5	50.5
Cobre, como CuO	17.0	21.0
Arsénico, como As_2O_5	30.0	38.0

/d-iii) El

d-iii) El preservativo sólido o la solución para tratamiento se preparará a base de compuestos solubles en agua seleccionados de los siguientes grupos, cada uno con más de 95 por ciento de pureza en una base anhidra:

Cromo hexavalente	dicromato de potasio o sodio, trióxido de cromo
Cobre bivalente	sulfato de cobre, carbonato cuprico básico, óxido o hidróxido de cobre
Arsénico pentavalente	pentóxido de arsénico, ácido de arsénico, arseniato o piroarseniato de sodio

El preservativo comercial tendrá una indicación en cuanto al contenido total de los ingredientes activos listados en el párrafo d-i).

d-iv) El pH de la solución para tratamiento será entre 1.6 y 3.2.

3. Pruebas de conformidad

Las pruebas para determinar la conformidad con los registros del acapite 2, se llevarán a cabo según los métodos normales especificados en la norma A2 de la American Wood Preservers Association (AWPA) de los Estados Unidos.

4. Secado

- a) La madera deberá secarse al aire, o bien acondicionarse artificialmente por medio de vapor y vacío.
- b) El proveedor o impregnador deberá controlar el proceso de secamiento de los postes o crucetas, y será el responsable de indicar cuáles están ya secos para tratarse.
- c) El inspector de la empresa tendrá derecho a vigilar el proceso de secado para corroborar que se está llevando a cabo correctamente.

5. Tratamiento

a) Los postes y crucetas deberán impregnarse por el procedimiento de celdilla llena, en un cilindro a presión controlando rigurosamente las características de la sustancia impregnante, de acuerdo con el acápite 2 respectivo. La temperatura del preservativo durante todo el período de presión no excederá los valores máximos indicados a continuación:

Arsenito de cobre y amoníaco (ACA), 150° F

Arseniato de cobre y cromo (ACC), 120° F.

/b) La retención

b) La retención total del impregnante en la madera no deberá ser menor de 9.6 g/dm^3 (0.60 lb/pie^3), medida por peso antes y después del tratamiento. La planta deberá contar con los indicadores o escalas en el tanque de trabajo para medir la cantidad de solución preservativa retenida.

c) La penetración se determinará al perforar la madera con el taladro Pressler, y deberá ser total en postes y crucetas, independientemente del espesor de la albura. La perforación deberá hacerse en la parte media del poste o cruceta, evitando nudos, incisiones y grietas, y dirigida hacia el corazón.

6. Inspección

a) El proveedor dará al inspector de la empresa las facilidades necesarias para tener libre acceso a todas los lugares de la planta en donde los postes o crucetas estén siendo tratados, así como para verificar la precisión de los instrumentos de control y medición.

b) El inspector de la empresa tendrá derecho a vigilar todo el proceso de tratamiento.

7. Muestreo

a) El inspector de la empresa tendrá derecho a tomar una muestra de la sal de cobre cada vez que lo considere necesario, para verificar que llena las especificaciones correspondientes.

b) Una vez aceptada la retención, de conformidad con lo estipulado en el párrafo 5-B), se procederá al muestreo para verificar la penetración del impregnante en la madera.

c) Se entiende por lote la cantidad de postes o crucetas de uno o varios tamaños que sean impregnados en conjunto durante la misma carga.

d) Se define como muestra un número de postes o crucetas seleccionados al azar con el propósito de determinar si ésta cumple con los requisitos de penetración.

/8. Requisitos

8. Requisitos de aceptación

Independientemente de que el personal de la empresa verifique y acepte los procedimientos seguidos en los diferentes pasos del tratamiento, el impregnador será el responsable de que los postes y crucetas satisfagan los requisitos de aceptación estipulados a continuación.

a) Se acepta el lote si la muestra cumple con lo estipulado en la sección 5, de acuerdo con lo siguiente:

1) Postes y crucetas del grupo A, o sean de 12.00 metros (40 pies) o menores.

A 20 de cada 100 postes o crucetas de cada carga seleccionados al azar se les debe sacar un gusanillo de acuerdo con lo indicado en la sección 5. Si 18 o más de ellos dan la penetración requerida se acepta la carga, rechazando el o los que no la llenaron y teniendo que volver a tratar estos últimos. Si 16 o 17 de los postes o crucetas dan la penetración requerida, toda la carga debe ser muestreada y solamente se aceptarán los que satisfagan las especificaciones. Si menos de 16 postes o crucetas dan la penetración requerida, la carga debe ser tratada nuevamente.

11) Postes del grupo B, o sean de 14.00 metros (45 pies) o mayores.

A todos los postes de la carga se les debe sacar un gusanillo, de acuerdo con lo indicado en la sección 5. Solamente los que den la penetración requerida serán aceptados.

b) Todos los orificios en los postes y crucetas originados por el taladro para comprobar la penetración deberán ser taponados por el proveedor o impregnador con madera impregnada.

9. Normas aplicables

En todo lo que no esté expresamente indicado en estas especificaciones, rigen los últimos requisitos aplicables de las normas de la American Wood Preservers Association (AWPA), la Rural Electrification Administration (REA) y la American Society for Testing Materials (ASTM) de los Estados Unidos de Norteamérica.

BIBLIOGRAFIA

1. Addendum to pole specifications to include salt-type preservatives. Rural Electrification Administration, (REA), Bulletin 44-2: 345-1. October, 1969.
2. Standards for water-borne preservatives. American Wood Preservers Association (AWPA) P5-69.
3. All timber products - Preservative treatment by pressure processes. AWPA, C1-69.
4. Poles - Preservative treatment by pressure processes. AWPA, C4-69.
5. Norma de trabajo CRNE-13. Especificaciones de equipos y materiales para redes de distribución de energía eléctrica.

PROYECTO DE NORMA CRNE-13-B
Especificaciones para postes de concreto

INTRODUCCION

El Comité Regional de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano (CRNE), durante su sexta reunión celebrada en la ciudad de Managua, Nicaragua, del 25 al 30 de septiembre de 1970, aprobó la norma de trabajo CRNE-13, "Especificaciones de equipos y materiales para redes de distribución de energía eléctrica",^{1/} en cuyo capítulo I se establecen las especificaciones para postes de madera y las dimensiones y otras características fundamentales para los postes de concreto. En esa misma oportunidad el Comité acordó que el experto regional en normas eléctricas obtuviera información sobre las especificaciones de los diferentes postes de concreto que se fabrican en el Istmo Centroamericano, y elaborara un proyecto de norma a nivel regional sobre esta clase de postes, cubriendo principalmente los valores de carga de ruptura, fuerzas aplicadas, deflexiones, factores de seguridad y métodos de prueba.

En cumplimiento del acuerdo aludido, se presenta en este documento el proyecto de norma CNRE-13-B, el cual complementa la norma aprobada durante la sexta reunión del Comité.

1/ Volumen III del Informe de la Sexta Reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas, (E/CN.12/CCE/SC.5/80).

I. GENERALIDADES

En todos los países del Istmo existen fábricas de postes de concreto que suplen la demanda de estos productos a las empresas eléctricas locales y, en ciertos casos a empresas de países vecinos.

En algunos lugares se fabrican los postes centrifugados convencionales, y en otros vibrados pretensados, pero sus características de diseño y pruebas son muy similares, incluyendo la de ser todos de forma tronco-cónica y sección circular hueca.

A continuación se indican las características más importantes de los postes de concreto, que fue posible obtener en cada país.

1. Guatemala

Para el consumo del Instituto Nacional de Electrificación y de la Empresa Eléctrica de Guatemala, se fabrican localmente postes centrifugados convencionales, de concreto reforzado, de 500 a 750 libras de resistencia en su extremo superior, con un factor de seguridad de 2 y con las dimensiones indicadas en el cuadro 1 que se muestra a continuación y que fue suministrado al experto por una empresa fabricante de postes de la localidad.

En cuanto a la prueba de los postes, existe un método usado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de Guatemala, el cual ha sido aplicado a los postes que adquiere el INDE, y que por considerarlo de interés se reproduce a continuación.

Quadro 1

**CARACTERISTICAS DE POSTES DE CONCRETO CENTRIFUGADO
FABRICADOS POR UNA EMPRESA GUATEMALTECA**

Altura (metros)	Diámetros (mm)		Peso apro ximado (libras)
	Cúspide	Base	
6.00	120	210	500
6.00	165	255	700
8.00	120	240	800
8.00	165	285	1 000
9.00	120	255	1 200
9.00	165	300	1 500
10.60	120	279	2 000
10.60	165	324	2 400
12.00	120	300	2 400
12.00	165	345	2 700
15.00	165	390	3 400
17.50	120	383	4 100

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA CIUDAD UNIVERSITARIA-GUATEMALA

Ensayos para postes de concreto reforzado centrifugado

Los ensayos programados serán de dos formas:

- A. Ensayos de carga
- B. Ensayos a la ruptura

A. Ensayos de carga

Los ensayos de carga en postes se harán en la fábrica, por personal del Laboratorio de Estructuras del CII en la forma siguiente:

1. La carga se aplicará normal al eje longitudinal del poste a una distancia de 30 cm de la punta, estando el poste empotrado una longitud igual a 180 cm (poste de 9 m).

2. La carga a que se someterá el poste será aplicada lentamente hasta llegar a un valor 10 por ciento mayor al de la carga de diseño (1.10 P diseño) y en ningún caso deberá excederse de 1.20 P diseño.

3. Se medirán deflexiones en la punta y en la base de la luz libre, para cada incremento de carga.

4. Se calcularán las deflexiones reales en el punto de aplicación de carga, como sigue:

$$D = D_p - D_B$$

Siendo D_p = deflexión medida en la punta

$$D_B = \frac{l \times d_B}{e}$$

l = luz libre del poste

d_B = deflexión medida en la base de la luz libre

e = longitud de empotramiento

5. Al llegar la carga a su máximo para la prueba, se retirará lentamente hasta quitarla totalmente; en este momento se medirá la deflexión remanente:

$$D_{pr} \quad y \quad d_{Br}$$

6. Se calculará la deflexión remanente como sigue:

$$D_r = D_{pr} - D_{Br}$$

$$\text{Siendo } D_{Br} = \frac{1 \times d_{Br}}{e}$$

7. Se considera que el poste pasa la prueba de carga si la deflexión remanente es menor o igual al 20 por ciento de la deflexión máxima obtenida.

$$D_r \leq 0.20 D$$

B. Ensayos a la ruptura

Los ensayos a la ruptura se harán en la Laboratorio de Ensayo de Estructuras al estar concluido el probador de postes que para ello se está construyendo en el Laboratorio; mientras tanto se harán en la propia fábrica.

1. La carga se aplicará normal al eje longitudinal del poste a una distancia de 30 cm de la punta, debiendo estar el poste empotrado en su base una longitud de 180 cm (poste de 9 m).

2. La carga se aplicará lentamente, haciendo lecturas de las deflexiones a intervalos iguales, hasta que se produzca la ruptura del poste.

3. En caso de no presentar ruptura violenta, se considera que el poste ha llegado a la ruptura cuando las deflexiones en la punta sean muy grandes y no haya incremento de carga apreciable.

4. Las deflexiones se medirán en el punto de aplicación de carga y en la base de la luz libre del poste.

5. Las deflexiones reales en el punto de aplicación de carga se calcularán en la forma siguiente:

$$D = D_p - D_B$$

Siendo D_p = deflexión medida en la punta del poste

$$D_B = \frac{1 \times d_B}{e}$$

1 = luz libre del poste

d_B = deflexión medida en la base de la luz libre

e = longitud del empotramiento.

2. El Salvador

La Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa y la Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador, también utilizan principalmente el poste de concreto reforzado centrifugado, de las características indicadas en el cuadro 2, el cual contiene información suministrada por un fabricante local. Todos los postes tienen un factor de seguridad de 2.

Cuadro 2

CARACTERISTICAS DE POSTES DE CONCRETO CENTRIFUGADO FABRICADOS POR
UNA EMPRESA SALVADOREÑA

Longitud		Diámetros exteriores (mm)			Peso		Empotramiento		Carga horizontal 4" de la punta (libras)
Pies	Metros	Punta	Empotramiento	Base	Kilo-gramos	Libras	Pies	Metros	
22	6.71	165	240	265	396.8	875	4.9	1.5	350
26	7.92	165	260	285	571.4	1 260	4.9	1.5	400
26	7.92	165	260	285	589.5	1 300	4.9	1.5	500
30	9.15	165	278	300	630.2	1 500	4.9	1.5	500
33	10.06	165	293	320	850.3	1 875	5.25	1.6	500
35	10.67	165	300	325	952.3	2 100	5.58	1.7	500
40	12.19	165	319	345	1 180.0	2 600	5.90	1.8	500
45	13.72	165	350	380	1 045.9	3 100	6.56	2.0	500
50	15.24	165	366	390	1 632.6	3 600	7.38	2.25	500
55	16.78				1 859.3	4 100			
60	18.30				2 079.5	4 575			

En lo referente a la prueba de los postes, generalmente se prueba 1 de cada 100 aplicándole una carga horizontal a 4" de la punta, en etapas sucesivas, midiendo en la punta la deflexión producida por la aplicación de cada carga, lo mismo que la deflexión remanente que cada una produce. Los incrementos de la fuerza aplicada se van reduciendo conforme se acerca el valor de la carga de ruptura, llegando en todos los casos hasta dicho valor.

3. Honduras

Los postes de concreto usados por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica han sido principalmente de sección octogonal, huecos, con una porción de 5 pies en la cúspide de sección circular, de 30, 35 y 40 pies de longitud, fabricados de concreto reforzado vibrado. Sin embargo, desde hace algunos meses existen industriales locales que están fabricando postes de concreto pretensado, y han ofrecido a la ENEE postes de 30 y 35 pies de longitud de 250 y 200 kgs respectivamente, de carga de diseño.

Al mismo tiempo han suministrado información sobre el método de prueba usado en los postes, y que consiste en escoger al azar un 2 por ciento de cada clase de postes y aplicarles, a 30 cm de la cúspide, una carga que paulatinamente se va aumentando en incrementos iguales, y se va midiendo, para cada incremento, no solamente la deflexión en la cúspide, sino también la elongación que se produce en una porción del poste localizada a ambos lados del centro de apoyo, que es la zona de mayores esfuerzos. Se considera que el poste ha llegado a su punto de ruptura cuando esta elongación llega a significar un 5 por mil (normas alemanas DIN-4228).

4. Nicaragua

La Empresa Nacional de Luz y Fuerza ha usado ambos tipos de postes, el centrífugado convencional importado de El Salvador, y el vibrado pretensado de fabricación nacional. Estudios económicos comparativos entre los dos tipos y el de madera tratada importado, efectuados por su departamento de ingeniería en julio de 1968, otorgaron cierta ventaja a los postes fabricados localmente.

En sus especificaciones de compra indican como requisito una resistencia mínima del concreto a la compresión, a los 28 días, de 350 kilogramos por centímetro cuadrado (5 000 libras por pulgada cuadrada), y un acero de refuerzo que cumpla con las normas ANSI y ASTM correspondientes. Además se especifica que el momento resistente deberá ser el resultado de una fuerza horizontal no menor de 425 libras, aplicada en la cúspide, más la

/fuerza del

fuerza del viento equivalente a 40 kg por metro cuadrado sobre el área expuesta. Se pide también que los postes sean diseñados para resistir el momento indicado anteriormente con un factor de seguridad de 2 en la condición de ruptura del poste.

De la información suministrada por la ENALUF se elaboró el siguiente cuadro.

Cuadro 3

CARACTERISTICAS DE POSTES DE CONCRETO PRETENSADO VIBRADOS
FABRICADOS POR UNA EMPRESA NICARAGUENSE

Longitud (pies)	Diámetros exte- riores (mm)		Momento resistente (lbs-pie)	Peso (libras)
	Cúspide	Base		
30	130	267	12 500	1 220
35	130	290	15 000	1 490
40	130	310	17 100	1 815

5. Costa Rica

El Instituto Costarricense de Electricidad y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz adquieren, sin distinción y bajo las mismas condiciones, los postes de concreto pretensado y los centrifugados fabricados localmente y con las mismas especificaciones.

De uno de los fabricantes locales se obtuvo el cuadro 4, el cual indica las especificaciones de su producto.

Cuadro 4

**CARACTERISTICAS DE LOS POSTES DE CONCRETO REFORZADO
FABRICADOS POR UNA EMPRESA COSTARRICENSE**

Longitud (metros)	Diámetros exte riores (mm)		Fuerza aplicada en la cúspide		Momento a nivel de tierra (lbs-pulg)	Peso (lbs)
	Cúspide	Base	Kilo- gramos	Libras		
7	130	235	200	440	111 000	925
8	130	250	200	440	132 000	1 100
9	130	265	200	440	146 000	1 190
9	160	295	300	660	212 000	1 450
10	130	280	200	440	166 000	1 385
10	160	310	300	660	241 000	1 770
11	130	295	200	440	183 000	1 595
11	160	325	300	660	267 000	2 030
11	220	385	500	1 100	426 000	2 260
12	130	310	200	440	205 000	1 815
12	160	340	300	660	296 000	2 260
13	130	325	200	440	224 000	2 150
13	160	355	300	660	326 000	2 500
15	130	355	200	440	267 000	2 680
15	160	385	300	660	384 000	2 900

El factor de seguridad especificado para estos postes es de 1.75, aunque también pueden suplirse con factores de 2.0

El ICE, en sus especificaciones de compra, solicita normalmente postes para fuerzas transversales de 140, 240 y 350 kg, aplicadas a 50 cm de la cúspide, con un factor de seguridad de 2, o bien con cargas de ruptura de 280, 480 y 700 kg respectivamente.

/El método

El método de prueba usado por los fabricantes es el mismo descrito anteriormente en el acápite 3, y se define la carga de ruptura como aquella fuerza que, aplicada a 50 cm de la cúspide, produce una elongación de un 5 por mil en las fibras exteriores en tensión, medida en el apoyo inferior (normas alemanas DIN-4228).

6. Panamá

El Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, la Compañía Panameña de Fuerza y Luz y otras empresas eléctricas locales, adquieren principalmente el poste de hormigón pretensado vibrado, fabricado localmente por la empresa que suministró al experto los datos que aparecen en el cuadro 5. Los tipos marcados con un asterisco no los recomiendan para uso en las ciudades o poblaciones mayores.

El factor de seguridad especificado para estos postes es normalmente de 2. Por regla general se prueba uno de cada 200 postes, aplicándole la carga a 12 pulgadas de la cúspide y midiendo la deflexión, hasta llegar a la ruptura.

El IRHE en sus compras especifica postes de hormigón pretensado de 350 kg/cm^2 a los 28 días, para una carga aplicada en la cúspide de 130, 200, 300 y 500 kg, con factores de seguridad de 2.5, o sea con cargas de ruptura de 325, 500, 750 y 1 250 kg.

Cuadro 5

**CARACTERISTICAS DE LOS POSTES DE HORMIGON PRETENSADO
FABRICADOS POR UNA EMPRESA PANAMEÑA**

Longitud (metros)	Diámetros exte riores (mm) a/ Cúspide Base		Fuerza admisible en la cúspide Kilo-gramos Libras		Momento a nivel de tierra (lbs-pulg)	Peso (lbs)
7*	130	235	105	230	64 000	700
8*	130	250	105	230	73 000	870
8	130	250	200	440	130 000	1 000
9*	130	265	105	230	82 000	1 000
9	130	265	200	440	146 000	1 190
9	160	295	300	660	212 000	1 450
10*	130	280	105	230	90 000	1 050
10	130	280	200	440	166 000	1 385
10	160	310	300	660	241 000	1 770
11	130	295	200	440	183 000	1 595
11	160	325	300	660	267 000	2 030
11	160	325	500	1 100	426 000	2 060
12	130	310	200	440	205 000	1 815
12	160	340	300	660	296 000	2 240
12	160	340	500	1 100	475 000	2 280
13	130	325	200	440	224 000	2 150
13	160	330	300	660	326 000	2 500
13	160	330	500	1 100	515 000	2 550
14	130	340	200	440	257 000	2 400
14	160	370	300	660	350 000	2 800
14	160	370	500	1 100	560 000	2 850
15	130	355	200	440	275 000	2 650
15	160	385	300	660	375 000	3 100
15	160	385	500	1 100	600 000	3 150
16	130	370	200	440	290 000	2 900

a/ Estos datos fueron suministrados en pulgadas. La conversión se ha hecho para efectos comparativos.

/II. COMENTARIOS

II. COMENTARIOS

Durante la quinta reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas, celebrada en la ciudad de San José de Costa Rica en diciembre de 1969, se aprobó la norma de trabajo CRNE-10 "Criterios de diseño mecánico para redes de distribución de energía eléctrica", en la cual se fijaron tentativamente coeficientes de sobrecarga para postes de concreto de 2.0 y 1.5, para clases de construcción de líneas aéreas A y B respectivamente. En esa misma norma se define la clase A como la de construcción más fuerte y que llena los requisitos más exigentes, que se consideran necesarios en los casos de mayor peligro, y la clase B como menos fuerte que la A, pero que llena ciertos requisitos que se estiman necesarios en algunos lugares o condiciones en que el peligro es menor. El "coeficiente de sobrecarga" se definió como el cociente entre la carga máxima aplicable a una estructura sin que ninguno de sus componentes sufra deformaciones permanentes, y la carga máxima de trabajo.

En esa misma reunión se aprobó la norma de trabajo CRNE-12 "Construcción de redes de distribución de energía eléctrica", en la cual se adoptaron como normales los postes de concreto y de madera de 6 metros (20 pies), 8 m (25'), 9 m (30'), 10 y 11 m (35'), 12 m (40') y 14 m (45'), dejando a criterio de la empresa el decidir la dimensión exacta que desee usar. También se aprobó un empotramiento para los postes, del 10 por ciento de la altura del poste más 50 centímetros, bajo condiciones normales.

Tomando en cuenta las normas de trabajo aludidas, así como las dimensiones para postes de concreto aprobadas durante la sexta reunión del CRNE, además de la investigación descrita en el capítulo I, se presenta a continuación la propuesta de norma CRNE-13-B "Especificaciones para postes de concreto".

III. PROPUESTA DE NORMA CRNE-13-B ESPECIFICACIONES PARA POSTES DE CONCRETO

1. Generalidades

a) Las características dimensionales de los postes de concreto se ajustarán a las especificaciones del capítulo I-3 de la norma de trabajo CRNE-13, que se incluyen como apéndice de esta propuesta.

b) Los postes serán de hormigón reforzado de forma tronco-cónica, hueca, fabricados por los procesos centrífugado convencional o vibrado pretensado;

c) Los postes deben ser acabados en el color natural del concreto en toda su superficie, la cual debe estar libre de porosidades e imperfecciones originadas por deficiencias en la fabricación, tales como escoriaciones producidas por mala fluidez del concreto, burbujas originadas por mala compactación de los materiales, grietas no capilares, desprendimientos de concreto, etc.;

d) Cada poste deberá tener las siguientes marcas legibles e imborrables, a 3 metros (10 pies) de la base:

- i) Iniciales del fabricante
- ii) Año de fabricación
- iii) Longitud total
- iv) Resistencia de diseño

e) El fabricante debe llevar un registro estadístico de calidad de materiales y fabricación, que facilite cualquier investigación al respecto.

2. Dimensiones

Se admiten postes con las siguientes tolerancias máximas:

- i) Longitud ± 0.5 por ciento
- ii) Dimensiones transversales $+ 5$ por ciento (exteriores)

Se considera inaceptable todo poste que presente una curvatura cuya flecha exceda de 0.4 por ciento de la longitud total del mismo. La flecha debe medirse con relación a la cara interna más deformada del poste.

/3. Características

3. Características de diseño

Además de las características especificadas en la norma de trabajo CRNE-13, los postes de concreto deberán reunir los requisitos especificados en el cuadro 1 que se muestra a continuación. Además, el fabricante deberá suministrar los datos de los pesos aproximados de cada clase de poste.

Cuadro 1

CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LOS POSTES DE CONCRETO NORMALES

<u>Longitud</u> ^{a/}		Pendiente (cm/m)	Diámetro mínimo de la cúspide (mm)	Resistencia de diseño (mínima) a 30 cm de la cúspide		Coeficiente de sobre- carga <u>b/</u>
Metros	Pies			Kilo- gramos	Libras	
6.0	20	1.5	120	160	350	2
8.0	25	1.5	120	200	440	2
8.0	25	1.5	120	200	440	2
9.0	30	1.5	120	200	440	2
9.0	30	1.5	120	300	660	2
10.0	33	1.5	120	200	440	2
10.0	33	1.5	120	300	660	2
11.0	35	1.5	120	200	440	2
11.0	35	1.5	120	300	660	2
11.0	35	1.5	120	450	1 000	2
12.0	40	1.5	120	200	440	2
12.0	40	1.5	120	300	660	2
14.0	45	1.5	120	200	440	2
14.0	45	1.5	120	300	660	2

a/ Norma de Trabajo CRNE-12 "Construcción de redes de distribución de energía eléctrica".

b/ Norma de Trabajo CRNE-10 "Criterios de diseño mecánico para redes de distribución de energía eléctrica".

4. Muestreo

El proveedor deberá proporcionar, sin costo alguno para la Empresa, un mínimo de 2 postes seleccionados al azar de cada 100, para efectuar las pruebas que se describen en el acápite siguiente.

5. Métodos de prueba

Los postes se prueban en posición horizontal, y deben quedar sujetos por medios de cuñas o mordazas para fijar rígidamente la sección de empotramiento, la cual deberá ser de una longitud igual al 10 por ciento de la longitud total del poste, más 50 centímetros.^{2/} El tramo correspondiente a la altura útil del poste debe apoyarse sobre rodillos o cualesquiera otros dispositivos que eviten esfuerzos excesivos por fricción o flexión debidos al peso propio del poste.

La carga se aplicará a 30 cm de la punta del poste y en dirección normal al eje longitudinal del mismo. Las deformaciones se medirán a partir de dicho eje longitudinal. También se tomarán lecturas de la elongación que se produce en una porción del poste de 1 metro de longitud, localizada medio metro arriba y medio metro abajo del centro de apoyo.

Las pruebas serán de dos clases:

- a) Prueba de trabajo
- b) Prueba de ruptura

a) Prueba de trabajo

i) Se aplica una carga igual al 20 por ciento de la resistencia de diseño, y se anota la deformación producida a los dos minutos de aplicada la carga. Se descarga lentamente y después de cinco minutos de relevada la carga se anotan la deformación y la elongación permanentes. Debe prevenirse que la fricción no impida al poste su recuperación;

ii) Se carga nuevamente el poste al 20 por ciento de la resistencia de diseño, se deja actuar la carga dos minutos y se anota la

^{2/} Norma de trabajo CNE-12 "Construcción de redes de distribución de energía eléctrica".

deformación. Se aumenta la carga hasta el 40 por ciento de la resistencia, y después de dos minutos se anota la deformación correspondiente. Se descarga lentamente y después de cinco minutos se anotan la deformación y la elongación permanentes;

iii) El procedimiento descrito se repite, aumentando la carga a incrementos del 20 por ciento de la resistencia de diseño, hasta llegar al 120 por ciento;

iv) Esta prueba se considera satisfactoria si la deformación permanente, una vez relevada la carga correspondiente al 120 por ciento, es menor del 20 por ciento de la deformación máxima con carga, y si las grietas capilares que aparecen durante la prueba cierran claramente al liberar la carga y sin que se desprenda el concreto en la zona comprimida. Al mismo tiempo, la elongación permanente deberá ser menor del 5 por 1 000.

b) Prueba de ruptura

i) La prueba de ruptura se efectúa inmediatamente después de haber sometido al poste a la prueba de trabajo;

ii) Se aplica una carga igual al 20 por ciento de la resistencia de diseño y se incrementa lentamente y de manera continua, anotando las cargas y deflexiones a intervalos iguales, hasta que se produzca la ruptura del poste. Se anota entonces la carga que determinó la ruptura y la deflexión máxima observada;

iii) En caso de que el poste no presente ruptura violenta, se considera que el poste ha llegado a la ruptura cuando las deflexiones en la punta sean relativamente grandes y sensiblemente no haya incremento de carga, al mismo tiempo que la elongación permanente del poste es igual o mayor a un 5 por 1 000.

iv) Esta prueba se considera satisfactoria si la carga de ruptura observada es igual o mayor que la resistencia de diseño especificada para el poste, multiplicada por el coeficiente de sobrecarga correspondiente.

6. Prueba de calidad de los materiales

Cuando la Empresa lo considere conveniente, durante el proceso de fabricación puede nombrar inspectores que tomen muestras de los materiales empleados y efectúen las pruebas de calidad correspondientes.

La Empresa se reserva el derecho de designar el o los inspectores que supervisen el proceso de fabricación y pruebas mecánicas que se incluyen como requisito para la aceptación de lotes de postes. El reporte de dichos inspectores se considera definitivo para la aceptación o rechazo de los materiales probados.

7. Normas aplicables

En todo lo que no esté expresamente indicado en estas especificaciones, rige lo establecido en las normas ANSI y ASTM correspondientes, además de las normas de trabajo CRNE-10, 12 y 13.

BIBLIOGRAFIA

1. Postes de concreto armado. Especificación CFE I.5.0. México.
2. Postes de concreto preesforzado. Especificación CFE I.5.P. México.
3. Elementos prefabricados de hormigón. Planta industrial de la S.C.A.C. Buenos Aires, Argentina.
4. Especificaciones de diversas fábricas de postes de concreto armado y pretensado del Istmo Centroamericano.
5. Especificaciones de postes de concreto de las siguientes empresas eléctricas del Istmo: INDE, EEG, CEL, CAESS, ENEE, ENALUF, ICE, CNFL, IRHE y CPFL.
6. Estudio comparativo entre postes de madera y postes de concreto. ENALUF, Nicaragua, julio 1968.
7. Ensayos de carga en postes de concreto reforzado. Laboratorio de Ensayo de Estructuras. Ciudad Universitaria, Guatemala.
8. Norma de trabajo CRNE-13. Especificaciones de equipos y materiales para redes de distribución de energía eléctrica.

Apéndice

B. Postes de concreto

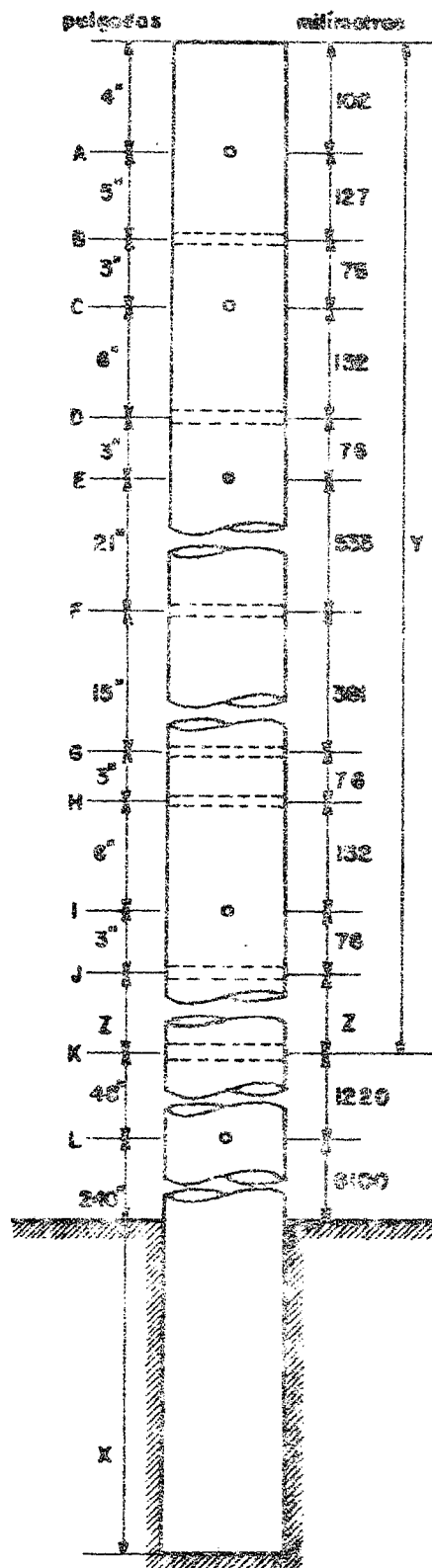
Las figuras números 7 y 8 especifican las dimensiones para los postes de concreto normales de 9 m (30 pies), 11 m (35 pies), 12 m (40 pies) y 14 m (45 pies).

El uso de los agujeros indicados en la figura 7 es el siguiente:

- a) Espiga punta de poste;
- b) Conductor en estructuras de remate monofásicas y cruceta en remates bi y trifásicos;
- c) Espiga punta de poste, crucetas voladas y crucetas en estructuras trifásicas de soporte;
- d) Conductor en derivación monofásica y crucetas en ciertas estructuras de soporte y remates;
- e) Cruceta en estructuras trifásicas de soporte doble para construcción triangular;
- f) Neutro en las estructuras monofásicas de soporte;
- g) Neutro en las estructuras de remate;
- h) Neutro en las estructuras trifásicas de crucetas voladas y de soporte;
- i) Neutro en ciertas estructuras de soporte y remate;
- j) Neutro en derivación monofásica y estructuras trifásicas de soporte doble en construcción triangular;
- k) Primer agujero para bastidores secundarios;
- l) Ultimo agujero para bastidores secundarios.

DIMENSIONES PARA POSTES DE CONCRETO

POSTES NORMALES DE 11.00 METROS (35 pies), 12.00 METROS (40 pies) y 14.00 METROS (45 pies)

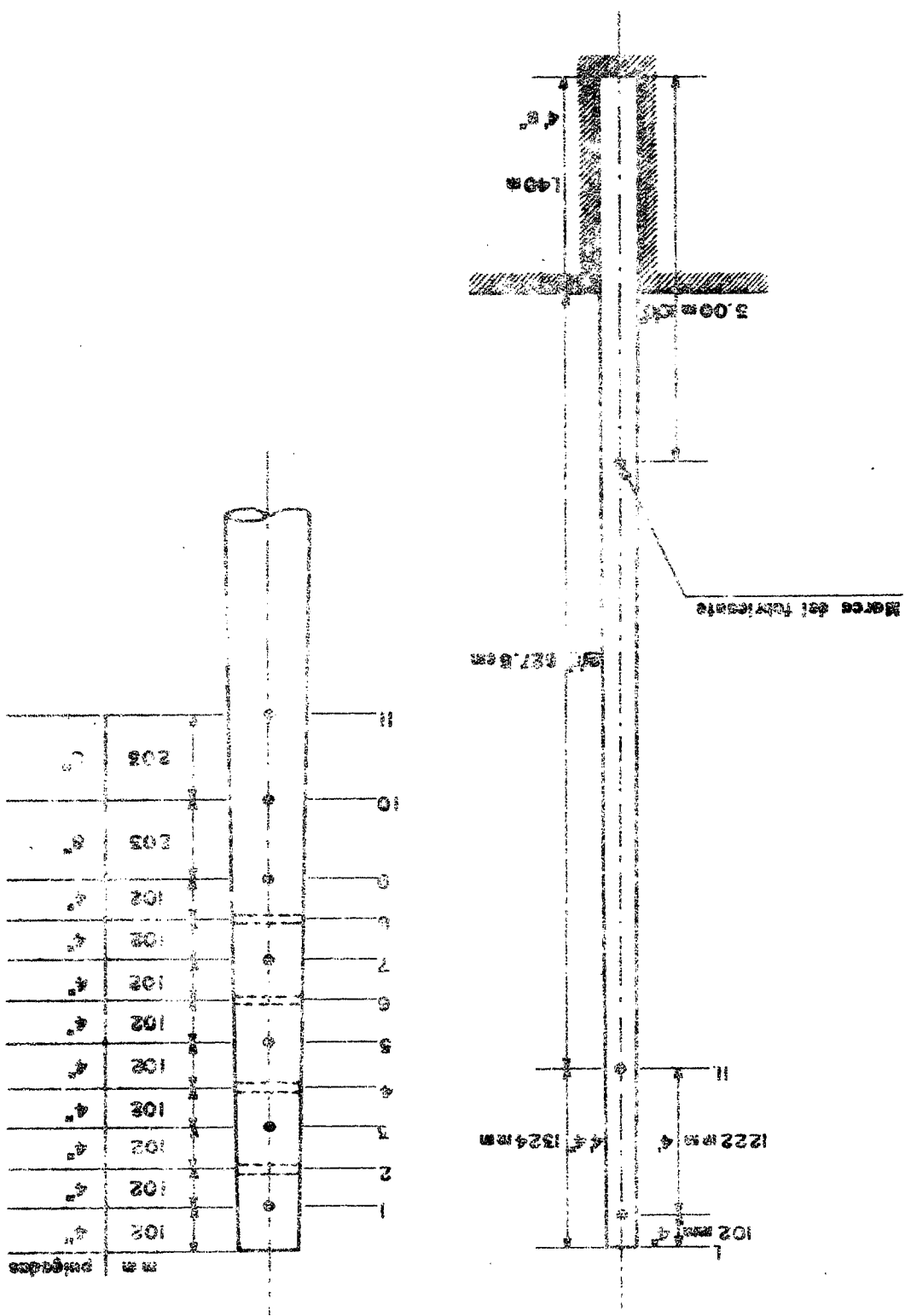


ALTURA DEL POSTE	D I M E N S I O N E S		
	X	Y	Z
metros	m i l l i m e t r o s		
11.00	1600	2080	328
12.00	1700	2380	1228
14.00	1900	4780	3028
pies	p u l g a d a s		
35	62	70	1
40	68	124	55
45	74	178	103

Aplicación: Todas las estructuras normales según la norma de trabajo CRNE-12 "Construcción de redes de distribución de energía eléctrica, excepto las siguientes:

- 1) Monofásicas: Remate doble (pernos de la espiga punta de poste) y construcción de 60 a 90°
- 2) Bi y trifásicas: Remates verticales, --- construcciones de 60 a 90° y derivaciones.

DIMENSIONES PARA POSTES DE CONCRETO 2' 8"00M (30 PIES)



PROYECTO DE NORMA CRNE-14

Equipo de regulación de voltaje para sistemas
de distribución (Reguladores y condensadores)

INTRODUCCION

El Comité Regional de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano (CRNE), durante su sexta reunión celebrada en la ciudad de Managua, Nicaragua, del 25 al 30 de septiembre de 1970, aprobó un programa de trabajo, en el que asignó primera prioridad a las normas sobre criterios de selección y especificaciones para los equipos de regulación de voltaje que se usan en los sistemas de distribución de energía eléctrica (reguladores y condensadores).

En cumplimiento de dicha parte del programa de trabajo, el experto regional presenta en este documento algunos comentarios que se basaron en una investigación realizada en el Istmo Centroamericano sobre el uso de los equipos aludidos, así como una propuesta de norma sobre este tema.

A. Comentarios generales

Son múltiples y muy importantes las ventajas que ofrece una buena regulación de voltaje, ya que cualquier tensión eléctrica que no se encuentre dentro de los límites máximos y mínimos que fijan el rango normal de variaciones permisibles en un sistema de distribución, afecta en forma adversa la operación del dispositivo que utiliza la electricidad. Si se trata de cargas de resistencia, tales como calentadores de agua, cocinas eléctricas, planchas, etc., al aplicarles un voltaje más bajo que el normal aumenta el tiempo requerido para su calentamiento, mientras que un sobrevoltaje puede dañar los equipos térmicos. Si se trata de cargas motrices, un bajo voltaje causa un mayor deslizamiento de los motores y un aumento en la corriente de línea, lo que resulta en menor eficiencia y sobrecalentamientos de los motores, mientras que un sobrevoltaje, además de sobreexcitar aumenta el par del motor con posible daño del mismo. Condiciones de bajo voltaje producen también una mala operación de los equipos electrónicos y una disminución muy notoria en la eficiencia de los dispositivos de iluminación, mientras que un voltaje más alto que lo normal acorta considerablemente la vida de dichos equipos y dispositivos.

Todos estos factores hacen que el consumidor de energía eléctrica esté muy consciente de las variaciones en las tensiones eléctricas de utilización.

Un voltaje bien regulado beneficia también al abastecedor de energía eléctrica, pues el nivel de voltaje afecta directamente los ingresos de la empresa, hasta el punto de que en muchas ocasiones la evaluación de los diversos factores que intervienen demuestra que resulta más económico mantener el nivel de voltaje de los sistemas de distribución primaria dentro de límites más estrictos que los requeridos por razones de calidad de servicio. Esta situación se presenta cuando el ahorro que se produce por dicha práctica es mayor que el costo del equipo adicional requerido para tal fin.

Los equipos de regulación de voltaje considerados en este documento son los reguladores automáticos y los condensadores de potencia. Los primeros están diseñados para mantener un control apropiado del nivel de

/tensión

tensión eléctrica a través del ciclo de carga, para reducir al mínimo la caída de voltaje en el sistema, aumentar las capacidades de los conductores suministradores e incrementar los ingresos de la empresa. Los condensadores significan un medio para corregir el factor de potencia del sistema y, como resultado de esta corrección, aliviar de carga reactiva innecesaria a los conductores suministradores y proporcionar un mejoramiento general en el nivel de voltaje del sistema.

Se puede comprobar que al mejorar el factor de potencia de un circuito alimentador determinado, de 0.80 a 0.90 atrasado, se aumenta la capacidad del circuito para transmitir potencia activa en un 10 por ciento. Un mejoramiento de 0.80 a 0.98 atrasado incrementa esa capacidad en 20 por ciento, y uno de 0.70 a 0.96 en 30 por ciento.

La ley de rendimientos decrecientes empieza a manifestarse claramente arriba de un factor de potencia de 0.95 atrasado, pues la capacidad de los condensadores en KVAR necesaria para mejorar el factor de potencia aumenta considerablemente en estos niveles y por consiguiente también sus costos.

B. Reguladores de voltaje

De la información suministrada al experto regional por las diversas empresas eléctricas del Istmo Centroamericano sobre el uso de los reguladores de voltaje en sus sistemas de distribución, se puede derivar que estos equipos son poco usuales, pues su existencia es reducida y no se presenta en todas las empresas, aunque sí existe la opinión en ciertos organismos de que su uso se acrecentará en el futuro.

En lugar de instalar reguladores en las redes de distribución, ciertas empresas han preferido efectuar la regulación de voltaje en las subestaciones, por medio de transformadores con cambiador automático de derivaciones, e instalar únicamente bancos de condensadores en las líneas. Este criterio es compartido por ciertas otras empresas que actualmente usan reguladores de voltaje automáticos.

/Los organismos

/terminación

Los organismos eléctricos que adquieren normalmente los reguladores, por regla general usan para este fin las especificaciones de los equipos de fabricación normal en los Estados Unidos de Norteamérica. Estos equipos poseen generalmente un rango de regulación de ± 10 por ciento en 32 pasos de $5/8$ por ciento cada uno.

Existe actualmente un tipo de regulador de voltaje más económico, con rango de regulación de ± 10 por ciento en solamente 4 pasos de 2.5 por ciento cada uno. Esta simplificación fue el producto de la opinión de que el regulador convencional mencionado de 32 pasos, efectúa un gran número de operaciones que en ciertos casos podrían considerarse innecesarias, principalmente en instalaciones de tipo rural.

Durante la investigación se expresó al experto la opinión de que el criterio para el uso de estos equipos debe depender de las necesidades específicas de cada empresa, según lo demuestran los análisis de sus sistemas de distribución, por lo que debe quedar a juicio individual el decidir sobre este punto.

C. Condensadores

Por las múltiples ventajas que de su utilización se derivan, está muy generalizado el uso de los bancos de condensadores en los sistemas de distribución de energía eléctrica del Istmo Centroamericano como medio de regular el voltaje. En ciertos casos se coordinan con reguladores automáticos, y en otros con transformadores con cambiador automático de derivaciones.

Es común encontrar bancos de condensadores con capacidades que varían entre 100 y 1 800 KVAR, instalados en las redes de distribución e en pequeñas subestaciones. Sus características son muy similares entre sí. Existen, sin embargo, diferencias entre los sistemas de control y conexión de estos equipos. Ciertas empresas prefieren controlar la conexión y desconexión de los bancos de condensadores por medio de relojes que los conectan a la red durante ciertas horas del día, y que tienen la desventaja de tener que desconectarlos manualmente los fines de semana y ciertos días especiales del año. En otras empresas se conectan y desconectan manualmente por medio

/únicamente

únicamente de interruptores apropiados, mientras que otras utilizan el método más elaborado, de accionar interruptores por un control automático sensitivo al nivel de voltaje, a la corriente, a la carga reactiva, etc.

Es igualmente variada la reglamentación que han impuesto los diversos organismos eléctricos de la región en lo referente al factor de potencia que se debe mantener en los sistemas de distribución, o en las cargas conectadas. Por ejemplo, hay empresas distribuidoras en países del área que están obligadas por ley a mantener el factor de potencia arriba de 0.96. En otros países, se obliga a los abonados a mantener el factor de potencia de su carga a más de 0.80, castigando a los que no cumplen por medio de recargos en la tarifa. De igual manera, existen en ciertos países bonificaciones a los clientes en la facturación, cuando éstos mantienen un factor de potencia arriba de 0.85.

En algunas regiones, el problema del factor de potencia se acentúa por el hecho de que el consumidor no está bien enterado de este tipo de regulaciones.

En la propuesta de norma que se presenta más adelante se han tomado en cuenta las especificaciones usadas en el Istmo Centroamericano para la adquisición de estos equipos. No se han considerado los sistemas de control y conexión de los condensadores.

D. Referencia a otras normas

1. Norma de Trabajo CRNE-6

Durante la cuarta reunión celebrada en la ciudad de Guatemala en marzo de 1969, el Comité Regional de Normas Eléctricas aprobó la norma de trabajo CRNE-6, "Límites, variaciones y caídas de voltaje permisibles en líneas de distribución de energía eléctrica", en la cual se establecen los límites máximos y mínimos de las tensiones eléctricas, tolerables en los puntos de entrega y utilización de la electricidad bajo condiciones normales y extremas, en los sistemas de distribución primaria y secundaria, así como las caídas de voltaje en dichos sistemas.

/Esta norma

Esta norma de trabajo debe servir de base para la determinación de la necesidad de instalar reguladores de voltaje o condensadores en un sistema de distribución.

2. Norma ANSI C-57-15

La norma norteamericana ANSI C-57-15 ("step voltage and induction voltage regulators, requirements, terminology and test code for"), no incluye el regulador de voltaje monofásico mayor de 14.4 kV nominales, sino que para tensiones eléctricas más altas considera normales únicamente los reguladores trifásicos. Sin embargo, en la propuesta de norma que se presenta más adelante se incluye el regulador monofásico de 19.92 kV nominales al que se le asigna un nivel básico de aislamiento al impulso (NBI) de 150 kV, según lo adoptado por el CRNE para los transformadores de distribución monofásicos de dicho voltaje nominal, y de acuerdo con la práctica actual de las industrias manufactureras de esta clase de equipos.

Ese mismo valor de NBI se propone para los reguladores de 14.4 kV nominales, que concuerdan también con las normas actuales de fabricación.

3. Norma NEMA CP-1

La norma norteamericana NEMA CP-1 "Shunt capacitors", especifica como normales las capacidades nominales de 15 KVAR para condensadores de 2.4 kV; de 25, 50 y 100 KVAR para condensadores de 2.4 y 7.62 y de 50 y 100 KVAR para condensadores de 14.4 kV nominales. En la norma que se propone en este documento se ha eliminado la capacidad de 15 KVAR y se ha agregado la de 150 KVAR, por considerarse que este cambio representa la actual tendencia de fabricación de estos equipos.

Con el mismo razonamiento se ha incluido en la propuesta de norma de trabajo el voltaje nominal de 19.92 kV para sistemas de 19.92/34.5 kV, que no está considerado normal en la publicación en referencia. A este voltaje nominal se le ha asignado un nivel básico de aislamiento al impulso de 125 kV, que corresponde con el de ciertos fabricantes, más no con el de otros que utilizan un NBI de 95 kV.

/Los demás

Los demás niveles de aislamiento propuestos concuerdan con esta norma.

A continuación se presenta el proyecto de norma de trabajo CRNE-14 "Equipo de regulación de voltaje para sistemas de distribución (Reguladores y condensadores)", que se basa en la experiencia práctica de las empresas eléctricas del Istmo Centroamericano sobre estos equipos y en ciertas normas de fabricación existentes.

/PROYECTO DE

PROYECTO DE NORMA CRNE-14

Equipo de regulación de voltaje para sistemas de distribución

(Reguladores y condensadores)

Se consideran normales para uso en los sistemas de distribución de energía eléctrica del Istmo Centroamericano, los reguladores de voltaje y los condensadores de potencia que cumplan con los requisitos siguientes:

A. REGULADORES DE VOLTAJE DE 32 PASOS

1. Características generales

Serán de operación automática bajo carga, monofásicos, para 60 hertz, con enfriamiento natural en aceite (clase 0A), para instalación a la intemperie y montaje en poste o en subestación. Se suministrarán completos incluyendo el aceite, y listos para ser instalados.

Deberán proporcionar una regulación suave y exacta, sin interrupciones de la corriente o fluctuaciones de voltaje, para un rango de ± 10 por ciento (aumento y disminución a partir del voltaje nominal), en 32 pasos de 5/8 por ciento cada uno. El cambiador de derivaciones deberá tener contactos de larga vida y estar accionado por un motor reversible y de operación silenciosa, a una velocidad controlada que produzca un mínimo de arqueo en los contactos.

Deberán poseer externamente un indicador de posición de las derivaciones, con interruptores de límite incorporados que se puedan ajustar externamente para casos de sobrecarga del regulador, interconectado con el circuito cambiador de derivaciones por medio de un cable de control debidamente forrado para intemperie.

El control del regulador deberá operar fundamentalmente con circuitos electrónicos de "estado sólido", con exactitud clase I; deberá ser de construcción fuerte y estará provisto de un dispositivo para compensar la caída de voltaje de la línea. El nivel de voltaje deberá ser ajustable de 105 a 135 voltios; el ancho de banda, de 1.5 a 3.0 voltios y la compensación de caída de voltaje resistiva y reactiva, de 0 a 24 voltios.

/La unidad

La unidad de control deberá estar contenida dentro de un gabinete apropiado para intemperie, montado en el exterior del tanque y conectado al regulador por medio de un cable de control debidamente forrado. Deberá preverse la posibilidad de que sea instalado en un lugar remoto.

La capacidad de corto circuito de los reguladores deberá ser de 25 veces la corriente nominal a plena carga durante 2 segundos.

Los aisladores terminales deberán ser fuertes, de porcelana de proceso húmedo o de vidrio y con los empaques fijadores necesarios para suministrar un sellado resistente a la humedad y al aceite. Estarán además provistos de los conectores apropiados para acomodar conductores de cobre o de aluminio, desde el alambre calibre No. 6 hasta el 4/0 AWG en reguladores de 200 amperios o menores, y desde el No. 2 hasta 800 MCM en reguladores mayores de 200 amperios.

El fabricante deberá fijar en cada regulador una lámina resistente a la corrosión en la que se indique, como mínimo, con caracteres legibles a simple vista, la siguiente información:

1. Nombre del fabricante,
2. Número de serie u otra identificación,
3. Capacidad nominal en kVA,
4. Corriente nominal en amperios,
5. Voltaje nominal,
6. Frecuencia 60 Hz,
7. Rango de regulación,
8. Nivel básico de aislamiento al impulso (NBI),
9. Peso total.

Cada regulador será suministrado con un pararrayos tipo de válvula para protección del arrollado en serie y otro para proteger el arrollado en derivación. Los voltajes nominales correspondientes se especifican más adelante en el punto 2.

La oferta vendrá acompañada de suficiente literatura técnica descriptiva, con diagramas y dibujos dimensionados que permitan obtener una idea clara del equipo que se ofrece.

/Se deberá

Se deberá suministrar, además, una lista general de repuestos, cotizados por separado, de la que la empresa escogerá los que estime convenientes.

2. Características particulares

a) Voltajes

Los voltajes nominales de los reguladores normales y sus niveles de aislamiento, así como los voltajes nominales de los pararrayos que se deben usar para cada regulador, se especifican en el cuadro 1. También se indican en este cuadro los voltajes nominales de los sistemas de distribución normalizados en el Istmo Centroamericano, correspondientes a cada voltaje nominal de los reguladores.

Cuadro 1

VOLTAJES EN KV DE LOS REGULADORES NORMALES DE 32 PASOS

Nominal del regulador	NBI	Clase de aisla- miento	Terminales (Arqueo a 60 Hz)		Pararrayos		Para usar en sis- temas de
			Seco 1 mín.	Húmedo 10 seg.	Serie	Derivación	
2.50	60	5	21	20	1	3	2.4/4.16 Yo
7.62	95	15	35	30	1	10	7.62/13.2 Yo
14.40	150	25	70	60	3	18	14.4/24.94 Yo
19.92	150	25	70	60	3	27	19.92/34.5 Yo

b) Capacidades y corrientes de línea

Las capacidades normales de los reguladores en kVA y sus correspondientes corrientes de línea en amperios (valores entre paréntesis), están indicadas a continuación:

/Voltaje nominal

Voltaje nominal (kV)	Capacidades normales en kVA y corrientes de línea en amperios
2.50	25(100) - 37.5(150) - 50(200) - 75(300) - 100(400) - 125(500) - 167(668)
7.62	19.1(25) - 38.1(50) - 57.2(75) - 76.2(100) - 114.3(150) - 167(219) - 250(328)
14.40	36(25) - 72(50) - 144(100) - 288(200)
19.92	49.8(25) - 99.6(50) - 199.2(100) - 333 (167) - 398.4(200).

B. REGULADORES DE VOLTAJE DE 4 PASOS

1. Características generales

Estos reguladores serán de operación automática bajo carga, monofásicos, para 60 hertz, con enfriamiento natural en aceite (clase 0A), para instalación a la intemperie y montaje en poste o en subestación. Se suministrarán completos incluyendo el aceite y listos para ser instalados.

Deberán proporcionar una regulación para un rango de ± 10 por ciento (aumento o disminución a partir del voltaje nominal), en 4 pasos de 2.5 por ciento cada uno, sin interrupciones de la corriente. El cambiador de derivaciones deberá tener contactos de larga vida y deberá ser accionado por un motor acoplado a un mecanismo apropiado que asegure un cambio rápido y silencioso.

Deberán poseer externamente un dispositivo que indique cuando el cambiador de derivaciones está en posición neutral. También tendrán una clavija de prueba que permita comprobar las operaciones del cambiador.

El control del regulador deberá operar fundamentalmente con circuitos electrónicos de "estado sólido" y estar montado en el exterior del tanque y protegido contra la intemperie. Deberá preverse la posibilidad de que sea instalado en un lugar remoto, en cuyo caso se suministrará un cable de control debidamente forrado, de la longitud que se especifique.

La capacidad de corto circuito de los reguladores deberá ser de 25 veces la corriente nominal a plena carga durante 2 segundos.

/Los aisladores

Los aisladores terminales deberán ser resistentes, de porcelana de proceso húmedo o de vidrio, y con los empaques y fijadores necesarios para suministrar un sellado resistente a la humedad y al aceite. Estarán además provistos de los conectores apropiados para acomodar conductores de aluminio o cobre desde el alambre calibre No. 8 hasta el cable No. 2 AWG o equivalentes.

Cada regulador será suministrado con un pararrayos tipo de válvula para protección del arrollado en serie y otro para proteger el arrollado en derivación de los voltajes nominales correspondientes, según se especifican más adelante en el punto 2.

La oferta vendrá acompañada de suficiente literatura técnica descriptiva, con diagramas y dibujos dimensionados que permitan obtener una idea clara del equipo que se ofrece.

Se deberá suministrar además, una lista general de repuestos, cotizados por separado, de la que la empresa escogerá los que estime convenientes.

2. Características particulares

a) Voltajes

Los voltajes nominales de los reguladores normales y sus niveles de aislamiento, así como los voltajes nominales de los pararrayos que se deberán utilizar para cada regulador, se especifican en el cuadro 2. También se indican en el cuadro los voltajes nominales de los sistemas de distribución normalizados en el Istmo Centroamericano, correspondientes a cada voltaje nominal de los reguladores.

b) Corrientes

Las corrientes de línea normales para cada voltaje nominal de regulador serán de 50 y 100 amperios.

Cuadro 2

VOLTAJES EN KV

Nominal del regulador	NBI	Clase de aisla- miento	Terminales (Arqueo a 60 Hz)		Pararrayos		Para usar en sistemas de
			Seco 1 min.	Húmedo 10 seg.	Serie	Derivación	
2.50	60	5	21	20	1	3	2.4/4.16 Yo
7.62	95	15	35	30	1	10	7.62/13.2 Yo
14.40	150	25	70	60	3	18	14.4/24.94 Yo
19.92	150	25	70	60	3	27	19.92/34.5 Yo
2.4, 4.16,*	95	15	35	30	1	3	2.4/4.16 y
4.8, 7.2					1	10	7.62/13.2 Yo

* Unidad multi-voltaje.

C. CONDENSADORES DE POTENCIA

1. Características generales

Serán para operación a 60 hertz, (monofásicos o trifásicos según se especifique) e instalación a la intemperie en poste o en subestación, individualmente o en bancos de condensadores. Tendrán 1 o 2 terminales según se indique.

Los condensadores deberán ser adecuados para conectarse en un circuito, ya sea entre fases o entre fase y neutro sólidamente conectado a tierra, cuyo voltaje corresponda al nominal del condensador. Además, deberán resistir permanentemente un voltaje eficaz entre sus terminales hasta un máximo de 110 por ciento de su voltaje nominal, incluyendo el valor eficaz de las armónicas pero excluyendo los voltajes transitorios.

Los condensadores deberán operar satisfactoriamente hasta 135 por ciento de su potencia nominal. Este valor máximo deberá incluir la potencia reactiva debida a exceso de voltaje, tanto de frecuencia fundamental, (dentro del 10 por ciento máximo permitido), como de otras frecuencias o armónicas y los KVAR en exceso debido a tolerancias de manufactura.

/El límite

El límite de 135 por ciento sobre la potencia reactiva nominal podrá excederse si las condiciones descritas se presentaran simultáneamente. Las aplicaciones en donde fuera necesario excederlo serán especificadas.

Cada unidad deberá estar contenida en una caja de acero inoxidable, con todas sus uniones selladas y herméticas a la humedad, que permita una excelente disipación del calor. El fondo de la caja no deberá hacer contacto con la superficie de apoyo, y la tapa estará diseñada para prevenir la acumulación de humedad o condensación. Además, estará provista de dos ménsulas de montaje, resistentes y rígidas, soldadas en lados opuestos de la caja, que permitan montar el condensador en posición vertical u horizontal, así como unirlo mecánicamente a otras unidades.

Los aisladores terminales podrán ser de porcelana de proceso húmedo o de vidrio y su unión con la caja deberá ser mecánicamente fuerte y totalmente hermética contra la humedad. Serán suministrados con conectores del tipo de ranuras paralelas, para aluminio o cobre, que asegurarán una buena conexión eléctrica y podrán acomodar conductores desde el alambre calibre No. 12 hasta el ACSR No. 1 AWG.

Para seguridad de los linieros y protección contra las aves, el mal tiempo, ramas, etc., cada terminal deberá suplirse con una tapa aislante que cubra el conector.

Cada condensador deberá contener una resistencia de descarga de alto valor óhmico conectada internamente entre los terminales, la que reducirá el voltaje residual del mismo a 50 voltios o menos dentro de los 5 minutos siguientes a la desconexión del condensador.

El material dieléctrico no será inflamable y la construcción interna de los condensadores deberá ser de materiales seleccionados y probados para que aseguren uniformidad de características y se encuentren libres de impurezas. Deberá estar sellada y libre de burbujas de aire.

Para su protección durante el transporte y bodegaje, cada condensador deberá empacarse en cartones individuales, a menos que se especifique otra forma, con suficiente información en el exterior para su debida identificación.

/El fabricante

El fabricante deberá fijar en cada condensador una lámina resistente a la corrosión, en la que se indique, como mínimo, con caracteres legibles a simple vista, la siguiente información:

1. Nombre del fabricante,
2. Número de catálogo, tipo, identificación o modelo,
3. Potencia reactiva nominal,
4. Número de fases,
5. Voltaje nominal,
6. Frecuencia 60 Hz,
7. Nivel básico de aislamiento al impulso (NBI),
8. Cantidad de líquido aislante contenido e indicación de si es o no inflamable,
9. Fecha aproximada de manufactura.

El fabricante deberá cotizar por separado los fusibles necesarios para la protección adecuada del condensador o grupo de condensadores, y recomendará la cantidad y características de los mismos.

La oferta vendrá acompañada de suficiente literatura técnica descriptiva, con diagramas y dibujos dimensionados que permitan obtener una idea clara del equipo que se ofrece.

2. Características particulares

a) Capacidades nominales (KVAR)

Las capacidades nominales normales de los condensadores serán las siguientes: 25 - 50 - 100 y 150 KVAR.

b) Voltajes nominales y niveles de aislamiento

Los voltajes nominales normales y sus niveles de aislamiento en kV, son los siguientes:

/Voltaje nominal

Voltaje nominal (kV)	NEI (kV)	kV		Para uso en sistemas de kV
		Arque a 60 Hz Seco 1 min.	Húmedo 10 seg.	
2.4	75	27	24	2.4/4.16 Yo
7.62	95	35	30	7.62/13.2 Yo
14.40	95	35	30	14.4/24.9 Yo
19.92*	125	42	36	19.92/34.5 Yo

* De un terminal solamente.

D. REFERENCIA A OTRAS NORMAS

1. En todo lo que no esté expresamente indicado en estas especificaciones para reguladores de voltaje y condensadores de potencia, rigen los últimos requisitos aplicables de las normas ANSI, NEMA e IEEE, correspondientes de los Estados Unidos de Norteamérica.
2. Se utilizó como norma de referencia la CRNE-6 "Límites, variaciones y caídas de voltaje permisibles en líneas de distribución de energía eléctrica".

BIBLIOGRAFIA

1. Especificaciones sobre reguladores de voltaje y condensadores de potencia de las diversas empresas eléctricas del Istmo Centroamericano.
2. "Los reguladores como complemento de los condensadores para la regulación de voltaje". Martin W. Gangel. Senior Engineer. Power Distribution Engineering Operation. Revista G.E. International, junio 1970.
3. "Coordinating voltage regulators and switched capacitors". D.L. Tupper Power Distribution Division, Gadsen Plant. Allis-Chalmers Engineering Review.
4. "Introducción a la regulación de voltaje". Comisión Federal de Electricidad de México. Revista No. 17.
5. Norma ANSI C-84.1 - 1954. "Preferred voltage ratings for AC systems and equipment".
6. Norma ANSI C-57.15 - 1965 "Step voltage and induction voltage regulators, requirements, terminology and test code for".
7. Norma de trabajo CRNE-6. "Límites, variaciones y caídas de voltaje permisibles en líneas de distribución de energía eléctrica".
8. Norma CCONNIE (Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica), de México. No. 3.1-1 de julio de 1969. "Norma de calidad y funcionamiento de capacitores para la corrección del factor de potencia".
9. Norma NEMA CP-1 - 1965 y sus revisiones de 1966. "Shunt capacitors".