

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
131:1999**

**VARILLAS CILINDRICAS
(ALAMBRONES) DE COBRE
ESTIRADOS EN CALIENTE**

1^{ra} Revisión



CODELECTRA
COMITE DE ELECTRICIDAD DE VENEZUELA



Fondo para la Normalización
y Certificación de la Calidad

FONONORMA

PRÓLOGO

La presente norma fue elaborada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT-11 Electricidad, Electrónica y Comunicaciones**, por el Subcomité Técnico **SC-6 Conductores, Canalizaciones y Accesorios**, a través del convenio para la elaboración de normas suscrito entre **CODELECTRA** y **FONDONORMA**, siendo aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior N° 99/12 de fecha **17/11/1999**.

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes entidades:

CABEL
C.V.G. EDELCA
CADAFE
PHELPS DODGE CONAL
ENELBAR
ELECAR Y FILIALES
ENELVEN
FUNDACIÓN INSTITUTO DE INGENIERIA
CABELUM
ICONEL

ÍNDICE

	Páginas
1.- Objetivo	1
2.- Referencias normativas	1
2.1 Normas COVENIN	1
2.2 Otras normas	1
2.3 Otros documentos	1
3.- Requisitos para pedidos	1
4.- Material y manufactura	2
5.- Composición química	2
6.- Propiedades mecánicas	2
6.5 Templabilidad	2
7.- Oxido de la superficie	2
8.- Resistividad eléctrica	3
9.- Diámetro	3
10.- Manufactura, acabado y aspecto	3
11.- Métodos de ensayo	3
11.1 Análisis químico	3
11.2 Tensión de elongación	3
11.3 Resistividad eléctrica	3
11.4 Diámetro	3
11.5 Óxidos superficiales	4
11.6 Fragilidad (Doblaje)	4
12.- Inspección	4
13.- Certificación	4
14.- Marcado, etiquetado y embalaje	4
Notas aclaratorias	5
Bibliografía	6
Tabla N° 1 Composición Química	7
Tabla N° 2 Variación permisible en diámetro	7
Tabla N° 3 Valores de resistencia equivalente	8
Figura N° 1 Esquema ilustrativo del método de ensayo de reducción electrolítica	8
Figura N° 2 Curva típica, tensión-tiempo para la reducción de la película de oxido de cobre	9

NORMA VENEZOLANA
VARILLAS CILINDRICAS (ALAMBRONES) DE
COBRE ESTIRADOS EN CALIENTE

COVENIN
131:1999
(1^{ra} Revisión)

1. OBJETO

1.1 Esta norma venezolana establece los requisitos que deben cumplir las varillas (alambrones) cubierta de cobre en los diámetros de 6.4 a 35 milímetros (1/4 a 1 3/8 de pulgadas) apropiadas para la fabricación en conductores eléctricos.

1.2 Esta norma también cubre las varillas de cobre hechas de cobre duro estirado o cobre libre de oxígeno.

1.3 Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si existe alguno, asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de la norma establecer prácticas seguras y saludables apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en el texto, constituyen requisitos de esta norma Venezolana COVENIN.

Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión se recomienda, a aquellos que realicen acuerdo en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas.

2.1 NORMAS COVENIN

COVENIN 452:1989 Determinación de la resistividad de materiales metálicos conductores eléctricos.

2.2 OTRAS NORMAS

Hasta tanto de se aprueben las normas Venezolanas COVENIN respectivas, se debe consultar las siguientes:

ASTM-B 5 Specification for Electrolytic Tough-Pitch Copper Refinery Shapes

ASTM -B 115 Specification for Electrolyc Cathode Copper

ASTM -B 170 Specification for Oxygen-Free Electrolyc Copper-Refinery Shapes

ASTM- B 193 Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials

ASTM -B 224 Classification of Copper

ASTM -B 442 Specification for Tough-Picht Cernically Refined Copper-Refinery Shapes

ASTM -B 577 Test Methods for Hidrogen Embrittlement of Copper

ASTM -B 623 Specification for Tough-Picht Fiere- Refined High-Conductivity Copper Refinery Shapes

ASTM -E 8 Test Methods of Tension Testing of Metalic Materials

ASTM -E 18 Test Methods for Rockwell Hardness and Rocwell Superficial Hardness of Metallic Materials

ASTM -E 53 Test Methods for Chemical Analysis of Copper

2.3 OTROS DOCUMENTOS

NBS Handbook 100-Copper Wire Tables

3. REQUISITOS PARA PEDIDOS

3.1 Los pedidos para materiales bajo estas especificaciones deberán incluir la siguiente información:

3.1.1 Cantidad de cada tamaño y producto terminado.

3.1.2 Tipo y requerimientos del cobre (Ver sección 4 al 10) serán de mutuo acuerdo entre el fabricante y el comprador.

3.1.3 Empaque con ó sin uniones (Ver sección 4.4).

3.1.4 Diámetro de la varilla (Ver sección 9.1 y la tabla 2).

3.1.5 Inspección (Ver sección 12).

3.1.6 Tamaño del empaque (Ver sección 14.1)

3.1.7 Marcación de empaque especial, si se requiere (Ver sección 14).

3.1.8 Requerimientos adicionales aplicarán solamente cuando sean especificados por el cliente (comprador) en la requisición, contrato u orden de compra.

4. MATERIAL Y MANUFACTURA

4.1 El material deberá ser cobre de tal calidad y pureza que la varilla (alambón) terminada deberá tener las características y propiedades prescritas en esta norma.

NOTA: Las siguientes normas definen los materiales apropiados para ser usados. Norma ASTM B5 ó ASTM B115 ó ASTM B170 ó ASTM B442 ó ASTM B623.

4.2 Se podrá usar cobre de calidad especial, formas o tipos, de mutuo acuerdo entre el fabricante y el comprador y que además cumplan los requerimientos prescritos en esta norma.

4.3 La varilla (alambón) deberá ser fabricada de cobre conforme a los requerimientos especificados en 4.1 y 4.2.

4.4 Las bobinas de la varilla (alambón) deberán ser suministradas en longitudes continuas con o sin unión, como se ordenaron.

5. COMPOSICIÓN QUÍMICA

5.1 Cada tipo de varilla (alambón) será conforme a la composición química prescrita en la tabla 1 y cumplirá los requerimientos para el tipo de cobre ordenado (Ver sección 4).

5.2 Según acuerdo entre el fabricante y el comprador, la adición de plata hasta 1020 ppm (30 troy onzas/toneladas cortas) al cobre deberá ser considerada dentro de la especificación, incluyendo el cobre y la plata en el análisis químico, con un análisis individual de plata que no excederá los 1200 ppm (35 troy oz/toneladas corta). En caso de cobre con plata conductora libre de oxígeno, la designación de SFO plata conductora libre de oxígeno deberá ser usado como se muestra en la ASTM B224, e incluirá los números UNS C10400, C10500, y C10700 como lo definido por el contenido de plata acordado.

5.3 El cobre duro estirado con plata conductora corresponde a la designación STP (duro estirado de plata conductora), como se muestra en la ASTM B224, y para cobres que tengan los números UNS C11300, C11400, C11500, y C11600.

5.4 Contenido de oxígeno: Cobre libre de oxígeno como el descrito aquí se define como un cobre que no contiene un exceso de 0.0010% (10 ppm) de oxígeno y es producido sin el uso de desoxidante metálico u otros tipos.

6. PROPIEDADES MECÁNICAS

6.1 Las varillas (alambones) terminadas por trabajo en caliente o por templado deberán tener una mínima elongación por tensión del 30% en 250 mm (10 pulgadas). (Véase nota aclaratoria 1 y métodos de prueba E 8).

6.2 Alternativamente, no es requerida una tensión mínima específica.

6.3 Si la prueba de torsión es requerida, se debe referir a la nota explicatoria 2.

6.4 Pruebas de curvatura.

6.4.1 Una prueba para mostrar la tendencia a la curvatura debido al hidrógeno deberá ejecutarse solamente en cobre libre de oxígeno.

6.4.2 La muestra se probará de acuerdo con la sección 11.6 y la ASTM B 170.

6.4.3 La muestra, preparada y probada de cobre OFE (Electrónico libre de oxígeno) (UNS - C10100) mostrada en la tabla 1, deberá resistir sin rompimientos en dos piezas, para un mínimo de diez (10) curvaturas en reverso.

6.4.4 La muestra preparada y probada de cobre OF (libre de oxígeno) (UNS - C10200) mostrada en la tabla 1, deberá resistir sin rompimientos en dos piezas, un mínimo de ocho (8) curvaturas en reverso.

6.5 TEMPLABILIDAD

6.5.1 Alrededor de cinco diferentes tipos básicos de métodos de prueba han sido reportados en la literatura para medida de la templabilidad de varillas o varilla (alambón), existen numerosas variaciones y perturbaciones. Para una descripción más completa de estas pruebas, referirse a JOURNAL OF TESTING AND EVALUATION.

6.5.2 Las medidas de dureza y de torsión son frecuentemente utilizadas, los procesos detallados están contenidos en las notas explicatorias 4 y 5. Los valores de reblandecimiento para cobre templado a bajas temperaturas y otros tipos de varillas de cobre, si es pedido, deberá ser decidido entre el comprador y el fabricante.

7. ÓXIDO DE LA SUPERFICIE

7.1 El espesor de una película de óxido en la superficie de varilla (alambón) debe ser determinado, de acuerdo con 11.5.

7.2 El espesor total de la película de óxido de cobre sobre la varilla limpiada o varilla lisa templada o una varilla terminada en frío, no excederá de 1000 Angstrom (10^{-7} m).

7.3 El espesor de la película de óxido residual sobre varillas lisas no necesita ser especificado.

7.4 El requerimiento de superficie oxidada, no es necesaria para varillas que no se ordenen limpiar.

8. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

8.1 La resistividad del cobre en la condición templada (Véase nota aclaratoria 3) no deberá exceder los siguientes valores a 20° C.

Tipo de cobre	Resistividad, máxima al templado a 20° C ohm g/m ²
UNS C10100 Solamente	0,15176 (101,00% IACS min.)
Todos los demás	0,15328 (101,00% IACS min.)

Otros valores de resistividad, si es requerido, deberá ser decidido bajo convenio entre el fabricante y comprador.

9. DIÁMETRO

9.1 El diámetro de la varilla para cualquier punto no deberá variar de las especificaciones en más de las cantidades prescritas en la tabla 2.

10. MANUFACTURA, ACABADO Y ASPECTO

10.1 La varilla debe ser uniforme en calidad y apropiada para delinear los alambres.

10.2 Las varillas deben ser limpias, lisas, libres de tubos, conchas, escamas, grietas, torceduras, daños y al terminar, aceite y grasa excesivo y otros efectos perjudiciales dentro de los límites de una buena práctica comercial. Si la prueba de torsión, es requerida, referirse a la nota aclaratoria 2.

11. MÉTODOS DE ENSAYO

11.1 ANÁLISIS QUÍMICO:

11.1.1 En el caso de diferencias, se determina el contenido de cobre de los otros cobres, así como UNS- C10100 y UNS - C11040, de acuerdo con la tabla 1 del método de ensayo ASTM E53, a menos que otro método de ensayo sea requerido para el tipo de cobre seleccionado (Sección 4).

11.1.2. El método analítico para determinar el nivel de impureza de los cobres señalados en la tabla 1, deberá estar de acuerdo con la norma ASTM B115.

11.1.3. Se calcula el contenido de cobre de los UNS- C10100 y UNS- C11040 por sustracción desde 100 % total de concentración de impureza determinada. El total de impureza para UNS C10100 es definido como la suma de azufre, plata, plomo, estaño, bismuto, arsénico, antimonio, hierro, níquel, mercurio, zinc, fósforo, selenio,

telurio, magnesio, cadmio y oxígeno presente en la muestra. La impureza total para UNS C-10100 es definida como la suma de azufre, plata, plomo, estaño, bismuto, arsénico, antimonio, hierro, níquel, selenio, telurio y oxígeno presente en la muestra.

11.1.4. El contenido de oxígeno es determinado en muestras de cobre limpio usando aparatos de laboratorio apropiados o instrumentos comerciales diseñados específicamente para este propósito. Un método ASTM no ha sido desarrollado.

11.2. TENSIÓN DE ELONGACIÓN:

Se determina la elongación como un incremento permanente de la longitud, debido a la rotura del varilla sometida bajo tensión mecánica, medida entre marcas calibradas colocadas originalmente a 250 mm de separación (véase nota explicatoria 1). La fractura será entre las marcas calibradas y no menor a 25 mm de algunas de las marcas calibradas.

11.3. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA:

11.3.1. A la opción del fabricante, la resistividad eléctrica puede ser determinada de acuerdo con 11.3.2 o 11.3.3, sin embargo, en caso de discrepancia será aplicado 11.3.2.

11.3.2. Las mediciones de resistencia (Véase nota aclaratoria 3) se hacen en muestras de varillas antes de la limpieza y procesos bajos para un diámetro aproximadamente 2 mm y un recocido aproximado de 500° C (C por 30 min. Otro método de recocido equivalente puede ser usado. Para muestra precocidas a un diámetro diferente de 2,00 mm puede utilizarse, si existe acuerdo entre el fabricante y el comprador.

11.3.3. La medición de resistencia puede ser determinada en muestras de varillas después de la limpieza, pero sin deformaciones ni recocido, sin embargo, en el caso de fallas de la muestra de varilla conforme con el criterio 8.1, un reensayo es permitido usando el procedimiento de la 11.3.2.

11.3.4. Se determina la resistencia eléctrica de acuerdo con el método de ensayo ASTM B 193, excepto cuando se selecciona la opción 11.3.3, sea la tolerancia mas y menos para el área de la sección transversal como la especifica en el método de ensayo ASTM B193 no aplicara.

11.4 DIÁMETRO:

La medición del diámetro de la varilla se hacen usando un dispositivo apropiado: micrómetro, calibrador, u otro equipo con un error cercano a 0.02 mm.

11.5. OXIDOS SUPERFICIALES:

11.5.1. Se determina el espesor y el tipo de película óxido no reducidos remanente en la superficie de la varilla después de la limpieza por un método de reducción electrolytica. Este ensayo es realizado después por una reducción de óxido superficiales a cobre en una celda electrolytica, tal como se muestra en el diagrama esquema de la Figura N° 1, la muestra ensayada se hace catódica respecto al ánodo, el cual deberá ser hecho desde un varilla de platino o un electrodo inerte equivalente. Se suministra corriente a través de una fuente de poder corriente continua (C.C). Aunque 10 miliamperios (mA) es un valor típico de corriente, lo mejor tener un equipo capaz de operar en un rango de 1 a 20 mA. El electrolyto deber ser de una solución de 0.1 M de carbonato de sodio, y cubrirá al menos por 101.6 mm de la muestra de ensayada. Antes del ensayo limpiar cada muestra de varilla de aceite o grasa usando acetona o un solvente equivalente.

11.5.2. Cada uno de los óxidos encontrados, nombrados cuprosos y cúpricos, es reducidos secuencialmente a cobre en reducción por diferentes potenciales, y las tensiones son registradas contra el tiempo durante todo en ensayo. Cuando las reacciones individuales entre el óxido y iones de hidrógeno es completa hidrógenos gaseosos es emanado, y puede ser visible en la superficie de la muestra de varilla de cobre.

11.5.3. Una curva típica de tensión vs. tiempo se presenta en la Figura N° 2. El óxido cuproso es reducido inicialmente cuando esta reacción se complete la reducción del óxido cúprico ocurre a tensión mayor.

11.5.4. Se calcula el espesor de cada óxido presente como sigue:

$$T = (I t M) / (S d F n)$$

Donde :

T= Espesor del óxido, en cm.

I = Corriente, en Ampere.

t = Tiempo de reacción, en seg.

M = Peso molecular del óxido, en g.

S = Area superficial de la muestra inmersa, cm².

d = Densidad de óxido (6 g/cm³, para Cu₂O y 6,4 g/cm³ para CuO).

F = constante de faraday, en 96 500 (C

n = Equivalente del hidrogeno (2).

11.6. FRAGILIDAD (DOBLAJE):

11.6.1. Se trefila la muestra de varilla de cobre libre de oxígeno hasta un diámetro de varilla de 2,00 mm. Se aplica un recocido en una atmósfera no menos de 10 % de hidrogeno por 30 min. a 800° C (C +/- 25 (1517 o 1607 F) y se enfría rápidamente a la atmósfera o sin excesiva

exposion al aire, luego temple en agua. Asegúrese de que cada muestra sufra el ensayo de doblaje en concordancia con 11.6.2.

11.6.2. La muestra ligeramente sujeta (11.6.1) entre las mordazas con bordes redondos con radio de 5,1 mm. Después se dobla esta uno de los bordes de mordaza a través de un ángulo de 90° C (C y retorna a su posición original. Esta constituye un segundo doblaje. Haga cada doblaje sucesivamente en dirección opuesta de la curva anterior. (véase método de ensayo ASTM B 577).

12. INSPECCIÓN

12.1 Todas las inspecciones y pruebas deberán ser hechas en el lugar de fabricación en caso contrario ponerse de acuerdo el comprador y el fabricante para el tiempo de la inspección de un representante del comprador con todas las facilidades razonables para satisfacerlo y que el material provisto está de acuerdo con su especificación.

12.2 Si se especifica en el contrato o la orden de compra, la varilla adecuada para varios requerimientos listados en la sección 5 a la 10 se determinará de acuerdo con el plan de muestreo en el anexo.

12.3 Una varilla del lote consistirá de 90000 Kg (200000 lb), o una fracción o un tipo de cobre.

13. CERTIFICACIÓN

13.1 Si se especifica en el contrato o la orden de compra, el fabricante certificará que las varillas fueron hechas bajo tales condiciones y que el producto cumple con los requerimientos de esta especificaciones como se determinó por pruebas registradas y hechos regulares.

14. MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE

14.1 Sobre el tamaño del embalaje deben estar de acuerdo el comprador y el fabricante y deberá ser declarado en la orden.

14.2 La varilla deberá ser embalado y protegida contra daños de manejo normal y embarque consistentes con las mejores prácticas comerciales.

14.3 Rollos individuales sin uniones y con una masa neta más grande que 1400 kg (3000 lb) deberán ser marcados o en caso contrario identificados con lo siguiente:

14.3.1 Número de producción de rollo.

14.3.2 Peso neto

14.3.3 Nombre del fabricante, marca, marca de fábrica.

14.4 Sobre la marcación de otros carretes descritos en 14.3, deberán ponerse de acuerdo el fabricante y comprador.

NOTAS ACLARATORIAS:

NOTA 1: En general, los valores de ensayo de la tensión de elongación son reducidos con el incremento de la velocidad del movimiento del cabezal de la máquina de prueba en la tensión ensayada del alambre y varilla de cobre. En pruebas de varillas de cobre blando a velocidades no mayores que 300 mm/min los valores obtenidos de elongación no se afectan por ninguna práctica extendida (Véase método ASTM E8).

NOTA 2: Las pruebas de torsión, torsión de fractura, vuelta en reverso de torsión, y otros son ampliamente usadas por productores y usuarios. Debido a la correlación falsa, y aspecto subjetivo de interpretación, estas pruebas deberían ser usadas solamente como indicadores de los procesos. Se recomienda no estandarizar las pruebas.

NOTA 3: Las relaciones que pueden ser convenientes en conexión con los valores de resistencia eléctrica prescritos en esta especificación son mostrados en la tabla 3.

Las unidades de Resistencia están basadas en normas internacionales de cobre templado (IACS) adoptadas por las IEC en 1913, las cuales son 1/58 ohm. mm²/m a 20° C para 100% de conductividad. El valor de 0.017241 ohm. mm²/m y los valores de 0.15328 ohm.g/m² a 20° C (68° F) son respectivamente los equivalentes internacionales de resistividad volumétrica y peso de cobre templado igual a 100% de conductividad (para cinco cifras significativas). El último término significa que un alambre de cobre longitud de 1 metro y el peso 1 gramo, debería tener una resistencia de 0,15328 ohm. Este un valor de resistencia equivalente de 875.20 ohm.lb/mile², la cual significa que la resistencia del alambre de cobre en una milla de longitud por el peso pondio, este es el equivalente por ejemplo para 1.7241 μohm/cm de longitud de una barra de cobre de 1 cm² en sección transversal. El uso de 5 cifras significantes expresando la resistividad no implica la necesidad de mayor precisión de las mediciones que el especificada en el método de ensayo COVENIN 452. El uso de cinco cifras significativas se requiere para una conversión reversible exacta razonablemente de una unidad de resistividad fija a otra. Los valores de resistencia equivalente en la tabla fueron derivados de los valores fundamentales de la IEC (1/58 ohm.mm²/m) calculados para siete cifras significativas y se redondea para cinco cifras significativas.

NOTA 4: Templabilidad por las pruebas de dureza. Una varilla de muestra de una longitud apropiada deberá ser cortada de cada terminal de un carrete del lote. La muestra recibida deberá ser enrollado en frío para una sección doblada. Así que el espesor es el 30% del diámetro original de la varilla. No se requiere enrollar el borde. El cobre aplanado debe ser calentado en un baño a 275° C ± 1 (527° F ± 2) por 15 minutos a una temperatura constante y luego templar inmediatamente en agua a temperatura ambiente. Para otras temperaturas y casos se pueden usar un arreglo especial entre el fabricante y el comprador. La dureza debe ser medida a lo largo de la línea central de la muestra templado usando la escala de Rockwell F, en acuerdo con el método de ensayo ASTM E18.

NOTA 5: Templabilidad por Torsión (Alargamiento Espiral).-

La prueba de alargamiento espiral se usa solo para pruebas de cobre de alta conductividad que se ensaya en la etapa de varilla, y no se dirige a la calidad del alambre seleccionado en los últimos estados del proceso comercial. Inicialmente el alambre de cobre se somete a un recocido de baja temperatura bajo condiciones rigurosamente controladas, luego es soplado en una espira (configuración helicoidal) bajo tensión de carga, y estirado axialmente por un peso de masa específico.

El cambio en la longitud medido después de que el peso es removido, y que la espira se ha relajado, se considera como una medida de blandura.

Tratamiento de la Varilla.-

Una muestra de longitud apropiada de la varilla debe ser cortada del final de carrete, y se es necesario, reducida a un diámetro de 6,35 mm + 0,50 - 0,25 ó 8,00 mm ± 0.40 por deformación en frío ("Cold drawing"). Esta muestra debe o no ser recocida de acuerdo a las siguientes circunstancias:

- No se ejecutaría el tratamiento de recocido (templado) si el cobre es procesado de acuerdo a un programa de manufactura específica.
- La muestra deberá ser sujeta a un tratamiento de recocido (templado) si se desea comparar muestras producidas por la vía de diferentes rutas de manufactura.

Bajo estas circunstancias, la muestra de la varilla debe ser recocida bajo atmósfera normal 1 h a 700°C ± 20 y luego apagada en agua o diluida (10% de V/V) solución de ácido sulfúrico a temperatura ambiente. El revestimiento de óxido de cobre deberá ser removido en un baño de ácido sulfúrico de 10%

V/V (volumen por volumen), y minuciosamente lavado para quitar el revestimiento perdido o el sucio de cobre adherido.

Preparación del Alambre para la Prueba de Alargamiento Espiral.-

La muestra de la varilla deberá ser estirada en un alambre de diámetro de 2.00 mm en una serie de pasos, cada uno de los cuales deberá reducir el área de la sección transversal del conductor de 20 a 25%.

Se debe tener especial cuidado para evitar excesivo calentamiento del cobre durante el estiramiento. Por ejemplo, el alambre se debe permitir enfriar por 5 minutos entre pasos, o extinguir el calor a temperatura ambiente después de cada paso. Además, la velocidad del estiramiento no debe exceder 60 m/min, y el alambre estirado deberá devanarse en un carrete teniendo un diámetro mínimo de 200 mm.

Después del estiramiento, un rollo de alambre deberá formar una bobina alrededor de un carrete teniendo un diámetro de 200 mm (8,27 pulgadas). El rollo de alambre deberá entonces ser removido desde el carrete, calentado por 2 h a $200^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($392 \pm 1^{\circ}\text{F}$) en un baño de temperatura ambiente.

La temperatura del alambre de cobre debe mantenerse uniforme, y medido exactamente. Puesto que el buen control de la temperatura es extremadamente importante, las termocuplas deberían ubicarse en lugares estratégicos en todo el dispositivo de templado. Se recomienda que una muestra imitada de la varilla de 8 mm de diámetro sea formada en un anillo de 200 mm de diámetro y ubicada en el baño a temperatura constante en la misma posición normalmente ocupada por el alambre de ensayo.

Usando una termocupla puesta en la varilla a una profundidad igual al radio, la temperatura deberá alcanzar la de templado (recocimiento) dentro de un período de 5 minutos.

Procedimientos de Pruebas.-

Una muestra para ensayo de una longitud de 1400 mm es cortada al rollo de alambre templado. Usando una herramienta de marcado indeleble, se marca una medida de 1000 mm de longitud sobre la mitad del alambre de cobre. Un borde de la muestra de ensayo es firmemente asegurada al borde del carrete pulido cuyo eje es horizontal, y el cual tiene un diámetro de $20 \pm 0,01$ mm. Una carga de 2.240, Kg es suspendida

desde el borde libre del alambre, con esto se induce un esfuerzo de 7 Mpa (1000 psi). El alambre deberá ser enrollado en un espiral rotando el carrete a una velocidad de aproximadamente 50 rev/min, teniendo especial cuidado que cada vuelta del espiral toque el anterior, de manera que las vueltas no queden en un solo lugar, que el manejo es mantenido al mínimo, y que el alambre sea en la misma dirección previamente que fue enrollado.

Aunque la longitud entre las marcas de medidas en el espiral es aproximadamente 28 mm, esta distancia deberá ser medida lo más cercano 1 mm, y grabado como valor inicial " I_0 ".

El espiral del alambre deberá entonces ser removido del carrete, cuidadosamente ajustado en un borde y cargado axialmente al otro (más bajo) con el mismo peso de 2.240, Kg como es usado en la operación de devanado del rollo anteriormente mencionado.

El peso deberá ser soportado inicialmente con una plataforma, y cargado en el espiral uniforme y suavemente por cualquiera de los dos métodos siguientes:

- Bajando la plataforma de soporte del peso, o
- Alcanzando el borde superior del espiral a un rango tal que el estiramiento del espiral no exceda 20 cm/5.

Luego de un minuto de libre suspensión el peso es quitado manualmente de una manera cuidadosa y el espiral alargado se permite relajar colocándolo en una tabla por un período adicional de 1 min. Se debe notar que la carga no debe ser quitada alcanzado la plataforma o bajando el borde superior del espiral. La longitud extendida del espiral entre las marcas de medidas deberán medirse lo más cercano 1 mm y llamarse " I_f ".

El valor del alargamiento, en milímetros, se calcula como la diferencia " $I_f - I_0$ ".

Este mismo procedimiento deberá repetirse en dos espirales adicionales de alambre del mismo rollo, y el promedio de valor obtenido de los tres espirales separado será referido como el "número de alargamiento del espiral".

BIBLIOGRAFÍA

ASTM -B 49-92 Standard Specification for Copper Redraw Rod for Electrical Purposes

Participaron en la elaboración de esta norma los profesionales siguientes:

Carlos Osorio (CABEI), Enrique Chacín (C.V.G. EDELCA), Héctor Villarroel (CADAFE), Hedyne Gómez (PHELPS DODGE CONAL), José Medina (ENELBAR), Franklin Escalona (ELECAR Y FILIALES), Felipe Morillo (ENELVEN), Luis Rodríguez (INSTITUTO DE INGENIERÍA), Luis Franco (CABELUM), Simón Barbera (ICONEL).

TABLA 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

TIPO DE COBRE NUMERO UNS	C11040 ETP ^B	C10100 FE ^C	C10200 OF ^D	C11000 ETP
COBRE min.	99,99% ^E ppm	99,99% ^E ppm	99,95% ^F ppm	99,90% ^F ppm
TELLURIO max.	2	2	...	...
SELENIO max.	2	3	...	...
BISMUTO max.	1	1	...	...
GRUPO TOTAL max	3	...	...	...
ANTIMONIO max.	4	4	...	...
ARSÉNICO max.	5	5	...	...
ESTAÑO max	5	5	...	...
PLOMO max	5	5	...	...
HERRO max	10	10	...	...
NÍQUEL max	10	10	...	...
SULFURO max	15	15	...	...
PLATA max	25	25	...	...
OXIGENO max	100-650	5 max.	10 max.	...
TOTAL PERMITIDO max.	65°	...	...	...
MERCURIO max.	...	1	...	...
CADMIO max.	...	1	...	...
FOSFORO max.	...	3	...	...
ZINC max.	...	1	...	...
MAGNESIO max.	...	0,5	...	...

A Ver 11.1.2

B. Tomado de ASTM B115 cobre grado 1 o equivalente

C. Tomado de ASTM B170 cobre grado 1 o equivalente

D. Tomado de ASTM B170 cobre grado 2 o equivalente

E. Por diferencia ver 11.1.2 y 11.1.3

F. Ver 11.1.1

G. No incluye oxígeno

TABLA 2. VARIACIÓN PERMISIBLE EN DIÁMETRO

DIÁMETRO NOMINAL (mm) (pulgadas)	VARIACIÓN PERMISIBLE, (mm) (pulgadas)
6,4 (1/4)	0,51 (+ 0,020) 0,25 (- 0,010)
sobre 6,4 (1/4) a 19 (3/4)	0,38 (± 0,015)
sobre 19 (3/4) a 25 (1,0)	0,51 (± 0,020)
sobre 25 (1,0) a 35 (1 3/8)	± 0,76 (± 0,030)

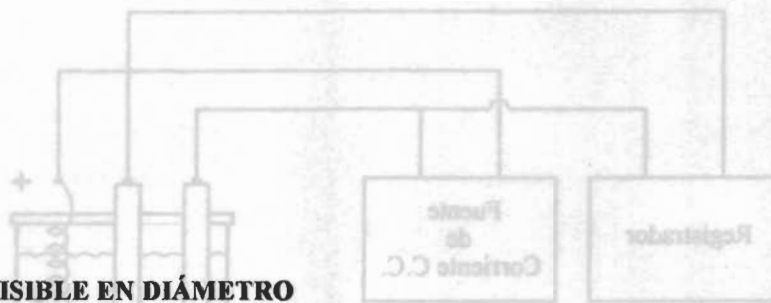


Figura N° 1. Esquema ilustrativo del método de reducción electroquímica

TABLA 3. VALORES DE RESISTENCIA EQUIVALENTE^A

CONDUCTIVIDAD PARA 20° C % IACS	100,000	101,00
Ohm.g/m ²	0,15328	0,15176
Ohm.mm ² /m	0,0172410	0,017070
μohm.cm	1,7241	1,7070

^A Los valores de resistencia equivalente para la 100 % IACS (Cobre suave) donde cada cómputo del valor fundamental IEC (1/58 ohm. mm²/m) usando la conversión para cada factor para siete cifras significativas.

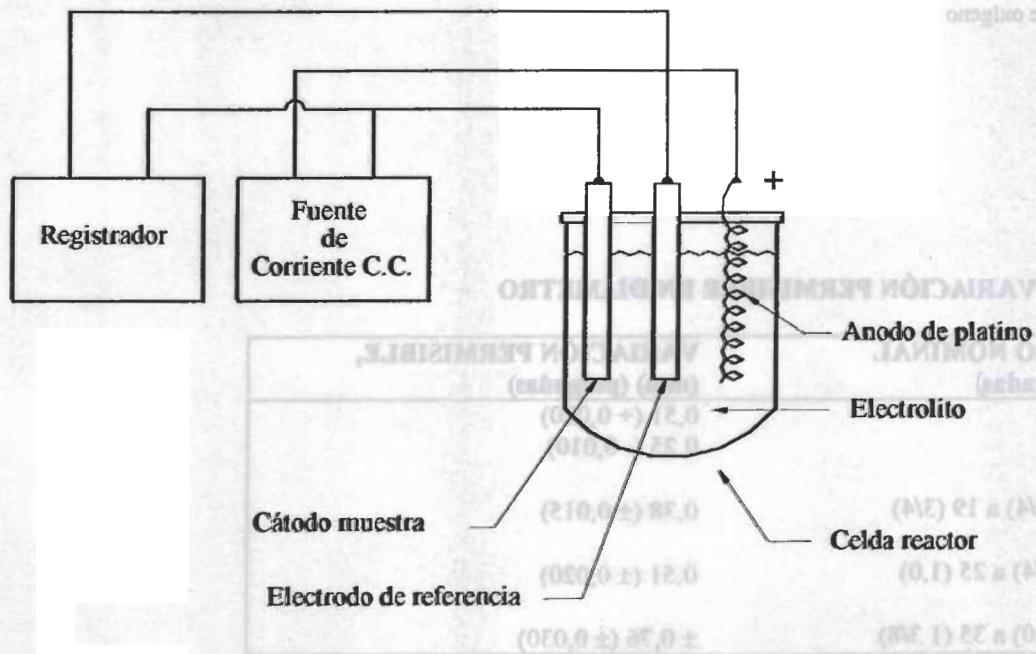


Figura N° 1. Esquema ilustrativo del método de ensayo de reducción electrolítica

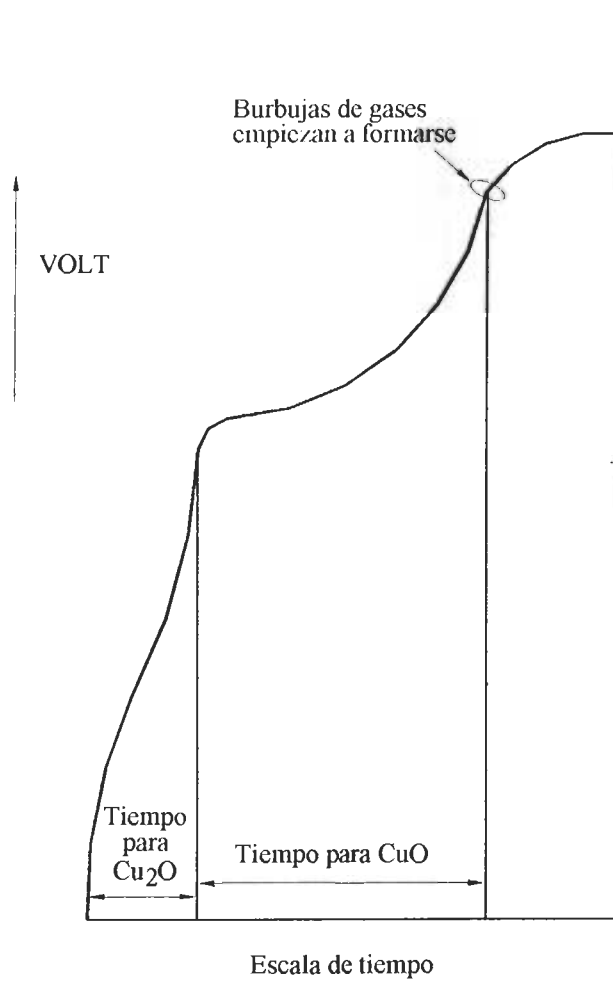


Figura N° 2. Curva típica, tensión-tiempo para la reducción de la película de óxido de cobre.

**COVENIN
131:1999**

**CATEGORÍA
B**

CODELECTRA

**Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque
Boyacá, Torre Centro, Piso 5, Oficina 51.
Teléfonos: 285-28-67 / 77-74 Fax: 285-47-87
E-mail: codelectra@codelectra.org**

ICS: 29.060.10

ISBN: 980-06-2418-X

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Conductores, Canalizaciones y Accesorios.