

# NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

**NTC  
2206**

2001-09-26

---

## EQUIPO DE CONEXIÓN Y PUESTA A TIERRA



E:        GROUNDING AND BONDING EQUIPMENT

---

CORRESPONDENCIA:

---

DESCRIPTORES:                      equipo de conexión eléctrica; puesta  
a tierra; equipo eléctrico.

---

I.C.S.: 29.120.20

---

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

---

Prohibida su reproducción

Primera actualización  
Editada 2001-10-16

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 2206 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2000-09-26.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 383904 Artefactos y accesorios eléctricos.

ACEMETAL	IMEGA
NODIZADOS INDUSTRIALES	INDUSTRIAS FERROGALVAN
AVE COLOMBIA	INDUSTRIAS METÁLICAS VARGAS
BYC QUÍMICA LTDA	LUMINEX
COBRES DE COLOMBIA	MINISTERIO DE DESARROLLO
CODENSA	ECONÓMICO
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER	MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
ELECTROTÉCNICAS	SCHNEIDER
EMPRESA DE ENERGÍA DE	SEGURIDAD ELÉCTRICA
CUNDINAMARCA	SUPEINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN	COMERCIO
EMSA	TALLERES LA INDUSTRIA Y CENTRICOL
FACELEC	LTDA.
GROUNDING LTDA.	UNIVERSIDAD NACIONAL

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ASEA BRWON BOVERI	EDOSPINA
CIDET	EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI
COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
Y GAS	ESTRUCTURAS CENO DE ANTIOQUIA
CONFEDERACIÓN DE CONSUMIDORES	INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA
DELEGATURA DE PROTECCIÓN DEL	SIEMENS
CONSUMIDOR	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
ACIEM	UNIVERSIDAD DEL VALLE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE  
SANTANDER  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA JAVERIANA

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

## **EQUIPO DE CONEXIÓN Y PUESTA A TIERRA**

### **1.    OBJETO**

**1.1**    La presente norma cubre los requisitos para los elementos básicos de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), acorde con la NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano.

**1.2**    Estos requisitos se aplican a los siguientes productos: abrazaderas, grapas, electrodos, tornillos, puentes equipotenciales, flejes, conductores, terminales a presión, lengüetas, boquillas, uniones, tomacorrientes con polo a tierra y en general todo tipo de conectores y herrajes usados en el SPT.

**1.3**    Un producto que contenga rasgos, características, componentes, materiales o sistemas nuevos o diferentes de los usados cuando se desarrolló la norma, y que involucra riesgos de incendio, choque eléctrico o lesiones a las personas, se debe evaluar usando los requisitos del componente adicional apropiado y los del producto final, como se determine necesario para mantener el nivel de seguridad para el usuario del producto, como se prevé originalmente en la intención de esta norma.

### **2.    GENERALIDADES**

#### **2.1    DEFINICIONES SOBRE PUESTAS A TIERRA**

**2.1.1**    Barraje equipotencial (BE) o punto de puesta a tierra (Ground Busbar o Ground Bar o Ground Bus): conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o un cable de diámetro equivalente.

**2.1.2**    Conductividad eléctrica ( $\chi$ ): es el poder conductor específico de una sustancia. Es el recíproco o inverso de la resistividad. Su unidad es el mho/m.

**2.1.3**    Conexión equipotencial: unión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora, que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente que pudiera pasar.

**2.1.4**    Conexión de puesta a tierra (Connection, Grounding Terminal o Ground Clamp): soldadura exotérmica, lengüeta certificada, conector o abrazadera destinado a unir, por medio de una conexión especialmente diseñada, dos o más componentes de un sistema de puesta a tierra, que cumplan con las especificaciones de esta norma.

**2.1.5** Conductor de puesta a tierra de los equipos (Continuity Cable Bond): alambre o cable conductor que interconecta todos los puntos de una instalación eléctrica que lo requieran con la línea principal de tierra, de una instalación eléctrica.

**2.1.6** Electrodo de puesta a tierra (Grounding Electrode): conductor o grupo de ellos en íntimo contacto con el suelo, para proporcionar una conexión eléctrica con el terreno. Puede ser una varilla, un tubo, una placa, una cinta o un cable.

**2.1.7** Equipotencialidad o unión permanente (Bonding): principio que debe ser aplicado ampliamente en sistema de puesta a tierra. Indica que todos los puntos que deben ser puestos a tierra, deben estar interconectados con una puesta a tierra a través de una mínima resistencia.

**2.1.8** Conductor del electrodo de puesta tierra (Grounding Electrode Conductor): conductor que es intencionalmente conectado a una puesta a tierra, sólidamente para distribuir la tierra a diferentes sitios de una instalación.

**2.1.9** Neutro (Neutral o Grounded Service Conductor): conductor de retorno para todas las corrientes normales de los equipos eléctricos. Es muy importante unir el neutro de una instalación con la tierra en uno y sólo un punto.

**2.1.10** Puesta a tierra (Grounding): grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuyen las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados. También se le conoce como toma de tierra o conexión a tierra.

**2.1.11** Puesto a tierra (Grounded): toda conexión intencional o accidental del sistema eléctrico con un elemento considerado como una puesta a tierra. Se aplica a todo equipo o parte de una instalación eléctrica (neutro, centro de estrella de transformadores o generadores, carcasas, incluso una fase para sistemas en delta, etc.), que posee una conexión intencional o accidental con un elemento considerado como puesta a tierra.

**2.1.12** Resistividad eléctrica ( $\rho$ ): es la relación entre la diferencia de potencial en un material y la densidad de corriente que resulta en el mismo. Es la resistencia específica de una sustancia. Numéricamente es la resistencia ofrecida por un cubo de 1m x 1m x 1m, medida entre dos caras opuestas. Se da en ohmio-metro( $\Omega$ -m).

**2.1.13** Sistema de puesta a tierra (SPT) (Grounding System): conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que unen los equipos eléctricos con el suelo o terreno. Comprende la puesta a tierra y todos los elementos puestos a tierra.

**2.1.14** Tierra (Ground o Earth): para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a sistemas de puesta a tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término "masa" solo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos, los carros y otros.

**2.1.15** Tomacorrientes con polo a tierra: son aquellos con una tercera clavija que hace el primer contacto eléctrico al conectar el equipo. Algunos vienen con la tierra unida a la caja y otros con la tierra aislada (para equipos sensibles).

## **2.2    UNIDADES DE MEDICIÓN**

**2.2.1** Si un valor para una medición va seguido por un valor en otras unidades entre paréntesis, el segundo valor puede ser solamente aproximado. El primer valor establecido es el requisito.

## **3        COMPONENTES**

**3.1** Excepto como se indica en el numeral 3.2, un componente de un producto a que se refiere esta norma debe cumplir con los requisitos para ese componente.

**3.2** Un requisito específico para un componente de un producto no se exige cuando:

- a) Incluya un rasgo o característica innecesario en la utilización del componente en el producto a que se refiere esta norma, o
- b) Sea excluido, invalidado o reemplazado expresamente en esta norma.

**3.3** Un componente se debe usar de acuerdo con sus capacidades nominales establecidas para las condiciones de uso previstas.

**3.4** Se reconoce que los componentes específicos son incompletos en sus características de construcción o que sus capacidades de desempeño son restringidas. Estos componentes están previstos para uso solamente en condiciones limitadas, como por ejemplo algunas temperaturas que no exceden los límites especificados, y se deben usar solamente en las condiciones específicas para las cuales se han reconocido.

## **CONSTRUCCIÓN**

### **4.        GENERALIDADES**

**4.1** El propósito general de los componentes de conexión y puesta a tierra es proveer medios para conectar a tierra circuitos y equipos. De acuerdo con esto, cualquier componente de conexión y puesta a tierra debe ser adecuado para el uso para la cual se ha diseñado, y cuando se instale de la manera prevista asegure una unión eléctrica permanente y confiable.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra deben ser las siguientes:

- 1) Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- 2) Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- 3) Servir de referencia al sistema eléctrico.
- 4) Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad.
- 5) Eliminar ruidos eléctricos.
- 6) En algunos casos especiales, como conductor de retorno.

**4.2** La resistencia eléctrica máxima para una conexión debe ser 0,01  $\Omega$ . Sin embargo en caso de duda sobre el comportamiento de una conexión, debe investigarse para determinar si su diseño y construcción son tales que puedan conducir la corriente a la cual pueda estar sometida bajo condiciones reales de servicio sin sobrecalentarse (de acuerdo con la NTC 2215) o resultar afectada”.

**4.3** Un componente de puesta a tierra o de conexión debe construirse de un metal o metales que no resulten afectados por electrólisis, cuando se instalen bajo las condiciones reales del servicio y esté expuesto a la humedad. El componente debe tener resistencia y rigidez mecánica adecuadas para permitir su instalación de la manera prevista, sin rotura o deformación que afecte su servicio o dañe el electrodo de puesta a tierra o el equipo al cual está conectado.

**4.4** Un componente de puesta a tierra o de conexión marcado como adecuado para enterramiento directo o embebido en concreto debe suministrarse con todos los tornillos necesarios para el ensamble o conexión del componente y debe fabricarse de:

- a) Acero con recubrimiento de cobre
- b) Acero con recubrimiento de cinc
- c) Acero inoxidable.
- d) Cobre o una aleación de cobre que contiene mínimo el 80 % de cobre

Excepción: puede usarse un material diferente al indicado en el numeral 4.4 para un componente previsto para enterrado directo o embebido en concreto, si se ha investigado y encontrado adecuado para este uso. Entre los factores que se deben tener en cuenta al juzgar la aceptabilidad de tal material, están:

- a) El cambio de la resistencia a través de la unión de conexión - tierra, y
- b) La cantidad y grado de corrosión. El aluminio y la aleación cobre-aluminio no son materiales adecuados.

**4.5** Los conectores de presión deben cumplir con los requisitos aplicables de la NTC 2215 “Conectores para conductores y terminales de soldar para uso con conductores de cobre” (UL 486 A Standard for Wire Connectors and Soldering Lugs for Use with Cooper Conductors), excepto que el conector de presión que se suministra como parte de un componente de conexión o puesta a tierra puede ser de hierro o acero con un tornillo terminal en acero. El ensayo de fijación no se requiere para un conector que se puede unir a un conduit de metal rígido, a tubería metálica eléctrica, o a un blindaje, a menos que el conector sea del tipo de tornillo prisionero; y en ningún caso se requiere el ensayo de calentamiento. Si un conector previsto para uso con un alambre calibre 6 AWG (13,3 mm<sup>2</sup>) o mayor no se adapta a un conductor trenzado del calibre para el cual fue construido, los ensayos se deben llevar a cabo con un conductor sólido de ese calibre particular, pero el ensayo de fijación debe durar solamente 1 h.

**4.6** Los medios para fijar un conductor de puesta a tierra, si los hay, deben ser tales que el conductor quede fijo en una forma segura y confiable y no dependa de la soldadura. Si no se usa un conector de alambre de presión y el conductor de puesta a tierra se fija por un tornillo sencillo, el tamaño de éste no debe ser menor del especificado en la Tabla 4.1. Un borne que emplea un tornillo para sujeción del conductor debe contar con lengüetas o equivalentes, capaces de retener el alambre bajo la cabeza del tornillo.

**Tabla 4.1 Tamaños de los tornillos para terminales**

<b>Calibre del conductor, AWG (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tamaño mínimo del tornillo, USA o pulgadas (mm)</b>
14 – 8 (2,1 – 8,4) <sup>a</sup>	No. 10 (4,8)
6 (13,3)	¼ pulgada (6,4)
4 (21,1)	5/16 pulgada (7,9)

<sup>a</sup> La forma común del tornillo para sujeción del conductor no es aceptable para asegurar un conductor sólido de más de No. 8 AWG (8,4 mm<sup>2</sup>) o No. 10 AWG (5,3 mm<sup>2</sup>) trenzado.

**4.7** Una parte de hierro fundido, diferente de hierro maleable, no debe tener menos de 1/8 pulgada (3,2 mm) de espesor. Una parte de hierro maleable y una parte de metal fundido no ferroso no debe medir menos de 3/32 pulgada (2,4 mm) de espesor.

Excepción: una parte de hierro fundido no puede tener menos de 1/16 pulgada (1,6 mm) de espesor si no está rotulada como aceptable para enterramiento en el suelo o en concreto y es nervada o reforzada de alguna otra forma de manera que se brinda resistencia mecánica.

**4.8** Un accesorio, por ejemplo: una campana, una boquilla o una tuerca de seguridad, que se van a usar para puesta a tierra y que están destinados a brindar hermeticidad a la lluvia y conexiones herméticas entre el conduit metálico roscado y una cubierta de lámina metálica debe cumplir con los requisitos de esta norma y con los requisitos para dichos accesorios, establecidos en la norma UL 514 B. (Véase el numeral 15.5).

## **5. CONECTORES DE PUESTA A TIERRA**

### **5.1 CONSTRUCCIÓN**

**5.1.1** Un conector previsto para la conexión de conduit metálico rígido, tubería metálica eléctrica o blindaje flexible, se debe suministrar con un tope o su equivalente, y si está destinado para conexión de conduit metálico rígido, debe estar equipado con un mínimo de cinco hilos completos en el metal.

**5.1.2** Un conector destinado para roscar o unir en forma rígida cualquier conducto metálico o armadura flexible que encierra un conductor de puesta tierra, debe ser de tipo protector. El conector debe ser tal, que el alambre a tierra y su conexión estén protegidos efectivamente contra daño mecánico, excepto que la conexión del conductor de puesta a tierra, que tiene protección inherente contra daño mecánico, por su tamaño, forma y similares, no requiera otro tipo de protección.

**5.1.3** Un conector de puesta a tierra en el cual el conductor de puesta a tierra y su conexión a el conector está interrumpido entre paredes laterales protectoras se considerará aceptable siempre y cuando estas paredes no estén formadas con partes removibles que no son esenciales para el ensamble del dispositivo.

**5.1.4** Un conector de tipo protección debe permitir una conexión mecánica y eléctrica entre el electrodo de puesta a tierra y el conductor de conexión a tierra protegido por un blindaje o conducto metálico. La conexión mecánica debe ser rígida.

**5.1.5** Un conector protector del tipo abrazadera debe tener una base metálica rígida para colocarla en el electrodo de puesta a tierra, y si el conector está diseñado para uso con conduit de metal rígido, debe tener mínimo la cantidad aplicable de abrazaderas especificada en la Tabla 5.1, dependiendo del tamaño comercial del conduit de metal rígido con el cual se va a usar.

**Tabla 5.1 Abrazaderas para grapas de tipo protector**

<b>Tamaño comercial del conduit de metal rígido. Pulgadas</b>	<b>Número mínimo de abrazaderas</b>
½	1
¾	2
1	3

**5.1.6** Un conector tipo abrazadera debe tener mínimo ¾ pulgada (19,1 mm) de ancho y mínimo 0,053 pulgadas (1,35 mm) de espesor antes de galvanizado, si es de lámina metálica, y no debe ser menor de 0,048 pulgadas (1,22 mm) de espesor, si es de cobre.

## **6. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN**

**6.1** A menos que el metal empleado sea no ferroso diferente del acero inoxidable e inherentemente resistente a la corrosión, el dispositivo de puesta a tierra se debe proteger con un recubrimiento de cinc o cadmio de mínimo 0,001 pulgada (0,025 mm) de espesor. Véase el numeral 6.4.

Excepción No. 1. Es aceptable un dispositivo que se usa con un conducto metálico eléctrico o sistema metálico de cable y cumple con los requisitos de protección a la corrosión para accesorios de la norma UL 514 B.

Excepción No. 2. El espesor del recubrimiento no puede ser menor de 0,000 5 pulgadas (0,013 mm) si el dispositivo brinda una conexión de presión directa entre el conductor de puesta a tierra y la superficie de una caja de salida.

Excepción No. 3. El recubrimiento de un dispositivo destinado para uso completamente dentro de una caja de salida debe ser como mínimo de 0,000 15 pulgadas (0.0038 mm) de espesor.

**6.2** Un revestimiento necesario o que se aplique sobre un dispositivo de puesta a tierra o de conexión no debe ser de un material o color que tiendan a indicar que el dispositivo es de un material diferente al del cual fue hecho realmente.

**6.3** El cinc u otro metal fundido a troquel debe ser de un grado de aleación conocida como resistente a la corrosión atmosférica, o se debe someter a los ensayos apropiados, o se debe proteger adicionalmente contra corrosión, o ambos.

**6.4** Un conector tipo abrazadera de lámina de acero debe, después de su fabricación, protegerse contra corrosión con uno de los siguientes medios, o con uno que se haya encontrado que brinda protección equivalente como se describe en el numeral 6.5.

- a) Lámina de acero galvanizado en caliente que cumpla con la designación G90 de la norma ASTM A 525-91b Standard Specification for General Requirements for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) by the Hot-Dip Process, con un mínimo de 40 % de cinc en cualquier lado, con base en el requisito mínimo del ensayo de punto simple. El peso del recubrimiento de cinc se puede determinar por un método aceptable; sin embargo, en caso de duda, el peso del revestimiento se debe establecer de acuerdo con la NTC 3237 (ASTM A 90-81 (1991) Standard Test Method for Weight of Coating on Zinc-Coated (galvanized) Iron on Steel Articles).
- b) Un recubrimiento de cinc diferente al aplicado a la lámina de acero galvanizado en caliente o un recubrimiento de cadmio aplicado uniformemente con un espesor de mínimo 0,001 pulgada (0,025 mm) en cada superficie. El espesor del recubrimiento se debe establecer mediante el ensayo del espesor del recubrimiento metálico descrito en los numerales 15.1 - 15.9.

**6.5** Con referencia al numeral 6.4, otros acabados, incluyendo los acabados metálicos especiales, pueden ser aceptables cuando los ensayos comparativos con lámina de acero galvanizada - sin recocido, frotado u otro tratamiento superficial- conformes con el numeral 6.4 a) indiquen que brindan protección adecuada. Entre los factores que se tienen en cuenta cuando se considera la aceptabilidad de estos sistemas de recubrimiento se encuentran la exposición a la niebla salina, las mezclas húmedas de aire-dióxido de azufre - dióxido de carbono, mezclas húmedas de aire - ácido sulfúrico, luz ultravioleta y agua.

**6.6** Los especímenes de un acabado como el descrito en los numerales 6.1 y 6.5 deben ser coherentes con el acabado que se va a usar en la producción con respecto al metal de base, método de limpieza o pretratamiento, método de aplicación, número de recubrimientos, método de curación, espesor, o similares.

## **7. BOQUILLAS (BUSHINGS)**

**7.1** Una boquilla de conexión para uso con conduit de metal rígido debe permitir una conexión confiable de la boquilla a la cubierta con la que se usa. Solamente el contacto de la superficie de la boquilla con la pared de la cubierta no es aceptable.

**7.2** Una boquilla de puesta a tierra tiene medios para la conexión de un conductor de conexión o de puesta a tierra; cuando la boquilla de conexión no cuenta con este medio, puede estar equipada con un tornillo que sirve como parte de la función de conexión. Sin embargo, si una boquilla puede usarse para conexión o para puesta a tierra, es decir, con un conductor de conexión o puesta a tierra o sin él, se considera que es una boquilla de puesta a tierra.

**7.3** Un tornillo de conexión previsto para conexión a una cubierta debe ser ajustable para que no se extienda más de 1/8 pulgada (3,2 mm) más allá de la superficie de la boquilla, excepto que si dos o más tornillos o su equivalente están espaciados uniformemente alrededor de la boquilla, este ajuste puede ser menor de 1/8 pulgada pero no menor de 1/16 pulgada (1,6 mm). Cuando se ajusta en cualquier posición para hacer una conexión, el tornillo de conexión debe entrar como mínimo dos hilos en la boquilla.

**7.4** Una boquilla prevista para uso con un conductor de puesta a tierra o de conexión debe permitir la conexión de un conductor de mínimo No. 8 AWG (8,4 mm<sup>2</sup>) o mayor. Este medio de conexión puede ser integral o separable de la boquilla.

**7.5** En una boquilla de metal aislada, todas las superficies de la garganta que pueden estar en contacto con un conductor se deben forrar con el material aislante.

**7.6** Con referencia al requisito del numeral 7.4, un conector de alambre integral se debe considerar no removible de la boquilla. Un conector de alambre separable puede ser ensamblado a la boquilla en fábrica o se puede conseguir por separado. Una boquilla se puede despachar sin un conector de alambre o con un conector de alambre de cualquier tipo, siempre y cuando se consigan con el fabricante los conectores de los tamaños apropiados. Véase el numeral 16.2.

## **8.    DERIVACIONES PARA MEDIDORES DE AGUA**

**8.1** Una derivación para medidor de agua debe estar compuesta de dos conectores conectados por medio de un conductor de cobre sólido No. 4 AWG (21,2 mm<sup>2</sup>) o mayor. Los conectores deben cumplir con los requisitos para conectores, presentados en esta norma.

## **9.    CONDUCTOR BLINDADO PARA CONEXIÓN A TIERRA**

### **9.1    GENERALIDADES**

**9.1.1** Un conductor blindado para puesta a tierra debe estar compuesto por un conductor sencillo resistente a la corrosión, que cumpla lo establecido en el numeral 4.3, colocado dentro de una armadura de acero flexible helicoidal, similar en su diseño general al empleado en los cables blindados.

### **9.2    CONDUCTORES**

**9.2.1** El conductor de cobre debe haberse investigado y encontrado aceptable. No es necesario que el conductor sea estañado.

### **9.3    BLINDAJE**

**9.3.1** Los empalmes hechos en cinta de acero que forman el blindaje deben estar bien hechos y no deben aumentar materialmente el espesor o el diámetro del blindaje, ni reducir su resistencia mecánica.

**9.3.2** La cinta usada en el blindaje no debe medir menos de 0,025 pulgadas (0,64 mm) de espesor. Usualmente es necesario usar una cinta fabricada con una tolerancia tal, que el espesor mínimo se mantenga en el producto terminado.

**9.3.3** En un conductor blindado para puesta a tierra que emplea un conductor (desnudo) no aislado, el peso del blindaje de cinta sencilla no debe ser menor que el especificado en la Tabla 9.1.

**Tabla 9.1** Peso del blindaje de cinta sencilla

Calibre del conductor AWG (mm <sup>2</sup> )	Peso mínimo, libras por 100 pies (kg/30,5 m)	
	Conductor sólido	Conductor trenzado
8 (8,4)	7,25 (3,2)	7,97 (3,6)
6 (13,3)	8,60 (3,9)	9,53 (4,3)
4 (21,1)	10,30 (4,7)	11,48 (5,2)

**9.3.4** El blindaje de acero de un conductor de puesta a tierra blindado debe cumplir con los requisitos para recubrimiento de cinc, tensión de 150 libras y flexibilidad aplicables a cable blindado.

## **10. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA**

### **10.1 GENERALIDADES**

**10.1.1** Un electrodo de puesta a tierra no debe tener menos de 2,40 m de longitud y debe estar en capacidad de ser llevado a una profundidad de 8 pies.

### **10.2 ELECTRODOS DE VARILLA**

**10.2.1** Un electrodo de varilla sólida de cobre u otro metal no ferroso adecuado, o un electrodo de varilla sólido de hierro o acero, con un recubrimiento de cobre, de otro metal no ferroso adecuado o acero inoxidable adecuado debe tener un diámetro no inferior a ½ pulgada (12,7 mm), o si no es circular, debe tener un perímetro no inferior a 1,6 pulgadas (40,6 mm) y un espesor mínimo de 3/8 pulgada (9,5 mm).

**10.2.2** El recubrimiento de acero inoxidable mencionado en el numeral 10.2.1 no debe medir menos de 0,015 pulgadas (0,38 mm) de espesor en cualquier punto.

**10.2.3** El recubrimiento de cobre mencionado en el numeral 10.2.1 no debe medir menos de 0,010 pulgadas (0,25 mm) de espesor en cualquier punto y debe cumplir con el requisito de adherencia del numeral 10.2.4. y el requisito de doblado del numeral 10.2.5.

#### **10.2.4 Ensayo de adherencia del recubrimiento**

Con referencia al requisito del numeral 10.2.3 sobre la adherencia del recubrimiento, debe forzarse un pedazo de 457 mm de varilla con la punta cortada a 45°, entre dos placas de acero o entre las mandíbulas de una prensa de banco fijas a 0,04 pulgadas (1,02 mm) menos que el diámetro de la varilla, de manera que se pele metal suficiente para exponer la conexión entre el recubrimiento y la varilla. El pelamiento del recubrimiento con las placas de acero o las mandíbulas de la prensa se considera aceptable, pero no se debe presentar ninguna otra evidencia de separación del recubrimiento del núcleo de acero. (véase la Figura 1).

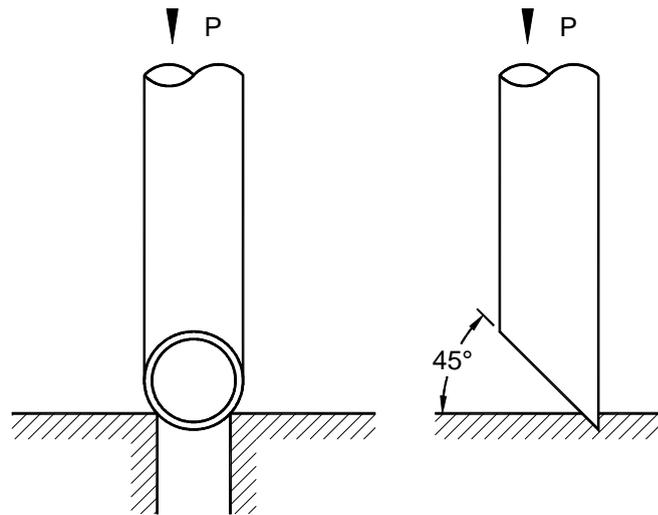


Figura 1.

### 10.2.5 Ensayo de doblado

Con referencia al requisito del numeral 10.2.3 concerniente al doblado de la varilla, no se debe presentar evidencia de agrietamiento del recubrimiento si un tramo de varilla a temperatura ambiente se retiene en forma rígida en una mordaza o prensa y el extremo libre se dobla aplicando una fuerza normal a la varilla a una distancia del dispositivo de retención igual a 40 veces el diámetro de la varilla. La magnitud de la fuerza y la dirección de su aplicación deben ser tales que la varilla esté doblada en forma permanente en un ángulo de 30 grados. (Véase la Figura 2).

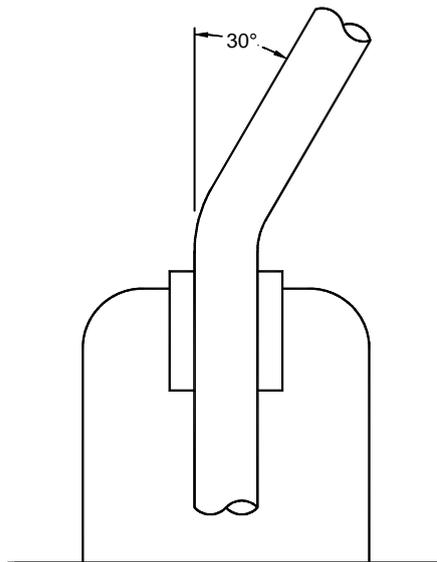


Figura 2.

**10.2.6** El recubrimiento de acero inoxidable mencionado en los numerales 10.2.1 y 10.2.2 o la varilla de acero inoxidable deben estar fabricadas de acero inoxidable austenítico de tipo cromo 18 % y níquel 8 %.

**10.2.7** El electrodo de tubo cargado químicamente debe:

- a) Estar construido de cobre o un material equivalente resistente a los efectos corrosivos del suelo húmedo.
- b) Tener un diámetro interno de mínimo 2 pulgadas (50,8 mm) y un espesor de pared de mínimo 0,080 pulgadas (2,03 mm) y
- c) Si el medio de instalación no es obvio, debe estar acompañado por las instrucciones de instalación adecuadas.

**10.2.8** La carga química dentro del electrodo de tubo descrito en el numeral 10.2.7 debe ser una sustancia que no cause corrosión al electrodo a una velocidad superior a la de un electrodo construido de conduit de metal ferroso rígido con un tamaño comercial de ¾ pulgada, según el ensayo descrito en el numeral 15.

**10.2.9** Con referencia al numeral 10.2.8, se puede usar una carga química de 60 % de cloruro de sodio y 40 % de cloruro de calcio, si el peso total de la carga es menos de 11 libras (5 kg).

## **11. DISPOSITIVOS VARIOS**

**11.1** Los dispositivos de conexión y puesta a tierra no cubiertos específicamente por los numerales 1.1 al 10.2.9, por ejemplo, tuercas de seguridad y empaques de conexión, cuñas terminales de puesta a tierra, adaptadores y similares se deben juzgar de acuerdo con estos requisitos. Se debe prestar atención especial a la confiabilidad de la conexión efectuada, la protección de las partes de hierro y acero contra la corrosión, y el suministro de medios para la conexión de los conductores de puesta a tierra o conexión, si se usan estos conductores. Las características inusuales y las no contempladas en estos requisitos se deben investigar para determinar si son adecuadas para el propósito.

## **ENSAYOS DE DESEMPEÑO**

### **12. ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA**

#### **12.1 FUERZA DE APRIETE**

**12.1.1** Un conector de puesta a tierra tipo mordaza debe soportar sin sufrir daño, una fuerza de apriete aplicada a cada tornillo o perno cuando se ensaya con cada tamaño de electrodo puesto a tierra que se va usar. El torque de apriete es de 150 libras-pulgada (16,9 N • m) aplicado a cada tornillo o perno.

Excepción: se debe aplicar un torque de 50 libras-pulgada (5,6 N • m) a un tornillo que va a ser apretado únicamente con destornillador.

**12.1.2** Para determinar si un conector de puesta a tierra cumple con el requisito del numeral 12.1.1, se deben ensayar dos muestras de un tamaño representativo de cada diseño. Si el conector está diseñado para uso con una gama de tamaños de electrodos, se deben ensayar dos muestras, para el tamaño mayor y el menor especificados. Si se emplea una parte reversible, se deben ensayar dos muestras tanto en posición normal como invertida.

## **12.2 TRACCIÓN**

**12.2.1** Un conector de puesta a tierra de tipo protector con posibilidad de conexión de blindaje para cable o cable blindado debe soportar durante 5 min una tracción de 150 libras (667 N) aplicada entre el dispositivo y el blindaje de un conductor de puesta a tierra blindado del tamaño apropiado.

**12.2.2** Durante el ensayo descrito en el numeral 12.2.1, el conductor de puesta a tierra blindado completo se debe conectar al dispositivo de la manera prevista, pero el propio conductor no se debe someter a esfuerzos mediante la aplicación de una fuerza de 150 libras (667 N) al blindaje; es decir, la tracción en el blindaje debe afectar solamente los medios de retención del blindaje en el conector a tierra. Los pernos y tornillos se deben apretar con el torque especificado en el numeral 12.1.1.

**12.2.3** Para los demás tipos de conectores se debe aplicar el ensayo de tracción (extracción) establecido en la NTC 2215.

## **13. ENSAYO DE COMBUSTIÓN PARA BOQUILLAS**

**13.1** Si la garganta de una boquilla es fabricada de material aislante termoplástico o termoendurecible:

- a) La garganta no debe mantener la llama durante más de 1 min después de la última aplicación de llama cuando se ensaya como se describe en los numerales 13.8 - 13.13.
- b) La garganta no se debe consumir completamente cuando se somete al ensayo descrito en los numerales 13.8 - 13.13.

Excepción: la garganta de las boquillas, fabricada de un material que haya sido investigado y encontrado que cumple los requisitos para material designado como 94V-0, 94V-1, 94V-2 de la norma UL 94 Standard for tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, se puede consumir durante el ensayo.

- c) El ensamble completo de la boquilla debe tener un desempeño aceptable en los ensayos descritos del numeral 13.4 - 13.6.

**13.2** La garganta de la boquilla hecha de un material aislante mencionado en la excepción al numeral 13.1 (b), debe tener un espesor no menor al usado para determinar la tasa de quemado vertical.

**13.3** Mínimo seis muestras de cada tamaño fabricado se deben someter a cada ensayo, excepto que si se está investigando una línea de al menos cuatro tamaños comerciales, se deben ensayar mínimo tres muestras de cada tamaño.

**13.4** Una boquilla metálica con una garganta aisladora hecha de un material mencionado en el numeral 13.1 se debe acondicionar durante 168 h en un horno con circulación de aire a la temperatura especificada en el numeral 13.7 y la Tabla 13.2. Si el diámetro interior de la garganta se reduce a una dimensión menor del 90 % del valor especificado como mínimo en la Tabla 13.1, la distorsión de la garganta es inaceptable.

**Tabla 13.1 Diámetro de las boquillas**

Tamaño comercial del accesorio, pulgadas	Diámetro de la garganta de la boquilla, pulgadas (mm)	
	Mínimo	Máximo
3/8	0,444 (11,27)	0,493 (12,5)
1/2	0,560 (14,2)	0,622 (15,8)
3/4	0,742 (18,8)	0,824 (20,9)
1	0,944 (24,0)	1,049 (26,6)
1-1/4	1,242 (31,5)	1,380 (35,1)
1-1/2	1,449 (36,8)	1,610 (40,9)
2	1,860 (47,2)	2,067 (52,5)
2-1/2	2,222 (56,4)	2,469 (62,7)
3	2,761 (70,1)	3,068 (77,9)
3-1/2	3,193 (81,1)	3,548 (90,1)
4	3,623 (92,0)	4,026 (102,2)
4-1/2	4,055 (103,0)	4,506 (114,5)
5	4,542 (115,4)	5,047 (128,2)
6	5,458 (138,6)	6,065 (154,0)

**13.5** Una boquilla de metal con una garganta aisladora hecha de un material mencionado en el numeral 13.1 se debe montar en una tubería o conduit de la manera normal. Cada sección de tubería o conduit se debe montar horizontalmente en un horno de circulación de aire a la temperatura especificada en el numeral 13.7 y la Tabla 13.2. Se debe introducir una argolla de conductor de cobre desnudo sólido No. 12 AWG (3,3 mm<sup>2</sup>) a través del extremo abierto de cada sección de ensayo de tubería o conduit y se debe suspender un peso de 10 libras (4,5 kg) de cada argolla. El ensayo se debe prolongar durante 72 h. Si el material aislante se agrieta o funde como para exponer el metal o forma una garganta aisladora incompleta, los resultados del ensayo son inaceptables.

**13.6** Las muestras acondicionadas como se describe en el numeral 13.5 se deben dejar enfriar a temperatura ambiente. Entonces cada muestra se deja caer en una superficie de madera dura desde una altura de 1 pie (0,305 m). La boquilla no es aceptable si la garganta aisladora se sale de su sitio por el impacto.

**13.7** La temperatura del horno mencionada en los numerales 13.4 y 13.5 es igual a la temperatura nominal del aislador más 15 °C (27 °F) más el 2 % de la temperatura nominal en la escala absoluta, como se especifica en la Tabla 13.2.

**Tabla 13.2 Temperatura para el acondicionamiento de boquillas y otras partes**

Valor nominal de temperatura del dispositivo, grados		Temperatura del horno, Grados	
C	F	C	F
90	194	112	234
105	221	128	261
150	302	173	343

**13.8** Para determinar si una boquilla cumple con los requisitos del numeral 13.1 a) y b), las muestras se deben ensayar como se describe en los numerales 13.9 - 13.13.

**13.9** El ensayo se debe llevar a cabo en una cubierta de 3 lados, de 12 pulgadas (305 mm) de ancho, 14 pulgadas (356 mm) de profundidad y 24 pulgadas (610 mm) de altura. La parte superior y el frente deben estar abiertos. El cuarto o campana en donde se encuentra la cubierta para el ensayo debe estar ventilado adecuadamente, pero se deben evitar corrientes que afecten la llama de ensayo. Una muestra de la boquilla mencionada en el numeral 13.1 se debe montar en un tramo de conduit de 1 pie (0,305 m) de longitud y suspender en un ángulo a 45° del eje de la llama de ensayo descrita en el numeral 13.10. La punta del cono azul interior de la llama se debe aplicar al borde superior del diámetro interior de la boquilla.

**13.10** La llama de ensayo se alimenta con un quemador de gas Tirrill con luz piloto. El tubo del quemador se debe extender 4 pulgadas (102 mm) por encima de las entradas de aire y su diámetro interno debe ser 3/8 pulgada (9,5 mm). Con el tubo del quemador vertical, se debe ajustar la altura total de la llama a 5 pulgadas (127 mm). El cono interno azul debe medir 1 ½ pulgadas de altura. Sin modificar los ajustes para la altura de la llama, las válvulas que suministran gas al quemador y al piloto deben estar cerradas.

**13.11** Se debe colocar una cuña a la cual se pueda asegurar la base del quemador, para inclinar el tubo de éste 20° de la vertical, mientras el eje longitudinal del tubo permanece en un plano vertical. El quemador se debe asegurar a la cuña y el ensamble se debe colocar en una guía ajustable colocada al piso de la cubierta. La guía se debe ajustar lateralmente para colocar el eje longitudinal del tubo del cilindro en el mismo plano vertical que el eje de la boquilla. El plano debe ser lateral a los lados de la cubierta.

**13.12** La guía también se debe ajustar hacia la parte de atrás o frontal de la cubierta hasta un punto en el cual la intersección del eje longitudinal del tubo del quemador con el plano de la punta del tubo esté a 1 ½ pulgadas (38 mm) desde el punto en el cual el eje longitudinal extendido del tubo se encuentra con la superficie frontal del espécimen. Este es el punto en el cual la punta del cono interior azul tocará el borde superior del diámetro de la boquilla.

**13.13** La válvula que suministra gas al piloto se debe abrir y se debe encender la llama del piloto. La válvula que suministra gas al quemador se debe abrir para aplicar automáticamente llama al espécimen. Esta válvula se debe mantener abierta durante 15 s y luego se debe cerrar durante 15 s. Este procedimiento se debe repetir cuatro veces para un total de cinco aplicaciones de llama al espécimen.

**13.14** A la garganta aisladora se le debe asignar una de las temperaturas nominales especificadas en la Tabla 13.2 y se debe rotular su temperatura nominal en un lugar visible después de su instalación. Véase el numeral 16.8.

**14. ENSAYO DE CORRIENTE**

**14.1** Un accesorio de puesta a tierra o de conexión debe portar la corriente especificada en la Tabla 14.1 para el tiempo especificado en esa tabla. La corriente se debe basar en el calibre del conduit usado o el mayor calibre del conductor para el cual está rotulado el accesorio, de estos valores el menor. El accesorio no se debe agrietar, romper o fundir. Se considera aceptable el flameo y la quemadura de la garganta aisladora.

**Tabla 14.1 Corrientes de ensayo de corta duración**

Tamaño comercial del conduit, pulgadas	Calibre del conductor para puesta a tierra y conexión de equipo (cobre)		Relación aproximada entre calibres en mm <sup>2</sup> según normas europeas y AWG mm <sup>2</sup>		Tiempo, segundos	Corriente de ensayo, amperios
	AWG	(mm <sup>2</sup> )	AWG	mm <sup>2</sup>		
-	14	(2,1)	14	2,5	4	300
-	12	(3,3)	12	4,0	4	470
-	10	(5,3)	10	6,0	4	750
1/2	8	(8,4)	8	10,0	4	1 180
3/4, 1	6	(13,3)	6	16,0	6	1 530
1-1/4, 1-1/2	4	(21,2)	4	25,0	6	2 450
-	3	(26,7)	3	-	6	3 100
2	2	(33,6)	2	35,5	6	3 900
2-1/2	1	(42,4)	1	-	6	4 900
3, 3-1/2, 4	1/0	(53,5)	1/0	50,0	9	5 050
4-1/2	2/0	(67,4)	2/0	70,0	9	6 400
5, 6	3/0	(85,0)	3/0	-	9	8 030
-	4/0	(107)	4/0	95,0	9	10 100
-	250 MCM	(127)	250 MCM	120	9	12 000

**14.2** Un accesorio para puesta a tierra o conexión previsto para uso con un conductor para puesta a tierra se debe montar en un tramo de varilla, conduit o tubería galvanizada del máximo calibre para el cual se ha previsto su uso, o en una cubierta o caja de salida, en la manera prevista. Se debe instalar un conductor de puesta a tierra del mayor tamaño, no menor de 0,60 m (2 pies) de longitud. El conector a presión empleado para sujetar el conductor se debe apretar usando el torque especificado en la NTC 2215 (UL 486 A Standard for Wire Connectors and Soldering Lugs for Use with Copper Conductors). La corriente de ensayo se debe pasar a través del equipo y el conductor de puesta a tierra en serie.

**14.3** Un dispositivo de conexión previsto para unir un conduit a una cubierta se debe ensayar ensamblando el dispositivo con el conduit de mayor calibre previsto, a una cubierta típica, como por ejemplo una caja de salida cuadrada de 4 pulgadas (102 mm) y se hace que la corriente de ensayo fluya desde el conduit a través de la unión, hasta la cubierta. La corriente de ensayo debe ser como se especifica en la Tabla 14.1 para el tamaño de conduit usado.

**14.4** Después de haber hecho circular la corriente especificada en el numeral 14.1, debe existir continuidad en el ensamble de la muestra de ensayo al medir entre un punto en la varilla, conduit, tubería, cubierta o caja de salida a ¼ pulgada (6,4 mm) de la conexión de un accesorio de puesta a tierra o conexión y un punto similar en el conductor.

**14.5** Para determinar si existe continuidad, se puede usar cualquier dispositivo indicador, por ejemplo un ohmímetro, una combinación de batería y zumbador, o similar.

**15. ENSAYO DE ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO DE CADMIO Y CINCO**

**15.1** Para calcular el espesor de un recubrimiento protector que se ensaye, se selecciona de la Tabla 15.1 el factor de espesor apropiado para la temperatura a la cual se realizó el ensayo, se multiplica por 0,000 01 pulgada (0,000 25 mm) y se multiplica por el tiempo, en segundos, requerido para exponer el metal de base, como se describe en el numeral 15.3 - 15.9.

**15.2** El método para determinar el espesor de los recubrimientos de cinc o cadmio por el ensayo de espesor del recubrimiento metálico, se describe en el numeral 15.8.

**15.3** La solución que se debe usar para el ensayo de espesor del recubrimiento metálico se debe preparar con agua destilada y debe contener 200 g por litro de ácido crómico grado reactivo (CrO<sub>3</sub>) y 50 g por litro de ácido sulfúrico grado reactivo (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Este último es equivalente a 27 ml por litro de ácido sulfúrico concentrado grado reactivo, gravedad específica 1,84, que contenga el 96% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**15.4** La solución de ensayo se debe almacenar en un recipiente de vidrio, por ejemplo un embudo separador cuya salida esté equipada con una llave de paso y un tubo capilar con un diámetro interior de 0,025 pulgadas (0,64 mm) y una longitud de 5,5 pulgadas (140 mm). El extremo inferior del capilar debe adelgazarse hasta formar una punta, de manera que las gotas que caen sean de aproximadamente 0,05 ml cada una. Para mantener un nivel constante efectivamente, se debe insertar un pequeño tubo de vidrio en la parte superior del embudo a través de un tapón de caucho, y su posición se debe ajustar de manera que cuando la llave está abierta, la velocidad de goteo sea de 100 ± 5 gotas por minuto. Se puede usar un tapón adicional en lugar del tubo de vidrio para controlar la tasa de goteo.

**Tabla 15.1 Factores de espesor del recubrimiento**

Grados de temperatura °F (°C)	Factores de espesor	
	Cadmio	Cinc
70 (21,1)	1,331	0,980
71 (21,7)	1,340	0,990
72 (22,2)	1,352	1,000
73 (22,8)	1,362	1,010
74 (23,3)	1,372	1,015
75 (23,9)	1,383	1,025
76 (24,4)	1,395	1,033
77 (25,0)	1,405	1,042
78 (25,6)	1,416	1,050
79 (26,1)	1,427	1,060
80 (26,7)	1,438	1,070
81 (27,2)	1,450	1,080
82 (27,8)	1,460	1,085
83 (28,3)	1,470	1,095
84 (28,9)	1,480	1,100
85 (29,4)	1,490	1,110
86 (30,0)	1,501	1,120
87 (30,6)	1,513	1,130
88 (31,1)	1,524	1,141
89 (31,7)	1,534	1,150
90 (32,2)	1,546	1,160

**15.5** La muestra y la solución de ensayo se deben mantener en el cuarto de ensayo el tiempo suficiente para alcanzar la temperatura ambiente, que se debe observar y registrar. El ensayo se debe llevar a cabo a una temperatura ambiente de 70,0 °F – 90 °F (21,1 °C - 32,2 °C)

**15.6** Cada muestra se debe limpiar muy bien antes del ensayo. Toda la grasa, laca, pintura y otros revestimientos no metálicos se deben remover completamente antes del ensayo por medio de solventes. Entonces las muestras se enjuagan muy bien con agua y se secan con un paño limpio. Se debe evitar tocar con las manos o con cualquier material extraño la superficie ya limpia.

**15.7** La muestra que se va a ensayar se debe apoyar de 0,7 pulgadas - 1 pulgada (17,8 mm - 25,4 mm) por debajo del orificio, de manera que las gotas de solución golpeen el punto que se va a ensayar y rueden rápidamente. Es conveniente inclinar la superficie que se va a ensayar aproximadamente 45 grados de la horizontal.

**15.8** Después de limpiar la muestra, se debe colocar ésta debajo del orificio. Se abre la llave y se mide el tiempo, en segundos, que toma la solución que cae para disolver el recubrimiento de metal protector y dejar expuesto el metal de base. El punto final es cuando aparece el metal de base, que se reconoce por un cambio de color en ese punto.

**15.9** Cada muestra de un lote de ensayo se debe someter a ensayo en tres o más puntos sobre la superficie interna y en un número igual de puntos en la superficie externa, en los sitios en donde se puede esperar que el recubrimiento de metal sea más delgado. En equipo de conexión y puesta a tierra hecha con láminas recubiertas, las esquinas externas sometidas a la mayor deformación presumiblemente tienen recubrimientos delgados.

Excepción: No es necesario ensayar una superficie roscada de una muestra cortada y estarcida, no rotulada como aceptable para enterramiento en el suelo o en concreto.

## **ROTULADO**

### **16.    DETALLES**

**16.1** Un conector de puesta a tierra se debe estampar, fundir o rotular de otra forma aceptable, en forma fácilmente visible.

- a)    Un conector se debe marcar con:
  - 1)    El nombre del fabricante, la marca registrada o ambos, o cualquier otro rotulado aceptable por medio del cual se pueda identificar fácilmente la organización responsable del producto.
  - 2)    Un número de catálogo distintivo o identificación equivalente.
  - 3)    El tamaño del electrodo y el calibre del conductor para puesta a tierra con el cual se va a usar el conector.
  
- b)    Un conector protector también se debe marcar con el calibre del conduit de metal rígido, a menos que el tamaño sea obvio.

- c) Un conector que es aceptable para uso con conductor tanto de aluminio como de cobre se debe rotular como "AL-CU".
- d) Un conector que es aceptable para uso con tubería de cobre para agua se debe rotular como se especifica en a) 3), precedido o seguido por las palabras "Tubería de cobre para agua", o uno equivalente.
- e) Un conector que es aceptable para enterramiento en el suelo o concreto se debe rotular para indicar que es aceptable para este uso.

Excepción: Alguno o todos los rótulos descritos en a) 3) y b) - e) se pueden omitir del producto si toda la información exigida en este numeral se encuentra en una etiqueta de material durable colocada en forma segura al dispositivo. Se acepta una etiqueta de cartón y un alambre a través del ojete de metal de la etiqueta. Se pueden encontrar aceptables otros métodos de rotulado, una vez se hayan investigado.

**16.2** Una boquilla de puesta a tierra o de conexión se debe estampar, fundir o rotular de cualquier forma aceptable que sea visible fácilmente, con el nombre del fabricante, la marca registrada o ambos, o cualquier otro rotulado aceptable mediante el cual la organización responsable del producto se pueda identificar fácilmente.

**16.3** Una boquilla para puesta a tierra se debe estampar, fundir o rotular de cualquier forma aceptable que sea visible fácilmente, como sigue:

- a) Una boquilla para puesta a tierra a la que se le pueda colocar un conector separable, se debe rotular con:
  - 1) Un número de catálogo o identificación equivalente, a menos que el conector de alambre inseparable sea ensamblado en fábrica.
  - 2) El calibre del conductor de puesta a tierra con el cual se ha previsto usar la boquilla.
- b) Una boquilla de puesta a tierra equipada con un conector de alambre integral se debe rotular con el calibre del conductor de puesta a tierra previsto para uso con la boquilla.

Excepción No.1: La información exigida en a) 2) y b) no es necesario que vaya rotulada sobre el producto si toda la información exigida en este numeral y en el 16.2 se presenta en una etiqueta de material durable colocada en forma segura a la boquilla. Se acepta una etiqueta de cartón y un alambre a través del ojete metálico de la etiqueta. Se pueden usar otros medios si se investigan y encuentran aceptables.

Excepción No. 2: No es necesario colocar la información exigida en a) 2) en la boquilla si el conector de alambre separable está rotulado con el calibre del conductor de puesta a tierra que se va a usar.

**16.4** Una tuerca de seguridad de puesta a tierra o conexión se debe estampar, fundir o rotular de cualquier otra forma que sea visible fácilmente, como sigue:

- a) La tuerca de seguridad se debe marcar con el nombre del fabricante, la marca registrada, o ambos, y cualquier otro rotulado distintivo mediante el cual se pueda identificar fácilmente la organización responsable del producto.
- b) Una tuerca de seguridad de tamaño superior a 2 pulgadas (50,8 mm) se debe rotular con un número de catálogo distintivo o identificación equivalente.
- c) Para una tuerca de seguridad de 2 pulgadas o menor, el número del catálogo o la identificación equivalente se deben colocar en ella o en la caja del empaque, o en ambos.

**16.5** Un accesorio como el mencionado en el numeral 4.8 se debe rotular, ya sea en el accesorio mismo o en la caja, como “hermético a la lluvia”, “Tipo 3R”, “Tipo 4” o “Sitios húmedos”. El rótulo sobre el accesorio debe ser visible después de la instalación.

**16.6** En una serie o línea completa de productos que consta de dispositivos ensamblados de partes intercambiables, cada parte debe llevar un rótulo que, junto con los otros rótulos en todas las otras partes ensambladas como se prevé para armar el dispositivo completo, dando como resultado un número de catálogo y designación de tipo distintivos, o similar, que identifica en forma definitiva el dispositivo ensamblado.

**16.7** Como ejemplo de conformidad de los dispositivos con el requisito del numeral 16.6, las partes roscadas para la conexión del conduit de metal rígido se pueden designar y rotular A para 1/2 pulgada (12,7 mm), B para 3/4 pulgada (19,1 mm), C para 1 pulgada (25,4 mm), D para 1 1/4 pulgada (31,8 mm) y similares. Las partes del conector para tubería de agua o electrodos de varilla se pueden designar y rotular 2 para 1/2 pulgada, 3 para 3/4 pulgada, 4 para 1 pulgada, 5 para 1 1/4 pulgada y similares. Entonces los ensamblajes completos que conforman la serie se designarían e identificarían como A-2, B-4, C-3, C-4, D-5 y similares.

**16.8** Se puede usar color negro o café para identificar un aislador con una temperatura nominal de 150 °C (302 °F), como se mencionó en el numeral 13.14, y un aislador con una temperatura nominal diferente de 150 °C (302 °C) no debe ser negro ni café. No es necesario rotular una parte con una temperatura nominal de 90 °C (194 °F).

**16.9** El rótulo de una varilla para puesta a tierra se debe localizar dentro de 12 pulgadas (305 mm) de la parte superior de la varilla y debe incluir lo siguiente:

- a) El nombre del fabricante, la marca registrada, o ambos, o cualquier otro rotulado distintivo mediante el cual se pueda identificar fácilmente la organización responsable del producto.
- b) Un número de catálogo distintivo o una identificación equivalente.
- c) La longitud de la varilla.

**16.10** La siguiente información se debe colocar en forma clara en una etiqueta amarrada a cada tramo de despacho del conductor de puesta a tierra blindado terminado. Si el alambre es enrollado en un carrete o en una caja, la información puede ir impresa o estarcida en el carrete o caja. Se puede incluir otra información si no causa confusión. El rotulado debe ser:

- a) Las palabras “conductor desnudo blindado para puesta a tierra”.
- b) El nombre del fabricante, la marca registrada, o ambos, o cualquier otra marca distintiva mediante la cual se pueda identificar fácilmente a la organización responsable del producto.
- c) El calibre AWG del conductor de puesta a tierra.

## **EQUIPO DE PUESTA A TIERRA EN HOSPITALES**

### **17. GENERALIDADES**

**17.1** Los requisitos del numeral 18.1-20.2 se aplican a ensambles de cordones y tomas para puesta a tierra previstos para uso en una habitación de hospital u otra instalación para cuidado de la salud, para conectar el equipo a un punto de puesta a tierra al paciente, u otro punto de puesta a tierra de referencia apropiado.

### **18. CONSTRUCCIÓN**

#### **18.1 CORDÓN**

**18.1.1** El cordón de un ensamble de cordones para puesta a tierra debe ser un conductor de cobre trenzado de calibre no inferior a No. 10 AWG (5,3 mm<sup>2</sup>) con los hilos de alambre individuales no mayores de 0,0159 pulgadas (0,4 mm) de diámetro.

**18.1.2** El aislamiento sobre los conductores no debe ser menor de 3/64 pulgada (1,2 mm) de espesor y debe cumplir con los requisitos de los numerales 19.4.1 y 19.5.1. Un cordón aislado con caucho también debe cumplir con los requisitos de los numerales 19.6.1 y 19.6.2.

**18.1.3** Con referencia al numeral 18.1.2, la superficie del aislamiento sobre el conductor debe ser verde con o sin una o más rayas amarillas.

**18.1.4** La conexión entre la clavija y el cordón debe cumplir con los requisitos para alivio de esfuerzos del numeral 19.3.1.

#### **18.2 TERMINALES Y CONDUCTORES PARA CABLEADO EN CAMPO**

**18.2.1** Una toma de puesta a tierra debe tener un terminal para conexión a un conductor instalado en campo o un perno roscado No. 10 ó mayor, y una tuerca para conexión a una barra colectora. Un terminal de cualquier configuración debe ser de cobre o de aleación de cobre.

Excepción: el tornillo de presión del terminal de cableado y la tuerca de un terminal en forma de perno pueden ser de otro metal aceptable.

**18.2.2** Un terminal de cableado debe ser adecuado para la conexión de un conductor de cobre No. 10 AWG (5,3 mm<sup>2</sup>) y debe poder sostener conductores de otros calibres si la conexión cumple con los ensayos de fijación y arranque descritos en la NTC 2215 (UL 486A Standard for Wire Connectors and Soldering Lugs for Use with Cooper Conductors).

**18.2.3** Un terminal se debe enganchar al conductor en el extremo de un ensamble de cordones de puesta a tierra opuesto a las clavijas y debe tener un ojete cerrado para la conexión atornillada al equipo que se conecta a tierra. La conexión debe cumplir con los ensayos de fijación y arranque descritos en la NTC 2215 (UL 486A, Standard for Wire Connectors and Soldering Lugs for Use with Copper Conductors).

Excepción: puede usarse una conexión diferente de la de gancho, por ejemplo una conexión soldada.

**18.2.4** El aislamiento de la manija debe ser verde y debe cumplir con los requisitos de inflamabilidad del numeral 19.4.2. Los materiales de caucho y similares deben cumplir con los requisitos de los numerales 19.6.1 y 19.6.2.

**18.2.5** La manija se debe asegurar firmemente a una clavija de puesta a tierra.

**18.2.6** El pasador debe ser de cobre o de aleación de cobre.

### **18.3 TOMAS DE PUESTA A TIERRA**

**18.3.1** La cara visible de una toma de puesta a tierra debe ser de color verde. El contacto de la toma de puesta a tierra debe ser de cobre o de aleación de cobre.

### **18.4 MUESTRAS**

**18.4.1** Seis muestras de un ensamble de cordones de puesta a tierra se deben someter a los ensayos descritos del numeral 19.1.1 al 19.6.2.

**18.4.2** Las muestras que constan de un conector de terminal, cordón, clavija y toma de puesta a tierra se deben ensamblar de manera que simulen la aplicación final del producto.

## **19. ENSAYOS DE DESEMPEÑO**

### **19.1 RESISTENCIA DE CONTACTO**

**19.1.1** Se debe pasar una corriente continua de 30 A a través de las muestras y se debe medir la resistencia de contacto. La caída de tensión resultante se debe medir a través de cada ensamble desde la toma de puesta a tierra al conector del terminal. La resistencia no debe ser superior a 0,030 ohms ni debe ser 0,005 ohms superior a la resistencia del ensamble de cordones de puesta a tierra medida desde la punta de la clavija al conector terminal.

### **19.2 RESISTENCIA MECÁNICA**

**19.2.1** Las muestras usadas para el ensayo de resistencia de contacto se deben someter a 6 000 ciclos de inserción, giro para asegurar y liberar, si es apropiado, y retiro. No se debe presentar daño mecánico en la clavija ni en la toma de puesta a tierra.

**19.2.2** Después del ensayo de resistencia mecánica descrito en el numeral 19.2.1, las muestras se deben someter a un ensayo repetido de resistencia de contacto. La resistencia no debe aumentar en más de 0,005 ohms.

### **19.3    ALIVIO DE ESFUERZOS**

**19.3.1** Se deben ensayar 6 muestras nuevas de acuerdo con lo previsto. Con la clavija sostenida por el pasador en posición horizontal, el cordón debe soportar durante 1 min, sin un desplazamiento mayor de 1/32 pulgada de la manija o la clavija, al someter el terminal del cordón a una fuerza vertical de 35 libras. Para un ensamble que tenga una clavija-manija moldeada sobre el pasador, la fuerza debe aplicarse tanto a las muestras moldeadas como a las no moldeadas.

### **19.4    RESISTENCIA A LA LLAMA**

**19.4.1** El conductor aislado debe cumplir con los requisitos de inflamabilidad para el ensayo de llama vertical, como se describe en la NTC 1332 (UL 83 Standard for Thermoplastic-Insulated Wires and Cables), o en la NTC 3277 (UL 44), la que sea pertinente.

**19.4.2** El aislamiento de una toma de puesta a tierra debe cumplir con los requisitos del numeral 19.4.3. El aislamiento de caucho o similares, también debe cumplir con los requisitos de los numerales 19.6.1 y 19.6.2.

**19.4.3** Cuando el aislamiento de una toma de puesta a tierra o una manija-clavija se ensaya como se describe en el numeral 19.4.4, no debe mantener la combustión por más de 1 min después de cinco aplicaciones de 15 s de una llama de ensayo, con un intervalo de 15 s entre ellas.

**19.4.4** El ensayo se debe llevar a cabo como se describe en los numerales 13.9 -13.13, excepto que la toma para puesta a tierra se debe montar sobre una placa de acero de 0,053 pulgadas (1,3 mm) de espesor, en la manera prevista. La punta del cono azul interior de la llama se debe aplicar:

- a)     Al borde inferior de la cara visible de la toma para puesta a tierra.
- b)     Al cuerpo de la manija-clavija, con la clavija instalada en la toma.
- c)     Con la placa de acero girada 180° alrededor del eje vertical, al cuerpo de la toma de puesta a tierra.

### **19.5    RESISTENCIA A LA TENSIÓN DIELECTRICA**

**19.5.1** El aislamiento de un conductor debe soportar durante 1 min, sin sufrir falla, la aplicación de 1 500 V aplicados como se describe en la NTC 1332 (UL 83 Standard for Thermoplastic-Insulated Wires and Cables), o en la NTC 3277 (UL 44, Standard for Rubber-Insulated Wires and Cables), según sea apropiado.

### **19.6    ENVEJECIMIENTO ACELERADO**

**19.6.1** Un cordón o manija aislados con caucho no deben presentar deterioro aparente y tampoco un cambio de dureza superior a 0,005 pulgada (0,13 mm), en 5 lecturas, como resultado de exposición de 96 h a oxígeno a una presión de 300 libras  $\pm$  10 libras por pulgada cuadrada (psig) y una temperatura de 70,0 °C  $\pm$  1 °C (158,0 °F  $\pm$  1,8 °F).

**19.6.2** La dureza del caucho se debe determinar como el promedio de cinco lecturas con una galga adecuada, como una galga de dureza Rex o un durómetro Shore. El dispositivo se expone a oxígeno durante 96 h de acuerdo con el método descrito en la NTC 3277 (UL 44 Standard for Rubber-Insulated Wires and Cables). El dispositivo se debe dejar descansar a temperatura ambiente durante 4 h como mínimo después de retirarlo de la bomba de oxígeno. La dureza se debe determinar de nuevo como el promedio de cinco lecturas. La diferencia entre la lectura de dureza original promedio y la lectura promedio tomada después de exposición al oxígeno es el cambio en la dureza.

## **20. ROTULADO**

**20.1** Una clavija-manija o el cuerpo de una toma de puesta a tierra se debe rotular con el nombre del fabricante y el número de catálogo o equivalente.

**20.2** La cubierta de una toma para puesta a tierra en hospitales, que tiene una configuración de bloqueo con giro se debe rotular como “bloqueo para puesta a tierra” o “giro para bloqueo para puesta a tierra”.

### **DOCUMENTO DE REFERENCIA**

UNDERWRITERS LABORATORIES INC. Grounding and Bonding Equipment. Northbrook, UL: 1993. (UL 467).