

DIRECTRICES TÉCNICAS
INTERNACIONALES SOBRE
MUNICIONES

IATG
05.40

Segunda edición
2015-02-01

**Normas de seguridad para instalaciones
eléctricas y equipos en las instalaciones
de explosivos**



UN SaferGuard ✓
Securing ammunition, protecting lives

IATG 05.40:2015[E]

© UN ODA 2015

Advertencia

Las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones (IATG) están sujetas a evaluación y revisión periódicas. Este documento se encuentra actualizado y vigente desde la fecha indicada en la portada. Para verificar su estado, los usuarios deberán consultar el sitio web del programa SaferGuard del proyecto IATG de las Naciones Unidas a través de la Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UNODA) en:

www.un.org/disarmament/un-saferguard.

Aviso sobre derechos de autor

Este documento constituye las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones y está protegido por los derechos de autor de las Naciones Unidas. Queda prohibida la reproducción, almacenamiento o distribución de este documento o de cualquier extracto del mismo en cualquier forma, por cualquier medio o para cualquier otro propósito sin el consentimiento previo por escrito de la UNODA, que actúa a nombre y en representación de la ONU.

Este documento no está autorizado para su venta.

Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UNODA)
Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, NY 10017, USA

Correo electrónico: conventionalarms-unoda@un.org

Teléfono: +1 917 367 2904

Fax: +1 917 367 1757

Índice

Índice	ii
Prólogo.....	vi
Introducción (NIVEL 2).....	vii
Normas de seguridad para instalaciones eléctricas	1
1 Alcance	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	1
4 Categorías eléctricas (NIVEL 2)	2
4.1 Áreas de categoría mixta (NIVEL 2)	2
4.2 Sublimación de explosivos (NIVEL 3)	2
4.3 Selección de categoría eléctrica (NIVEL 2)	2
4.4 Categoría A y normas eléctricas asociadas (NIVEL 3)	2
4.4.1. Edificios e instalaciones cerca de las áreas de Categoría A.....	3
4.5 Categoría B (NIVEL 2)	3
4.5.1. Edificios e instalaciones cerca de las áreas de Categoría B.....	3
4.6 Categoría C (NIVEL 2)	4
4.6.1. Edificios e instalaciones cerca de las áreas de Categoría C	4
4.7 Categoría D (NIVEL 2)	4
4.8 Áreas combinadas de las Categorías A y B (NIVEL 3)	4
4.9 Temperatura superficial de los equipos (NIVEL 3)	4
4.10 Protección eléctrica específica para las zonas de la Categoría A (NIVEL 3).....	5
4.11 Compatibilidad electromagnética (EMC) (NIVEL 2)	5
4.11.1. Niveles de compatibilidad en los edificios de almacenamiento (NIVEL 2)	6
4.11.2. Compatibilidad electromagnética (EMC) en edificios de procesamiento - munición no conectada a equipos eléctricos	6
4.11.3. Compatibilidad electromagnética (EMC) en edificios de procesamiento - munición conectada a equipos eléctricos	6
5 Restricciones de uso, construcción y diseño del equipo eléctrico	7
5.1 Índice de protección (IP) (NIVEL 3)	7
5.2 Equipos eléctricos fijos y portátiles (NIVEL 2)	8
5.3 Equipos eléctricos fijos	9
5.3.1. Equipos de aire acondicionado, calefacción y control de humedad (NIVEL 2)	9
5.3.2. Accesorios de iluminación (NIVEL 2)	9
5.3.3. CCTV, equipo de comunicaciones y sistemas de alarma (NIVEL 2)	10
5.3.4. Equipos de termosellado (NIVEL 2)	10
5.4 Equipos eléctricos portátiles	10
5.4.1. Artículos que emiten radiación de radiofrecuencia (RF) (NIVEL 2).....	10
5.4.2. Equipos portátiles con conexión a red eléctrica (NIVEL 2)	11
5.4.3. Equipos con baterías (NIVEL 2).....	11
5.4.4. Equipos de monitoreo ambiental (LEVEL 3).....	12
5.4.5. Equipos de prueba de dispositivos electroexplosivos (EED) (NIVEL 3).....	12
5.4.6. Equipo médico personal	12

5.5	Computadoras, equipos informáticos y equipos de registro de datos	12
5.5.1.	Pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT) (NIVEL 2)	12
5.5.2.	Impresoras, pantalla de visualización y otros periféricos (NIVEL 2)	12
5.5.3.	Dispositivos de seguimiento de activos (NIVEL 3)	12
5.6	Vehículos y equipos de manipulación mecánica (MHE) (NIVEL 2)	12
6	Puesta en marcha, pruebas e inspección de equipos eléctricos	13
6.1	Precauciones de seguridad (NIVEL 1)	13
6.1.1.	Seguridad eléctrica (NIVEL 2)	14
6.2	Inspección y pruebas	14
6.2.1.	Personal calificado (NIVEL 2)	14
6.2.2.	Frecuencia y requerimientos de la prueba (NIVEL 2)	14
6.2.3.	Inspecciones visuales	14
6.2.4.	Pruebas de continuidad	15
6.2.5.	Pruebas de aislamiento	15
6.2.6.	Sistema de Protección Contra Rayos (LPS)	15
6.2.7.	Suelos antiestáticos	15
6.2.8.	Suelos conductores	15
6.2.9.	Dispositivo de corriente residual (RCD)	16
6.2.10.	Comunicaciones, alarmas contra incendios y robos e instalaciones eléctricas	16
6.2.11.	Otras pruebas eléctricas	16
6.2.12.	Cables flexibles de alimentación	16
6.2.13.	Grúas y equipos para manipulación de cargas	17
6.2.14.	Pruebas de calzado conductor	17
6.2.15.	Pruebas de calzados antiestáticos	17
6.2.16.	Pruebas de cintas transportadoras	17
6.2.17.	Mantenimiento de registros	17
7	Suministros de energía	17
7.1	Suministro externo y líneas eléctricas aéreas (NIVEL 3)	17
7.1.1.	Riesgo que representan las líneas eléctricas desde los explosivos	18
7.1.2.	Riesgo que representan los explosivos desde las líneas eléctricas	18
7.1.3.	Suministro de electricidad en las áreas de explosivos y cableado	18
7.1.4.	Líneas aéreas y columnas de alumbrado	18
7.1.5.	Las líneas aéreas que cruzan la carretera y las vías ferroviarias	18
7.2	Ubicación de los equipos generadores y de distribución de energía (NIVEL 2)	19
7.3	Suministro de energía interna en edificios de explosivos (NIVEL 2)	19
7.3.1.	Puesta a tierra de instalaciones explosivas (NIVEL 3)	19
7.3.2.	Interruptores	19
7.3.2.1.	Interruptores principales	19
7.3.2.2.	Otros interruptores	20
7.3.2.3.	Edificios deshabitados	20
7.3.3.	Circuitos finales	20
7.3.4.	Dispositivo de corriente residual (RCD)	20
7.3.5.	Tomacorrientes eléctricos	21
7.3.6.	Protección transitoria y de sobretensión y niveles de protección	21

7.3.6.1.	Protección en edificios de explosivos.....	21
7.3.6.2.	Protección durante las operaciones con explosivos, tormentas eléctricas y horas de inactividad....	21
7.3.6.3.	Puesta a tierra de dispositivos de protección contra sobretensiones.....	22
7.3.7.	Sistemas de cableado y su uso en las áreas de explosivos	22
7.3.7.1.	Compatibilidad química.....	22
7.3.7.2.	Tipos de sistemas de cableado y su uso en las áreas categorizadas.....	22
7.3.7.3.	Cable utilizado en sistemas de conductos y canales.....	23
7.3.8.	Normativa sobre conductos	23
7.3.8.1.	Requerimientos del área de Categoría B	23
7.3.8.2.	Requerimientos del área de Categoría C y D.....	23
8	Sistemas de protección contra rayos (LPS) (NIVEL 2)	24
8.1	Protección externa.....	24
8.1.1.	Probabilidad de impacto de rayo.....	24
8.1.2.	Riesgo de explosión	24
8.1.3.	Instalaciones que no necesitarían protección (NIVEL 2)	24
8.2	Tipos de protección contra rayos externos	25
8.2.1.	Jaula de Faraday.....	25
8.2.2.	Otros modelos	25
8.3	Protección interna (NIVEL 2)	26
8.3.1.	Conexión y aislamiento.....	26
8.3.1.1.	Municiones a prueba, ensamblaje o reparación	26
8.3.2.	Almacenamiento de municiones	27
8.3.3.	Conexiones a suelos conductores o antiestáticos	27
8.3.4.	Instalaciones sin LPS externa.....	27
8.4	El Riesgo de rayos para el personal (NIVEL 1)	27
8.4.1.	Valoración de riesgos	27
8.4.2.	Poner a salvo la instalación de explosivos en caso de tormenta eléctrica (NIVEL 1).....	27
8.4.2.1.	Instalaciones de almacenamiento.....	27
8.4.2.2.	Instalaciones de almacenamiento abierto	28
8.4.2.3.	Instalación de procesamiento	28
8.4.2.4.	Áreas de estacionamiento y clasificación.....	28
9	Operación de regímenes conductores y antiestáticos (NIVEL 2).....	28
9.1	Definición técnica de regímenes y seguridad antiestáticos y conductores	28
9.2	Fuentes de electricidad estática y medidas de control.....	29
9.2.1.	Personal (NIVEL 2).....	29
9.2.2.	Equipo (NIVEL 2).....	29
9.2.3.	Mesas de trabajo (NIVEL 2).....	30
9.2.4.	Estantes (NIVEL 2).....	30
9.2.5.	Equipo especializado (NIVEL 2)	30
9.2.6.	Humedad Relativa (RH) (NIVEL 1)	30
9.2.7.	Medidor de prueba para personal de áreas riesgosas (HAPTM) (NIVEL 2).....	31
9.2.8.	Puesta a tierra	31
9.3	Régimen antiestático y precauciones (NIVEL 2).....	31
9.3.1.	Suelo	31

9.3.2.	Calzado y ropa	32
9.3.3.	Otros materiales	32
9.3.4.	Humedad relativa	32
9.3.5.	Pulseras y correas para talón antiestáticas	32
9.3.6.	Prueba de equipos antiestáticos antes de usar	32
9.4	Régimen conductor y precauciones (NIVEL 2)	33
9.4.1.	Suelo	33
9.4.2.	Calzado y ropa	33
9.4.3.	Otros materiales	33
9.4.4.	Humedad relativa	33
9.4.5.	Restricciones de equipos y puesta a tierra eficaz	33
9.5	Áreas conductoras mixtas o híbridas	33
9.5.1.	Marcado y combinación de diferentes regímenes electrostáticos	34
9.5.2.	Regímenes mixtos y uso de equipo portátil	34
9.6	Seguridad del personal y controles de seguridad (NIVEL 2)	34
9.6.1.	Dispositivo de Corriente Residual (RCD)	34
9.6.2.	Equipos alimentados por la red eléctrica	34
9.7	Conexión equipotencial de suelo antiestático y conductor (NIVEL 2)	35
9.7.1.	Suelo del edificio e interface de cubierta protectora	35
9.7.2.	Puesta a tierra y conexión (bonding)	35
9.7.3.	Materiales de conexión y dimensiones	35
9.7.4.	Mantenimiento de la superficie protectora	35
Anexo A	(Normativas) Referencias	36
Anexo B	(Informativas) Referencias	37
Anexo C	(Informativas) Sistema de Protección Contra Rayos (LPS)	38
Apéndice 1 del Anexo F	(Informativas) Diseños de LPS	48
Anexo D	(Informativas) Reglamentos vigentes de la UE	55
Anexo E	(Informativas) Selección de la categoría eléctrica correcta	57
Anexo F	(Informativas) Requisitos de los equipos y accesorios eléctricos de la Categoría C	58
Anexo G	(Informativas) Requisitos de los equipos y accesorios eléctricos de la Categoría D	60
Anexo H	(Informativas) Medición de la resistencia del suelo conductor y antiestático	61
Registro de Modificaciones	65

Prólogo

Las existencias de municiones obsoletas, inestables y excedentes presentan un doble riesgo: por un lado, la proliferación ilegal y, por otro, las explosiones accidentales. Estos riesgos han provocado desestabilización y desastres humanitarios en todas las regiones del mundo.

Para una adecuada gestión de existencias es crucial proceder a la identificación de excedentes – es decir, la porción de armas y municiones que no constituye una necesidad operativa. Cuando no se identifican los excedentes, se considera que todo el contenido de la existencia conserva su valor operativo. A pesar de que ya no se utilizan, los excedentes de armas y municiones continúan llenando los almacenes y pueden, por lo tanto, presentar un serio riesgo para la protección y seguridad.

En muchos países, la gestión deficiente de existencias es más bien la regla que la excepción. En muchas instancias, no se presta la debida atención ni a las existencias con excedentes ni a la ausencia de una política adecuada para la gestión de existencias. Los gobiernos no están conscientes de los excedentes. Además, sus existencias nacionales representan un riesgo para la seguridad pública y el desvío desde los almacenes contribuye a incrementar el crimen y la violencia armada.

En el año 2011, las Naciones Unidas elaboró las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones (IATG, por sus siglas en inglés) para garantizar que las Naciones Unidas en conjunto brinda en forma consistente asesoría de alta calidad y apoyo en la gestión de municiones. Estas directrices son utilizadas por numerosos actores, incluyendo organismos internacionales, entidades no gubernamentales y autoridades nacionales.

El programa SaferGuard de las Naciones Unidas se encarga de administrar las IATG, así como los demás temas sobre municiones convencionales.

Teniendo en cuenta la diversidad de capacidades de los Estados, las IATG contemplan tres niveles de exhaustividad en orden ascendente, referidos como «niveles del proceso de reducción de riesgos» (RRPL, por sus siglas en inglés). Estos niveles están indicados en cada IATG como NIVEL 1 (básico), NIVEL 2 (intermedio) o NIVEL 3 (avanzado).

El objetivo de las contrapartes ejecutoras debería ser mantener los procesos de gestión de existencias por lo menos en el nivel RRPL 1. En general, esto contribuirá a reducir el riesgo de manera significativa. Luego, se pueden incorporar mejoras permanente y gradualmente a la infraestructura y los procesos de gestión de existencias a medida que el personal mejore sus capacidades y se cuente con mayores recursos. Estas acciones serían equivalentes a los niveles RRPL 2 y RRPL 3.

Los [RRPL se determinan calculando la puntuación ponderada de un cuestionario sobre una existencia de municiones específico](https://www.un.org/disarmament/un-safeguard/risk-reduction-process-levels/). Se puede contar con una lista de control en: <https://www.un.org/disarmament/un-safeguard/risk-reduction-process-levels/>.

Las IATG son revisadas regularmente para reflejar las normas y prácticas que se vienen desarrollando sobre gestión de existencias de municiones, así como para incorporar los cambios resultantes de modificaciones en los reglamentos y requisitos internacionales. Las IATG también están disponibles en diversos idiomas.

Para consultar la última versión de cada directriz, junto con herramientas prácticas en apoyo a la implementación de las IATG, ingrese al siguiente enlace <https://www.un.org/disarmament/un-safeguard/>.

Introducción (NIVEL 2)

Esta IATG¹ describe los requisitos y normas para las instalaciones eléctricas, la protección contra rayos/relámpagos, la protección electrostática y el equipo eléctrico/electrónico en sitios subterráneos y en la superficie que contengan o puedan contener explosivos. Estos sitios incluyen aeródromos, edificios e instalaciones de almacenamiento, procesamiento y manipulación de municiones.

¹ Por la complejidad de este tema y la profundidad de la información necesaria, esta IATG ha sido adaptada principalmente del JSP 482 del Reino Unido, Capítulo 8

Normas de seguridad para instalaciones eléctricas

1 Alcance

Esta IATG describe las normas de seguridad eléctrica que deben utilizarse en las instalaciones de explosivos de diversos tipos. Además, esta IATG no se ha de aplicar en las instalaciones no relacionadas con explosivos, aunque se encuentra en un área de explosivos. Sin embargo, la instalación eléctrica y todo el equipo utilizado en esos edificios debería cumplir las especificaciones y disposiciones reglamentarias de la autoridad técnica nacional para garantizar que no constituyen un riesgo para las instalaciones de explosivos. Estas regulaciones deberían leerse conjuntamente con las leyes y reglamentos pertinentes de la autoridad técnica nacional y con las normas internacionales.

En el anexo D se ofrece una lista de las regulaciones de la Unión Europea a título informativo únicamente, a fin de proporcionar un punto de referencia con el que puedan compararse las reglamentaciones nacionales.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias con fecha únicamente se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluida cualquier versión modificada).

El Anexo A contiene una lista de referencias normativas. Las referencias normativas son documentos importantes a los que se hace referencia en esta directriz y que forman parte de las disposiciones de esta directriz.

Asimismo, el Anexo B contiene una lista adicional de referencias informativas en forma de bibliografía, que incluye documentos adicionales con información útil complementaria sobre las normas de seguridad para instalaciones eléctricas dentro de instalaciones de explosivos.

3 Términos y definiciones

Para efectos de la presente directriz, se emplearán los siguientes términos y definiciones, así como la lista más exhaustiva que figura en el documento IATG 01.40:2015[E] *Términos, definiciones y abreviaturas*.

El término «autoridad técnica nacional» se refiere a *los departamentos, organizaciones o instituciones gubernamentales encargados de la regulación, gestión, coordinación y realización de las actividades de manipulación y almacenamiento de municiones convencionales*.

El término «categoría eléctrica» se refiere a *la norma de las instalaciones y equipos eléctricos necesarios en un edificio de explosivos. La categoría eléctrica es la misma que la categoría asignada al edificio o al área*.

El término «instalación de explosivos» se refiere a *un área que contiene uno o más sitios de explosión potencial*.

En todos los módulos de las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones, las palabras «deberá», «debería», «puede» (en el sentido de permiso) y «puede» (en el sentido de capacidad) se utilizan para expresar las disposiciones de conformidad con su uso en las normas ISO.

- a) **«deberá» indica un requisito:** se utiliza para indicar los requisitos que es preciso seguir rigurosamente para ajustarse al documento y de los cuales no se permite ninguna desviación.
- b) **«debería» indica una recomendación:** se utiliza para indicar que, entre varias posibilidades, una es la que más se ajusta, sin mencionar ni excluir a otras; que es preferible llevar a cabo una acción determinada, pero no indispensable; o que (en su forma negativa «no debería») una posibilidad determinada o curso de acción está desaconsejado, pero no prohibido.

- c) «**puede**» **indica permiso**: se utiliza para indicar un curso de acción permitido dentro de los límites del documento.
- d) «**puede**» **indica posibilidad y capacidad**: se utiliza para expresar declaraciones de posibilidad y capacidad, ya sean materiales, físicas o casuales.

4 Categorías eléctricas (NIVEL 2)

Las áreas dentro de los edificios o instalaciones deberían dividirse en categorías según el tipo de explosivos que se almacena o manipula y los procesos que se realizan en ella. Las instalaciones y equipos eléctricos deberían ser de la misma categoría que el área en la que se instalan o utilizan. La categoría de un área o edificio deberá colocarse en la entrada.

4.1 Áreas de categoría mixta (NIVEL 2)

Como resultado de los procesos realizados, algunas instalaciones pueden tener salas, lugares_o áreas que requieran distintas categorías de explosivos. Debería utilizarse una barrera física para delimitar las distintas categorías. Como mínimo, la barrera debería ser una puerta y tener suficientes medidas para controlar la circulación de polvos o vapores.

4.2 Sublimación de explosivos (NIVEL 3)

Es necesario tomar medidas especiales cuando los explosivos son susceptibles de sublimación. El equipo eléctrico no debería ser instalado en el edificio a menos que sea absolutamente esencial. En estos casos, se especificarán normas adecuadas en colaboración con el químico de explosivos quien asesorará sobre las propiedades del explosivo en el proceso.

4.3 Selección de categoría eléctrica (NIVEL 2)

En el anexo E, se presenta un ejemplo de un algoritmo de selección que puede emplearse en la selección de la categoría eléctrica más adecuada. El algoritmo debería concordar con la normativa y los reglamentos nacionales que regulan las atmósferas explosivas y los grados de protección contra ingresos y temperaturas superficiales máximas.

4.4 Categoría A y normas eléctricas asociadas (NIVEL 3)

Las áreas de categoría A son edificios de explosivos en los que pueden estar presentes gases y vapores explosivos. También puede haber un riesgo relacionado con la presencia de polvo y esto es abordado en el Punto 4.8. Las áreas de Categoría A pueden subdividirse, a su vez, en tres zonas que agrupan los diferentes grados de probabilidad con que pueden surgir concentraciones explosivas de gases y vapores en función tanto de la frecuencia de ocurrencia como de la duración probable de su existencia. Estas zonas se muestran en la Tabla 1:

Zonas de Categoría A	Definición
Categoría A, Zona 0	Área en la que una atmósfera explosiva de gas/vapor está continuamente presente o está presente durante largos períodos
Categoría A, Zona 1	Área en la que es probable que se produzca una atmósfera inflamable en condiciones normales de funcionamiento.
Categoría A, Zona 2	Área en la que no es probable que se produzca una atmósfera inflamable en condiciones normales de funcionamiento, pero, si se produce, sólo ocurrirá durante un breve periodo.

Tabla 1: Zonas eléctricas de Categoría A

4.4.1. Edificios e instalaciones cerca de las áreas de Categoría A

Las instalaciones y equipos eléctricos situados en el exterior del edificio o en una sala contigua y separada deberían pertenecer a la Categoría A si el riesgo de gas o vapor se extiende fuera del edificio. La zona asignada debería tener en cuenta el riesgo de que se produzca el tipo de atmósfera inflamable. Puede ser necesario implementar un grado de protección que ofrezca una protección adicional a prueba de intemperie.

4.5 Categoría B (NIVEL 2)

Existen áreas de categoría B en las que el procesamiento y la manipulación de explosivos da lugar a una atmósfera explosiva pulvígena y a un riesgo ocasionado por la acumulación o el depósito de polvo. Las áreas de categoría B no necesariamente comprenden toda una sala o edificio si la extensión de la atmósfera que se genera se limita a un área local, por ejemplo, dentro de una vitrina de gases.

Los explosivos expuestos que no generan una atmósfera inflamable o explosiva, o riesgo por acumulación o depósito de polvo durante el uso normal, pueden ser procesados dentro de edificios de explosivos de Categoría C.

En las instalaciones de Categoría B, solo deben procesarse los artículos explosivos y los procesamientos de explosivos considerados capaces de generar una atmósfera inflamable o explosiva o un riesgo por el polvo acumulado o depositado durante el servicio normal. Cabe señalar que todos los explosivos, incluso el propulsor gomoso, podrían generar polvo. Los explosivos, como la nitroglicerina, pueden generar vapores que pueden condensarse en un explosivo líquido o cristalino. Asimismo, puede producirse sublimación durante los procesos de fabricación.

Durante el proceso de decisión sobre la categorización de un artefacto explosivo, es importante tomar en cuenta el embalaje/envolvente (*enclosure*) que tiene el dispositivo para conocer su capacidad para evitar que salga polvo a lo largo de todo el espectro de su ámbito de servicio. Cuando se derrame polvo accidentalmente en un entorno de Categoría B, se deberá recoger/ levantar el polvo inmediatamente de forma segura.

La Tabla 2 resume las zonas de categoría B:

Zonas de Categoría B	Definición	Estanqueidad al polvo según EN 60528
Categoría B, Zona 20	Área en la que una atmósfera explosiva en forma de una nube de polvo combustible en el aire está presente continuamente, o durante largos períodos, o con frecuencia.	IP6X
Categoría B, Zona 21	Área en la que en la que es probable que se produzca ocasionalmente, en condiciones normales de funcionamiento, una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire.	IP6X
Categoría B, Zona 22	Área en la que en la que no es probable que se produzca, en condiciones normales de funcionamiento, una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire. No obstante, si se produce, solo persistirá durante un breve período.	IP5X

Tabla 2: Zonas eléctricas de Categoría B

4.5.1. Edificios e instalaciones cerca de las áreas de Categoría B

Las salas de máquinas de los edificios de la Categoría B que no tengan acceso directo al área de explosivos y no tengan riesgo de desplazamiento de polvo y vapor, no deben clasificarse como áreas de explosivos. El equipo eléctrico instalado en esas áreas debe cumplir con la norma de la Categoría D de explosivos, según se especifica en el Anexo G. De igual manera, es posible que las instalaciones exteriores tengan que ser a prueba de intemperie.

4.6 Categoría C (NIVEL 2)

La Categoría C es la norma para todos los edificios de explosivos en los que los explosivos no generan vapores inflamables o polvo explosivo en condiciones de temperatura normal de almacenamiento. El equipo y las instalaciones eléctricas deben cumplir las especificaciones del Anexo F.

4.6.1. Edificios e instalaciones cerca de las áreas de Categoría C

Las salas de máquinas de los edificios de la Categoría C, que no tengan acceso directo al área de explosivos y no tengan riesgo de desplazamiento de polvo y vapor, no deberían clasificarse como áreas de explosivos. El equipo eléctrico instalado en esas áreas debería cumplir con la norma de la Categoría D de explosivos, según se especifica en el Anexo G. De igual manera, es posible que las instalaciones exteriores tengan que ser a prueba de intemperie.

4.7 Categoría D (NIVEL 2)

Esta norma se aplica a los edificios, salas, etc. en los que se almacenan pequeñas cantidades de explosivos, salvo la División de Riesgos (HD) 1.1, según lo acordado con el jefe del establecimiento y la autoridad técnica nacional. Los explosivos no deberán estar expuestos ni generarán vapores inflamables o polvos explosivos. La norma de la Categoría D también se aplica a algunas salas técnicas, pero no está previsto que se permita el almacenamiento de explosivos en esas salas. Las normas relativas al equipo eléctrico figuran en el Anexo G.

4.8 Áreas combinadas de las Categorías A y B (NIVEL 3)

Si fuera necesario clasificar las áreas como áreas con atmósferas tanto de polvo como de vapor/gas inflamable, las áreas en cuestión deberán cumplir los requisitos de las instalaciones de la Categoría A y de la Categoría B. Las normas de la autoridad técnica nacional (o, de ser necesario, las normas internacionales) pueden prever que los riesgos de gas y polvo se incluyan en un único diseño de equipo y que se disponga de un equipo eléctrico que proporcione a la vez protección contra el gas y el polvo.

4.9 Temperatura superficial de los equipos (NIVEL 3)

Las autoridades técnicas nacionales pueden elaborar sus propias clasificaciones de temperatura, pero en la Tabla 3 se indican los niveles de temperatura superficial máxima que se utilizan comúnmente.

Clase	Nivel de temperatura superficial máxima (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Tabla 3: Niveles de clasificación de la temperatura superficial

Las limitaciones de la temperatura superficial de diseño de los equipos eléctricos en condiciones normales no deberían exceder lo siguiente:

- a) para de instalaciones de Categoría A, la Clase T correspondiente o a 135°C, lo que sea más bajo;
- b) para instalaciones de Categoría B, 135°C;

- c) para instalaciones de Categoría C, 135°C, con excepción de los radiadores llenos de agua o aceite que deberían estar a 85°C; y
- d) para las instalaciones de Categoría D, no hay un número determinado, pero puede ajustarse a los límites de la Categoría C.

4.10 Protección eléctrica específica para las zonas de la Categoría A (NIVEL 3)

Las regulaciones de la autoridad técnica nacional referentes a la protección eléctrica en la Categoría A deberían cumplir y aplicar los requisitos de protección que se indican a continuación en la Tabla 4. Se muestran las normas EN adecuadas para facilitar la comparación con las normas nacionales.

Tipo de protección	Símbolo	Descripción	Uso en zonas de Categoría A	Norma EN
Seguridad intrínseca	Ex ia	Limita la energía de las chispas y limita la temperatura, pero incluye condiciones de falla especificadas.	0,1 y 2	EN 60079-25:2004 EN 50020:2002
Seguridad intrínseca	Ex ib	Limita tanto la energía de las chispas como la temperatura.	1 y 2	EN 60079-25:2004 EN 50020:2002
Aumento de la seguridad	Ex e	No se producen arcos, chispas o superficies calientes.	1 y 2	EN 60079-7:2003 EN 50019:2000
Inmersión en aceite	Ex o	Mantiene el gas inflamable alejado de cualquier superficie caliente y de los equipos con capacidad de ignición.	1 y 2	EN 50015:1998
Encapsulado	Ex m	Mantiene el gas inflamable alejado de cualquier superficie caliente y de los equipos con capacidad de ignición.	1 y 2	EN 60079-18:2004 EN 50028
Polvo (Cuarzo / Arena)	Ex q	Contiene una explosión y apaga las llamas.	1 y 2	EN 50017:1998
Aparato presurizado	Ex p	Mantiene el gas inflamable alejado de cualquier superficie caliente y de los equipos con capacidad de ignición.	1 y 2	EN 60079-2:2004 EN 50016:2002
Antideflagrante	Ex d	Contiene una explosión y apaga las llamas.	1 y 2	EN 50018:2000 EN 6079-1:2004
Protección de tipo 'n' No chispeante Pausa cerrada Limitación de energía Presurización simplificada Respiración restringida	Ex n Ex nA Ex nW Ex nL Ex nP Ex nR	Tipo de protección aplicada a los aparatos eléctricos de tal manera que, en condiciones normales de funcionamiento, no es susceptible de encender una atmósfera explosiva circundante y no es probable que se origine un defecto que pueda provocar la ignición.	2	EN 60079-15:2003 EN 50021:1999

Tabla 4: Requisitos eléctricos de Categoría A

4.11 Compatibilidad electromagnética (EMC) (NIVEL 2)

Las emisiones electromagnéticas del equipo eléctrico utilizado en los edificios de explosivos deberían ser controladas para garantizar la protección de los siguientes: 1) cualquier dispositivo electroexplosivo (EED) en la munición; 2) equipo electrónico y receptores de radio asociados a las armas; y 3) sistemas de control en los edificios de explosivos o en las cercanías de estos edificios.

El circuito eléctrico de las municiones debe contrastarse con un entorno de radiofrecuencia (RF) especificado por una autoridad técnica nacional. Estas evaluaciones son necesarias para que la munición pueda ser incorporada al proceso de puesta en servicio y debe tener en cuenta todos los modos de embalaje, funcionamiento y pruebas. Cuando está empaquetada en su contenedor aprobado, se considera que, en general, los almacenes están protegidos del entorno electromagnético (EM); sin embargo, cuando se desembalan y son sometidas a prueba o durante las operaciones de procesamiento, su vulnerabilidad EM puede aumentar considerablemente.

Para evitar que surjan peligros de radiación (RADHAZ), se debería prohibir el uso general de los transmisores RF de uso deliberado en las zonas de almacenamiento de explosivos (ESA) y en los edificios. Esto incluye los transmisores de baja potencia como los que se encuentran en los sistemas Wi-Fi y LAN inalámbrica y los transmisores de radio personales. Sin embargo, se reconoce que algunos de ellos pueden ser necesarios en las ESA y en los edificios, por lo tanto, pueden permitirse en casos concretos.²

4.11.1. Niveles de compatibilidad en los edificios de almacenamiento (NIVEL 2)

Los niveles de rendimiento de la EMC de los equipos eléctricos en edificios de almacenamiento de explosivos deben cumplir los requerimientos de las autoridades técnicas nacionales. Como una orientación, se muestran a continuación las normas de la UE (EN) al nivel necesario para asegurar una protección tan baja como sea razonablemente factible (ALARP):

- a) en los edificios de almacenamiento, los equipos instalados y los portátiles deberían cumplir las especificaciones contenidas en las normas EN61000-6-1 y EN61000-6-3; y
- b) el equipo de manipulación mecánica (MHE) debería cumplir los requisitos de la EMC, según la norma EN12895.

4.11.2. Compatibilidad electromagnética (EMC) en edificios de procesamiento - munición no conectada a equipos eléctricos

Los niveles de rendimiento de la EMC de los equipos eléctricos en edificios de procesamiento de explosivos deberían cumplir los requerimientos de las autoridades técnicas nacionales. Como en el caso anterior, se incluyen las siguientes normas EN para dar alguna orientación:

- c) los equipos instalados permanentemente en edificios de procesamiento, pero no conectados eléctricamente a los artículos de munición deberían cumplir los niveles especificados en las normas EN 61000-6-1 y EN61000-6-3;
- d) el MHE debería cumplir con los requisitos de la EMC, según la norma EN 12895; y
- e) los equipos portátiles deberían cumplir los requisitos de la EMC, según las normas EN 61000-6-1 y EN 61000-6-3

4.11.3. Compatibilidad electromagnética (EMC) en edificios de procesamiento - munición conectada a equipos eléctricos

El fabricante someterá a una prueba de compatibilidad electromagnética a los equipos eléctricos fijos o portátiles conectados directamente a un arma³ que se esté probando, además de proporcionar la susceptibilidad a niveles de emisión radiada y conducida del arma. Las pruebas y los límites a utilizar serán los que correspondan al arma objeto de ensayo y que sean pertinentes para la disposición de los mismos.

² Véase IATG 05.60:2015[E] *Riesgos de la radiofrecuencia*.

³ Por ejemplo, un misil guiado, que es a la vez un arma y un artículo de munición.

En el caso de las líneas de suministro de energía que se interconectan solo con los suministros domésticos de la instalación, las pruebas y los límites aplicados pueden ser extraídos de las normas EN61000-6-1 y EN61000-6-3, pero añadiendo las pruebas transitorias. Se sugiere que en la prueba de susceptibilidad radiada de todos los equipos conectados directamente a los sistemas de armas en edificios explosivos se utilice, como mínimo, una intensidad de campo de 20V/m de 1MHz a 1GHz.

5 Restricciones de uso, construcción y diseño del equipo eléctrico

El suministro y el mantenimiento de las instalaciones y el equipo eléctrico, según las normas descritas en la presente IATG, son fundamentales para los requisitos de seguridad de los edificios de explosivos. Es esencial que se cumplan las normas de las autoridades técnicas nacionales. En caso de que éstas requieran un mayor desarrollo, podrán aplicarse las normas internacionales. Cabe señalar que los siguientes puntos son de especial importancia:

- a) la protección adecuada contra fuga a tierra, cortocircuitos y sobrecargas para asegurar la eliminación de cualquier condición de falla;
- b) la contención del sobrecalentamiento o las chispas dentro de las envolventes del equipo durante el uso normal. Esto se suma a cualquier disposición especial requerida por las normas eléctricas de las categorías A, B, C o D;
- c) la prohibición de ciertos materiales, como las aleaciones ligeras, en la construcción de equipos destinados a utilizarse en edificios de las categorías A y B. Asimismo, se debería obtener la asesoría de especialistas antes de proceder a la instalación o modificación del equipo eléctrico en dichos edificios;
- d) ningún equipo eléctrico debería instalarse, ingresarse o utilizarse en edificios que contengan explosivos, a menos que la autoridad técnica nacional lo permita de manera expresa. Si dicho equipo no es fundamental para el funcionamiento de la instalación, debería ubicarse en otro lugar;
- e) el nivel de protección de cualquier equipo eléctrico corresponderá a la categoría eléctrica del área del edificio en la que se utilizará;
- f) los explosivos no deberían almacenarse a menos de 0,5 m de cualquier equipo eléctrico; y
- g) las áreas donde los explosivos están específicamente excluidos estarán bien delimitadas.

5.1 Índice de protección (IP) (NIVEL 3)

Se debería identificar un requerimiento de índice de protección (IP) que se ajuste al riesgo eléctrico identificado en el Anexo E. Las autoridades técnicas nacionales pueden tener sus propias regulaciones de IP o pueden aplicar el sistema IP que se muestra en la Tabla 5.

Primer dígito	Grados de protección	Segundo dígito	Grado de protección
0	Las personas no están protegidas contra un contacto directo de piezas móviles internas y externas con vida dentro de la envolvente. El equipo no está protegido contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños.	0	Sin protección
1	Protección contra el contacto accidental o inadvertido de grandes áreas con vida y partes interiores con movimiento, por ejemplo, la mano, dentro de la envolvente. No obstante, no hay protección contra el acceso deliberado del mismo. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 50 mm.	1	Protección contra las gotas de agua condensada. Las gotas de agua condensada que caigan sobre la envolvente no deberían tener ningún efecto nocivo.

Primer dígito	Grados de protección	Segundo dígito	Grado de protección
2	Protección contra el contacto entre los dedos y las partes vivas o móviles dentro de la envolvente. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 12 mm.	2	Protección contra el goteo de líquidos. Las gotas de líquido que caen en un ángulo de hasta 15° desde la vertical en cualquier dirección, no deberían tener ningún efecto nocivo.
3	Protección contra el contacto entre las piezas móviles internas vivas o con movimiento dentro de la envolvente y herramientas, cables u objetos con un grosor mayor a 2,5 mm. Protección contra el ingreso de pequeños cuerpos sólidos.	3	Protección contra las lluvias. El agua de lluvia que cae en un ángulo de hasta 60° desde la vertical no debería tener ningún efecto nocivo.
4	Protección contra el contacto entre piezas vivas o móviles dentro del envolvente y herramientas, cables u objetos de un grosor mayor a 1 mm. Protección contra el ingreso de pequeños cuerpos sólidos extraños.	4	Protección contra las salpicaduras. Las salpicaduras de líquido desde cualquier dirección no deberían tener ningún efecto nocivo.
5	Protección completa contra el contacto con piezas vivas o móviles dentro de la envolvente. Protección contra la acumulación de polvos nocivos. El ingreso de polvo no se previene totalmente; sin embargo, el volumen de polvo que ingresa no es capaz de interferir con el funcionamiento satisfactorio del equipo contenido en la caja.	5	Protección contra los chorros de agua. El agua que sale de una boquilla desde cualquier dirección, bajo las condiciones indicadas, no debería tener ningún efecto nocivo.
6	Protección completa contra el contacto con piezas vivas o móviles dentro de la envolvente. Protección contra cualquier ingreso de polvo.	6	Protección contra las condiciones de las cubiertas de los buques (equipo de estanqueidad para cubiertas). No debería entrar el agua de mares turbulentos a la envolvente bajo las condiciones determinadas.
		7	Protección contra la inmersión en el agua. No será posible que el agua entre en la envolvente bajo las condiciones de presión y tiempo establecidas.
		8	Protección contra la inmersión indefinida en agua a una presión determinada. No será posible que el agua entre en la envolvente.

Tabla 5: Niveles del índice de protección (IP) del riesgo eléctrico

Al seleccionar el equipo, debería prestarse atención a los requisitos de protección del entorno contra las condiciones meteorológicas, el ingreso de partículas sólidas o líquidas y la protección de las personas que puedan entrar en contacto con partes vivas o móviles que se encuentren en la envolvente.

Cualquier suministro eléctrico que exceda los límites de energía del equipo de prueba de dispositivos electroexplosivos (EED) debería estar contenido en una envolvente que cumpla con un mínimo de IP44 o protección nacional equivalente.

5.2 Equipos eléctricos fijos y portátiles (NIVEL 2)

La definición precisa del equipo eléctrico fijo y portátil debería ser parte fundamental de las regulaciones aplicables de la autoridad técnica nacional. No obstante, a continuación, se ofrecen definiciones útiles y de gran aceptación:

- a) el equipo eléctrico fijo es aquel que se alimenta de uno o más tomacorrientes con cableado permanente. Esto significa que la electricidad se suministra sin el uso de enchufes y sockets; y

- b) el equipo eléctrico portátil es aquel que se alimenta de uno o más enchufes o tomacorrientes-socket. Además, todos los equipos que funcionan con baterías se identifican como portátiles;

5.3 Equipos eléctricos fijos

5.3.1. Equipos de aire acondicionado, calefacción y control de humedad (NIVEL 2)

Los equipos de calefacción y aire acondicionado deberían instalarse de forma permanente; no se permite el uso de equipos portátiles en los edificios de explosivos. Todos los equipos de calefacción deberán cumplir con la categoría eléctrica del área en la que esté instalado y cumplir con los requisitos de temperatura máxima especificados en el Punto 4.9.

El calefactor debería estar equipado con un protector o colocado de manera que se evite el contacto físico con el mismo. La colocación del calefactor o el montaje del protector no debería permitir que se pongan explosivos encima del calefactor debido a que tiene una superficie superior inclinada. Lo siguiente también debería aplicarse al equipo de calefacción:

- a) en la parte más caliente de cada calefactor debería instalarse un interruptor térmico que no se autorreajuste con la disminución de la temperatura a fin de garantizar el cumplimiento de los límites máximos de temperatura superficial;
- b) los radiadores eléctricos de agua y aceite deberían tener un interruptor de alta temperatura fijado en T6, es decir, 85°C; y
- c) el equipo de calefacción utilizado para calentamiento de explosivos debería estar equipado con un regulador termostático adicional que anulará todos los demás controles y limitará la temperatura a un nivel seguro, por lo general no superior a 100°C. El dispositivo de ajuste debería ser a prueba de manipulación y su funcionamiento debería comprobarse con frecuencia. Este equipo de calefacción debería estar equipado con una luz que indique que el calefactor está encendido.

No se instalarán sistemas de recirculación de aire de calentamiento eléctrico en las instalaciones de Categorías A o B ni en ningún aparato de calefacción que contenga explosivos expuestos, por ejemplo, cámaras de acondicionamiento.

No se permiten suelos y techos con calefacción eléctrica incorporados en ningún edificio de explosivos.

5.3.2. Accesorios de iluminación (NIVEL 2)

Los accesorios de iluminación y las unidades de iluminación individuales (también conocidas como luminarias) cumplirán las mismas normas que la categoría de la instalación en la que se instalen. Se utilizarán lámparas con la potencia nominal correcta, conforme se muestra en los planos de la instalación. Las instalaciones de iluminación deberían diseñarse a fin de proporcionar los niveles y la calidad de iluminación establecidos por la autoridad técnica nacional.

Las llaves que se tengan para acceder a los accesorios de iluminación se guardarán en la oficina del personal encargado del mantenimiento de la instalación y se entregarán únicamente al personal autorizado. Antes de abrir cualquier accesorio, se deberá desconectar (desenchufar) el sistema que alimenta de la fuente de suministro y permanecer así hasta que se hayan completado todos los trabajos.

Por lo general, no debería permitirse el alumbrado de emergencia con fuentes de energía internas en los edificios de explosivos, ya que no puede determinarse el estado de la batería en la instalación luminaria a simple vista desde el suelo. Además, el estado de la batería disminuirá con el tiempo y la avería química dentro de la batería puede provocar corrosión, un cortocircuito, sobrecalentamiento o fuego. No obstante, el alumbrado de emergencia con una fuente de energía interna puede instalarse en las áreas de Categoría C, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) el ensamblaje total se realizará e instalará según los niveles de la Categoría C;
- b) se apliquen procedimientos de mantenimiento que garanticen la detección temprana de cualquier deterioro de la unidad de alumbrado de emergencia y el control de los riesgos en la medida de lo posible;
- c) sea posible aislar de forma segura el alumbrado de emergencia tanto de los suministros de corriente alterna (CA) como de corriente continua (CC) antes de que se abra la caja exterior o se trabaje en ella dentro de un edificio de explosivos; y
- d) la unidad de alumbrado de emergencia debería ser retirada del edificio de explosivos para su reparación, mantenimiento principal, reencendido y prueba cíclica de la batería. La envolvente estándar del equipo no debería dañarse mientras permanezca dentro del edificio de explosivos.

Si se especifica que los edificios de Categoría A y B deben contar con un suministro de energía ininterrumpida (UPS) para abastecer a las unidades de alumbrado de emergencia, este sistema deberá ubicarse en una sala técnica externa.

Las unidades de alumbrado de emergencia con fuentes de energía internas pueden instalarse en las áreas de Categoría D.

5.3.3. CCTV, equipo de comunicaciones y sistemas de alarma (NIVEL 2)

Todos los equipos deberán cumplir con la norma de protección requerida por la instalación en la que se va a instalar y también cumplir con los requisitos generales y de EMC de la presente IATG.

Además, el cableado de los sistemas de comunicación y de alarma debería estar separado del cableado de alimentación.

5.3.4. Equipos de termosellado (NIVEL 2)

Puede ser necesario instalar termoselladoras en los edificios de procesamiento para ayudar a la protección ambiental de los artículos de municiones. Este equipo debería cumplir con la norma de protección requerida por la instalación en la que se instale y también debe cumplir con los requisitos generales y de EMC de la presente IATG. Las termoselladoras por inducción no deben utilizarse en ninguna categoría de las instalaciones de explosivos.

Los equipos de termosellado con temperaturas superficiales externas que superen las limitaciones de temperatura máxima de la instalación (Categoría B, 135°C y Categoría C, 135°C) no podrán instalarse ni utilizarse a menos que sean aprobados por la autoridad técnica nacional.

Las termoselladoras no deberían utilizarse en una instalación de Categoría A.

5.4 Equipos eléctricos portátiles

5.4.1. Artículos que emiten radiación de radiofrecuencia (RF) (NIVEL 2)

En la actualidad se están introduciendo dispositivos eléctricos y electrónicos que emplean transmisiones de radiofrecuencia en su uso ordinario, por ejemplo, computadoras portátiles, registradores de datos, dispositivos de comunicación y localización para el personal de protección y teléfonos móviles. Estos deben ser controlados de manera rigurosa y por lo general deberían ser prohibidos dentro de los edificios de explosivos. El uso de dichos sistemas fuera de los edificios, pero dentro de la ESA solo deberían permitirse si se cumplen las directrices de la IATG 05.60:2014[E] *Riesgos de la radiofrecuencia*. Además, deberían aplicarse las siguientes restricciones:

- a) los equipos se ajustarán a los requisitos de seguridad eléctrica de las áreas de categorías A, B o C, según corresponda a la instalación en cuestión;

- b) el acceso a las baterías y a las conexiones de carga requerirá el uso de herramientas especiales no disponibles para el usuario;
- c) cualquier antena externa en equipos portátiles deberá ser aislada; y
- d) el equipo que el personal lleve consigo debería estar sujetado al usuario de forma segura.

5.4.2. Equipos portátiles con conexión a red eléctrica (NIVEL 2)

Por lo general, en las áreas de las categorías A y B debería evitarse el uso de equipos portátiles con conexión a red eléctrica. Si es necesario usar ese equipo, éste debería cumplir con los requisitos de la IATG y las normas de la autoridad técnica nacional para el uso de dicho equipo en áreas peligrosas. La autorización para el uso del equipo portátil es responsabilidad del jefe del establecimiento quien debe realizar una valoración de riesgos y entregar a los usuarios del equipo las precauciones de seguridad que se consideren necesarias.

El equipo portátil con conexión a red eléctrica que se utiliza en los edificios de categorías C y D también debería cumplir con los requerimientos de la IATG y las normas de la autoridad técnica nacional para el uso de dicho equipo en áreas peligrosas.

Todo cable flexible o cordón que se utilice en equipos portátiles debe cumplir con la legislación de la autoridad técnica nacional para su uso en áreas peligrosas. Debería estar revestido con caucho, PVC⁴ o PCP⁵, trenzado de cobre estañado y luego revestido en su totalidad con PVC o PCP. Se debería proporcionar un núcleo separado para el conductor de puesta a tierra de seguridad. El apantallamiento debería estar interconectado eléctricamente al conductor de puesta a tierra, a menos que los equipos estén doblemente aislados.

Si el jefe del establecimiento está contemplando la posibilidad de instalar este tipo de equipo, en especial si el equipo portátil conectado a una red eléctrica debe estar encendido permanentemente y/o se va a dejar solo, se debe recurrir a la ayuda de un especialista en ingeniería eléctrica.

5.4.3. Equipos con baterías (NIVEL 2)

Todos los equipos deben cumplir con las normas establecidas en la presente IATG y con la normativa de las autoridades técnicas nacionales. Además, deben aplicarse los siguientes principios:

- a) solo se utilizarán baterías secas y serán del tipo que recomienda el fabricante del equipo;
- b) las baterías no se cambiarán ni se cargarán en las instalaciones de explosivos;
- c) ningún equipo que funcione con baterías se dejará solo, sin vigilancia, ni se encenderá dentro de un edificio de explosivos a menos que el jefe del establecimiento lo autorice expresamente;
- d) las envolventes de baterías serán selladas conforme a las normas de la categoría de explosivos requeridas; y
- e) las envolventes de baterías se mantendrán en su lugar utilizando fijadores a prueba de manipulaciones.

Si el jefe del establecimiento está contemplando la posibilidad de instalar este tipo de equipo, en especial si el equipo portátil conectado a una red eléctrica debe estar encendido permanentemente y/o se va a dejar solo, se debe recurrir a la ayuda de un especialista en ingeniería eléctrica.

⁴Policloruro de Vinilo.

⁵ Policloropreno.

5.4.4. Equipos de monitoreo ambiental (LEVEL 3)

El equipo electrónico de monitoreo ambiental que se utilice debería cumplir con los requerimientos de esta IATG y de la autoridad técnica nacional. Asimismo, deberá cumplir con la categoría del edificio o del área de explosivos en el que se vaya a utilizar. El mantenimiento y la descarga de datos deben efectuarse en una instalación de procesamiento de explosivos.

5.4.5. Equipos de prueba de dispositivos electroexplosivos (EED) (NIVEL 3)

Este equipo no debe utilizarse sin la aprobación escrita del jefe de establecimiento. El jefe del establecimiento debe solicitar asesoría técnica especializada en materia de municiones antes de autorizar la utilización de dicho equipo.

5.4.6. Equipo médico personal

No es necesario que cumplan con las normas eléctricas descritas en esta IATG, pero su uso en edificios de explosivos tiene que ser aprobado por escrito por el jefe del establecimiento. Estos equipos estarán sujetos firmemente al usuario y deberán mantenerse adecuadamente.

5.5 Computadoras, equipos informáticos y equipos de registro de datos

Éstos pueden utilizarse dentro de las áreas de explosivos siempre que cumplan con los requisitos de la categoría del edificio de explosivos. Los requisitos de conformidad de las áreas de categoría A y B requerirán productos especializados con la certificación adecuada, incluyendo pruebas de EMC. Los contenedores especializados pueden proporcionar una solución adecuada para "recubrir" el equipo que no cumpla con algunos aspectos de la normativa. Además, deberían cumplir los requisitos establecidos en esta IATG y por la autoridad técnica nacional. Sin embargo, no se utilizarán en ninguna instalación de explosivos sin la autoridad del jefe de establecimiento.

5.5.1. Pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT) (NIVEL 2)

No se permitirán pantallas CRT en edificios de explosivos debido a los riesgos que implican los altos voltajes y la electricidad estática.

5.5.2. Impresoras, pantalla de visualización y otros periféricos (NIVEL 2)

Éstos pueden utilizarse dentro de las áreas de explosivos siempre que cumplan con los requisitos de la categoría del edificio de explosivos.

5.5.3. Dispositivos de seguimiento de activos (NIVEL 3)

Estos no se trasladarán a un área de explosivos a no ser que el jefe del establecimiento lo apruebe expresamente, para ello deberá recurrir a la asesoría técnica especializada en municiones. Además, se exigirá que el equipo cumpla plenamente con la categoría eléctrica del edificio. Los componentes del sistema de seguimiento de activos únicamente cumplirán las normas del área de explosivos si esas normas se especifican antes del diseño del sistema.

5.6 Vehículos y equipos de manipulación mecánica (MHE) (NIVEL 2)

Los sistemas eléctricos de los equipos de manipulación que han sido instalados de forma permanente en los edificios de explosivos deberán cumplir con las especificaciones propias del edificio en cuestión. Los requerimientos de seguridad de los sistemas eléctricos de los vehículos y equipos portátiles de manipulación mecánica que se utilicen en las áreas de explosivos también cumplirán esos requisitos.⁶

⁶ Véase IATG 05.50:2015[E] *Vehículos y equipos de manipulación mecánica (MHE) en instalaciones de explosivos.*

6 Puesta en marcha, pruebas e inspección de equipos eléctricos

6.1 Precauciones de seguridad (NIVEL 1)

Será responsabilidad del jefe de establecimiento asegurarse de que exista un sistema de trabajo seguro y que los representantes designados estén calificados y cuenten con una autorización escrita para desempeñar sus tareas.⁷ La protección y el control del personal en las áreas de explosivos se ajustarán a lo dispuesto en la IATG 06.60:2015[E] *Servicios de obras (construcción y reparación)* y se aprobarán previa autorización del jefe de establecimiento o un representante designado. El número de operarios en el sitio y el período de su exposición pueden ser limitados.

No se realizarán pruebas ni inspecciones de una instalación que se encuentre en un edificio de explosivos sin la aprobación previa y el permiso escrito del jefe de establecimiento o su representante designado. Además, la persona designada primero deberá inspeccionar la instalación para asegurarse que es segura para proceder con las pruebas.

A menos que la autoridad técnica nacional lo apruebe, no se permitirán las pruebas salvo que la instalación esté certificada como libre de explosivos (CFFE). Esto dependerá de la categoría de la instalación que se someta a prueba y del tipo de prueba eléctrica que se realice. Si, por alguna razón, es necesario realizar pruebas cuando hay depósitos de explosivos en el edificio, se obtendrá un permiso especial del jefe del establecimiento.

Cabe señalar que esta oportunidad puede ser un momento ideal para efectuar otras inspecciones y pruebas ya que el edificio no tiene explosivos.

Antes de comenzar cualquier trabajo, será necesario contar como mínimo con lo señalado en este Punto. La lista es sólo indicativa y no exhaustiva:

- a) los espacios de inspección se deberán haber ventilado;
- b) los certificados "libre de gases," según corresponda, deberán haberse emitido;
- c) el equipo de protección personal estará acorde con el riesgo y se ajustará a la valoración de riesgos y estará actualizado;
- d) los arneses de seguridad y los dispositivos anticaídas estarán acorde con el riesgo y se ajustarán a la valoración de riesgos y estarán actualizados;
- e) las reglas internas de trabajo estarán vigentes y, en principio, exigirán que los trabajos en general sean realizados por un mínimo de 2 personas, (el número máximo de trabajadores asignados a una tarea dependerá del número de personas publicado para cada tarea);
- f) el lugar de trabajo estará libre de obstrucciones y permitirá un acceso y salida seguros; y
- g) se habrá informado a todo el personal sobre sus rutas de escape y otros requisitos de salud y seguridad contra incendios.⁸

En ninguna circunstancia, las pilas de explosivos o municiones se utilizarán como plataforma de trabajo o para facilitar el acceso.

⁷ Véase IATG 02.10:2015[E] *Introducción a los principios y procesos de la gestión de riesgos*.

⁸ Véase IATG 06.60:2015[E] *Servicios de obras (construcción y reparación)*.

6.1.1. Seguridad eléctrica (NIVEL 2)

El conductor de puesta a tierra de seguridad será inspeccionado visualmente antes de realizar cualquier prueba eléctrica. Se verificará la continuidad de todas las conexiones y vías conductoras conectadas al conductor de seguridad, según las normas de la autoridad técnica nacional. La comprobación del conductor de puesta a tierra de seguridad se realizará mediante la ejecución de pruebas en bucles de corriente fuerte (de puesta a tierra), de acuerdo con los requerimientos de la autoridad técnica nacional.

Se certificará que todos los instrumentos empleados son intrínsecamente seguros si se van a utilizar para someter a prueba las instalaciones en edificios de explosivos si hay explosivos presentes. Asimismo, se podrán utilizar otros instrumentos de prueba con el permiso escrito del jefe de establecimiento.

El jefe del establecimiento se asegurará de que se adopten las siguientes precauciones de seguridad:

- a) la distancia entre los explosivos, los conductores eléctricos y equipos se mantendrá al máximo durante la prueba, asimismo, dicha distancia nunca será inferior a 0,5 m, incluso cuando el cableado sea aéreo;
- b) los puntos de prueba para conectar los instrumentos estarán bastante alejados de los explosivos. No se permitirá la presencia de explosivos sin sellar o expuestos en el área de prueba;
- c) la instalación estará en continua observación durante las pruebas, asimismo, las medidas de prevención contra incendios aprobadas por el jefe del establecimiento o su representante estarán vigentes;
- d) cuando todas las pruebas estén completas las resistencias de cortocircuito se conectarán a la red en prueba para disipar cualquier carga residual que pueda haberse acumulado. Las resistencias de cortocircuito se conectarán durante un período de 30 segundos antes de desconectar el equipo de prueba; y
- e) el equipo de prueba será retirado del edificio de explosivos al terminar la tarea o al final de la jornada de trabajo.

6.2 Inspección y pruebas

6.2.1. Personal calificado (NIVEL 2)

La inspección y las pruebas en las instalaciones de explosivos solo serán realizados por personal competente. Dicho personal deberá tener un conocimiento adecuado de las disposiciones pertinentes de los reglamentos y procedimientos de seguridad del establecimiento. Además, deberán tener competencia especial en la inspección y prueba del equipo eléctrico dentro de las instalaciones de explosivos y en cualquier requerimiento especial de la autoridad técnica nacional.

6.2.2. Frecuencia y requerimientos de la prueba (NIVEL 2)

En la Tabla 6 que figura a continuación se mencionan las frecuencias recomendadas para las diversas pruebas exigidas que se explican en este punto.

6.2.3. Inspecciones visuales

Las inspecciones visuales y la revisión física se efectuarán según lo especificado en la Tabla 6. Esto también incluirá la comprobación de las señales y avisos de seguridad.

6.2.4. Pruebas de continuidad

Las pruebas de continuidad de los conductores de seguridad y de las interconexiones principales y suplementarias se realizarán según los periodos especificados en la Tabla 6. La resistencia entre todas las partes del conductor de puesta a tierra y el colector de puesta a tierra en el interruptor de alimentación principal del edificio no deberá exceder a $0,5\Omega$.

Las pruebas de continuidad en los conductores de circuitos de anillo energético también se realizarán según los periodos especificados en la Tabla 6.

6.2.5. Pruebas de aislamiento

Las pruebas de aislamiento, incluidas las pruebas de aislamiento aplicadas en el sitio, se realizarán según los periodos especificados en la tabla 6 y comprenderán lo siguiente:

- a) prueba de la resistencia del aislamiento entre los conductores activos. El resultado no será inferior a $2M\Omega$; y
- b) prueba de la resistencia del aislamiento de puesta a tierra. Cada conductor será sometido a prueba de puesta a tierra por separado y el resultado no será inferior a $2M\Omega$.

6.2.6. Sistema de Protección Contra Rayos (LPS)

Se pueden considerar dos niveles de sistemas de protección contra rayos para los edificios de procesamiento y almacenamiento de municiones. El primer nivel de la protección contra rayos se puede situar en el almacenamiento de la munición (del tipo jaula de Faraday), y el segundo nivel de la protección contra rayos debe estar situado cerca del almacenamiento de la munición. Se dan ejemplos en el Anexo C. No obstante, se debería instalar un solo tipo de protección contra rayos, independientemente del tipo.

En el caso del terreno y el almacenamiento temporal, se debe considerar el tipo de sistema de protección contra rayos según la estación del año. Por ejemplo, en primavera y otoño los patrones de descarga eléctrica en la atmósfera son los más fuertes.

En el Anexo C se enumeran los diversos requisitos de un LPS, además, la autoridad técnica nacional especificará los reglamentos de prueba y, en particular, las normas exigidas para las redes de puesta a tierra. La frecuencia de las pruebas estará indicada en la Tabla 6. Esto permitirá crear una base de datos de los resultados de las pruebas teniendo en cuenta todas las variaciones estacionales.

6.2.7. Suelos antiestáticos

Los suelos antiestáticos serán sometidos a prueba en los periodos especificados en la Tabla 6 y de conformidad con los requisitos de la autoridad técnica nacional y las especificaciones establecidas en el Anexo H. Se realizarán las pruebas de los nuevos suelos antiestáticos al momento de su instalación y posteriormente a los tres y nueve meses. Posteriormente, las pruebas se realizarán a intervalos de once meses. Sin embargo, si hay pruebas de desgaste y deterioro, el intervalo entre las pruebas debe reducirse.

6.2.8. Suelos conductores

Los suelos conductores serán sometidos a prueba en los periodos especificados en la Tabla 6 y de conformidad con los requisitos de la autoridad técnica nacional y las especificaciones establecidas en el Anexo H. Se realizarán las pruebas de los nuevos suelos conductores al momento de su instalación y posteriormente a los tres y nueve meses. Posteriormente, las pruebas se realizarán a intervalos de once meses. Sin embargo, si hay pruebas de desgaste y deterioro, el intervalo entre las pruebas debe reducirse. Cuando se acepten nuevos suelos conductores, el jefe del establecimiento se asegurará de que las primeras medidas de la resistencia del suelo que se realicen estén muy por debajo del máximo de $50k\Omega$ para permitir la degradación progresiva a lo largo de la vida. El límite sugerido para la instalación es inferior a $30k\Omega$.

6.2.9. Dispositivo de corriente residual (RCD)

El uso de equipos de prueba externos puede provocar grandes corrientes de fuga en el sistema de puesta a tierra, por lo que se deberá tener cuidado al probar los circuitos conectados a tierra con altas corrientes de prueba.

6.2.10. Comunicaciones, alarmas contra incendios y robos e instalaciones eléctricas

Éstos serán puestos a prueba de conformidad con los requisitos de la Tabla 6.

6.2.11. Otras pruebas eléctricas

Las siguientes pruebas eléctricas adicionales se realizarán según los intervalos especificados en la Tabla 6:

- a) la separación de los circuitos, si corresponde;
- b) barreras y envolventes, si corresponde;
- c) protección en un lugar no conductor;
- d) pruebas de polaridad correcta;
- e) prueba de electrodos de puesta a tierra sin protección contra rayos;
- f) impedancia de bucle de defecto (de puesta a tierra); y
- g) medición de la impedancia de electrodos y bucles (ambos de puesta a tierra) y comprobación de que las medidas obtenidas están dentro de los límites aceptables establecidos por la autoridad técnica nacional.

Sección de requerimiento de prueba	Cat A y Cat B	Cat C	Cat D	Edificios sin explosivos en una ESA
6.2.2.1	6 meses	12 meses	12 meses	12 meses
6.2.2.2 6.2.2.3 6.2.2.9	12 meses	24 meses	24 meses	5 años
6.2.2.5 6.2.2.6	11 meses	11 meses	No aplicable	No aplicable
RCD 6.2.2.7	12 meses	12 meses	12 meses	12 meses
LPS 6.2.2.4	11 meses	11 meses	11 meses	11 meses

Tabla 6: Frecuencia de inspección de los equipos eléctricos

6.2.12. Cables flexibles de alimentación

Los cables flexibles serán inspeccionados y probados de la siguiente manera:

- a) los equipos eléctricos portátiles y de tipo enchufable serán inspeccionados mensualmente o antes de su uso. Cada seis meses se realizará una prueba de equipos eléctricos portátiles (PAT)
- b) los equipos eléctricos fijos con enchufe de interfaz eléctrica en un edificio de explosivos serán inspeccionados antes de su uso y mensualmente mediante una prueba PAT cada seis meses; y
- c) los equipos eléctricos fijos de un edificio de explosivos serán inspeccionados antes de su uso mediante una inspección eléctrica completa y una prueba cada seis meses; y

6.2.13. Grúas y equipos para manipulación de cargas

Las grúas y otros equipos eléctricos para manipulación de carga serán probados de acuerdo con la normativa de la autoridad técnica nacional.

6.2.14. Pruebas de calzado conductor

Cuando el calzado es nuevo se debe realizar la prueba de conducción y después a intervalos no superiores a doce meses. Dado que el calzado conductor es revisado antes de su uso mediante un medidor para persona en áreas peligrosas (HAPTM), no es necesario realizar una prueba de resistencia anual. El calzado conductor también será sometido a pruebas de protección contra impactos, según las normas establecidas por la autoridad técnica nacional. El voltaje de prueba no excederá los 100 voltios ya que es el voltaje máximo permitido para el personal que evitará el riesgo de ignición de los artículos y sustancias explosivas más sensibles.

6.2.15. Pruebas de calzados antiestáticos

Cuando el calzado es nuevo se debería realizar la prueba de conducción y después a intervalos no superiores a doce meses. Asimismo, dicho calzado será sometido a prueba según las normas, incluida la protección contra impactos, establecidas por la autoridad técnica nacional.

6.2.16. Pruebas de cintas transportadoras

Toda superficie de una cinta (faja) transportadora utilizada para el movimiento de sustancias u objetos explosivos sensibles a la estática será evaluada de conformidad con las normas establecidas por la autoridad técnica nacional. Los electrodos se colocarán en la cinta con un electrodo en cada superficie. La resistencia máxima aceptable debería ser de 100kΩ.

6.2.17. Mantenimiento de registros

Todos los resultados de los ensayos se registrarán de conformidad con los requerimientos de la autoridad técnica nacional. Sin embargo, se recomienda altamente que como mínimo sea exija que se lleve un cuaderno de registro. Se llevará un registro de las pruebas, los resultados y las posibles recomendaciones, con el fin de compararlos con los resultados futuros y este se conservará durante un período mínimo de once años para facilitar la detectar del deterioro. En caso de que se detecte algún deterioro, se presentará un informe escrito al jefe del establecimiento.

Los equipos deben ser etiquetados para indicar la fecha de las próximas pruebas.

7 Suministros de energía

7.1 Suministro externo y líneas eléctricas aéreas (NIVEL 3)

No se permitirá que los sistemas aéreos de suministros de energía y cualquier red e instalación relacionada entren o pasen sobre un área o edificio de explosivos. Estos estarán situados a una distancia segura del perímetro de dichas áreas. Aunque no es frecuente que se rompa un conductor aéreo, no debe aceptarse el funcionamiento de los equipos de protección de circuitos como una protección absoluta. Las distancias de seguridad se determinarán de la siguiente manera y se cumplirá la distancia mayor que se determine.

7.1.1. Riesgo que representan las líneas eléctricas desde los explosivos

La distancia entre un edificio de explosivos y una línea eléctrica aérea que opera a 11kV o más debe ser la distancia de ruta de tránsito público,⁹ con un mínimo de 60m. La distancia de las líneas de especial importancia, por ejemplo, las de muy alto voltaje, será como mínimo la distancia de edificio habitado, con un mínimo de 120m.

7.1.2. Riesgo que representan los explosivos desde las líneas eléctricas

Ninguna línea eléctrica aérea estará muy cerca de un edificio de explosivos, la distancia entre ambos será equivalente a 1,5 veces la altura del conductor más cercano medido en los soportes de la línea, con una distancia mínima de 15 m.

7.1.3. Suministro de electricidad en las áreas de explosivos y cableado

Los cables subterráneos deberían ser el medio preferido para suministrar energía eléctrica en las áreas de explosivos y deberían facilitarse siempre que sea posible. No deberían instalarse cables debajo de los edificios. Toda línea aérea que vaya hacia los edificios tiene que llegar como mucho a 15 m del edificio y la distancia restante se completará con cable subterráneo.

Se instalarán dispositivos de protección contra sobretensiones entre los conductores de fase y toma de tierra, y entre los conductores de fase y neutros que se sitúan en las conexiones de las líneas aéreas y los cables subterráneos.

El jefe del establecimiento deberá tener y conservar los planos que muestren la ubicación y el tamaño de todos los cables subterráneos, incluyendo la ubicación de todos los empalmes de cables, pozos de cables, etc. dentro de las áreas de explosivos.

Ninguna instalación de explosivos debe estar a menos de 15m de cables subterráneos cuyo voltaje de trabajo exceda los 650V valor cuadrático medio (RMS). Es poco probable que los cables subterráneos de alta voltaje (HV) y de comunicación sean dañados a una distancia superior a la del cráter del edificio o el apilamiento de explosivos, a menos que alimenten directamente a un sitio de explosión potencial (PES). Por lo tanto, para el HD 1.1 la distancia D5¹⁰ debe proporcionar una protección adecuada y debe utilizarse siempre que sea posible. Sin embargo, para evitar corrientes inducidas en la estructura o el equipo eléctrico de un PES, los cables subterráneos no deben colocarse debajo de un PES y no deben estar a menos de 15 m de un PES que contenga municiones.

7.1.4. Líneas aéreas y columnas de alumbrado

Los soportes de las líneas aéreas no se fijarán en edificios que contengan explosivos. Los postes u otras formas de soporte para líneas aéreas, o columnas de alumbrado, estarán situados de modo que en caso de avería ningún soporte o conductor de fase pueda caer sobre un edificio con explosivos. Se requerirá una distancia mínima de 1,5 veces la altura del soporte.

7.1.5. Las líneas aéreas que cruzan la carretera y las vías ferroviarias

Lo ideal sería que las líneas eléctricas aéreas de distribución de electricidad en área de explosivos y de suministro público no cruzaran las carreteras ni las vías ferroviarias. Cuando se produzcan cruces, se tomarán precauciones para reducir al mínimo el tiempo que los vehículos cargados con explosivos permanezcan debajo de las líneas eléctricas. Las líneas eléctricas que crucen carreteras y vías ferroviarias deben estar bien señalizados, pintando recuadros amarillos en las carreteras.

⁹ Véase IATG 02.20:2015[E] *Cantidad y distancias de separación.*

¹⁰ Véase IATG 02.20:2015[E] *Cantidad y distancias de separación.*

Las líneas eléctricas aéreas que cruzan carreteras y vías ferroviarias, y los tramos contiguos deben ser inspeccionados anualmente. Las líneas eléctricas internas que recorren el cruce de las carreteras y vías ferroviarias en zonas de almacenamiento de explosivos se inspeccionarán visualmente para detectar signos de daños mecánicos, corrosión, sobrecalentamiento, sujeción suelta y deterioro general. La inspección de la línea eléctrica que recorre el cruce de las carreteras/ferrocarriles se limita a la distancia entre los postes o pilones contiguos al cruce. Se pedirá a las autoridades de suministro público que realicen una inspección similar de sus líneas eléctricas aéreas.

7.2 Ubicación de los equipos generadores y de distribución de energía (NIVEL 2)

La planta de generación eléctrica y el equipo de distribución con un voltaje de trabajo de más de 650V RMS no deberán estar situados a menos de 45m de cualquier edificio de explosivos. El equipo de planta generadora y de distribución que funcione a 650 V RMS o menos podrá estar situado a menos de 10 m de cualquier edificio que contenga explosivos, siempre que la planta esté ubicada por completo en un edificio o estructura que proporcione una contención completa de los edificios que contengan explosivos.

El equipo de planta de generadora y de distribución de electricidad que funcione a 650V RMS y 11kV RMS y que no contenga ningún líquido aislante inflamable no podrá estar situado a menos de 20m de un edificio de explosivos siempre que la pérdida del equipo pueda ser tolerada por todo el establecimiento.

A pesar de las limitaciones de distancia mencionadas, es posible que sea necesario aumentar las distancias para cumplir con la cantidad-distancia de explosivos en edificios de explosivos adyacentes o proporcionar protección con el desplazamiento, a fin de proteger la instalación eléctrica del riesgo de explosivos.

Las instalaciones eléctricas que contengan una gran cantidad de líquidos aislantes inflamables, capaces de constituir un riesgo de incendio significativo, deberán tener desagües para permitir que cualquier fluido se vierta en un sumidero lleno de grava de tamaño adecuado para contener todas las fugas. Alrededor del sumidero se mantendrá un área de 5m. libre de todo material combustible.

7.3 Suministro de energía interna en edificios de explosivos (NIVEL 2)

Esta sección aborda las normas requeridas para la seguridad eléctrica dentro de los edificios de explosivos. Es esencial que siempre se obtenga la asesoría de un experto antes de comenzar a trabajar en la instalación o reparación de cualquier equipo o accesorio eléctrico. Las directrices recomendadas son las necesarias para cumplir las numerosas normas de la UE y se han incluido únicamente como referencia para poder comparar las normas nacionales.

7.3.1. Puesta a tierra de instalaciones explosivas (NIVEL 3)

El voltaje en toma de tierra será definido por la autoridad técnica nacional. Como ejemplo del tipo de especificación requerida, algunos sistemas establecen que no se debe exceder los 400V RMS, (+10% -6%) 50Hz, 230V RMS (+10% -6%) 50Hz. Sin embargo, a pesar de las especificaciones establecidas, la fuente deberá estar conectada directamente a tierra en un punto del sistema.

7.3.2. Interruptores

7.3.2.1. Interruptores principales

El suministro eléctrico de cualquier edificio de explosivos se controlará mediante uno o más interruptores principales situados en el exterior del edificio. Los interruptores principales no se colocarán dentro de una sala técnica si existe una. Si hay más de un interruptor principal, estos deben colocarse cerca unos de otros y debe señalarse claramente a qué corresponde cada uno.

Los interruptores principales tendrán un diseño capaz de aislar inmediatamente cada conductor de fase y neutro que entre en el edificio y desactivar la salida de cualquier sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).

7.3.2.2. Otros interruptores

Los interruptores y las cajas de distribución que controlan el suministro de electricidad en un edificio de explosivos deben estar situados fuera del edificio o en una sala técnica que tenga una resistencia mínima al fuego de media hora, y que no permita la entrada directa al edificio o a las salas que contengan explosivos.¹¹ Las luces indicadoras, visibles a una distancia mínima de 10 m y preferiblemente duplicadas, serán instaladas junto a los interruptores principales para mostrar si el suministro está energizado.

En ese sentido, se puede considerar la posibilidad de proporcionar un equipo de distribución a control remoto y con una configuración de seguridad. La estación de control remoto debe estar situada fuera del edificio en cuestión y en una posición claramente visible. Asimismo, debe estar debidamente protegida del ambiente (intemperie) y equipada con luces indicadoras.

7.3.2.3. Edificios deshabitados

Si se desocupa un edificio de explosivos, se desconectará toda electricidad. Sin embargo, esto no rige para todos los suministros de servicios que se encuentran instalados en la sala técnica ni para los equipos de calefacción, tampoco para los servicios de emergencia o de protección y otros permitidos por el jefe del establecimiento.

7.3.3. Circuitos finales

Éstos serán controlados por interruptores que garanticen el aislamiento total de los conductores de fases y neutros del suministro. Dichos interruptores pueden estar ubicados dentro del edificio si tienen la misma categoría que el edificio. Sin embargo, los interruptores que controlan los sistemas de calefacción siempre estarán ubicados fuera del edificio de explosivos o dentro de la sala técnica. Todos los circuitos estarán protegidos contra sobrecargas y fugas a tierra. No se usarán fusibles recableables. La protección contra las sobrecargas se realizará mediante fusibles o disyuntores que cumplan con los reglamentos de la autoridad técnica nacional.

7.3.4. Dispositivo de corriente residual (RCD)

Si se utilizan suelos conductores o antiestáticos, se instalarán RCDs. Los dispositivos portátiles y los dispositivos equipados con tomacorrientes-socket serán probados diariamente antes de su uso. La prueba utilizará el dispositivo de prueba instalado en el RCD. Los dispositivos fijos que proporcionen protección multicircuito y específica al RCD serán sometidos a prueba en intervalos de tres meses. Los RCDs fijos, incluidos los dispositivos equipados con tomacorrientes-socket, deben ser sometidos a prueba utilizando un instrumento que guarde conformidad con los periodos detallados en la Tabla 6.

Los dispositivos portátiles que no pasen la prueba serán puestos fuera de servicio hasta que sean reparados o reemplazados. Los RCDs fijos que no pasen la prueba integral o de instrumentos, incluidos los dispositivos equipados con tomacorrientes-socket, tendrán sus circuitos aislados hasta que se sustituyan o reparen los dispositivos defectuosos.

Aunque los RCDs proporcionan un alto grado de protección contra las descargas eléctricas, no se puede garantizar una protección total en un entorno altamente conductivo. El equipo eléctrico utilizado en entornos conductores deberá cumplir con las disposiciones de esta IATG y deberá estar fabricado con un mínimo de doble aislamiento de clase II.

¹¹ Véase IATG 02.50:2015[E] *Seguridad y prevención contra incendios*.

7.3.5. Tomacorrientes eléctricos

Si fuese necesaria la instalación de sockets eléctricos, la clasificación y el tipo de los mismos deberán cumplir con las disposiciones de esta IATG y ajustarse a la categoría de explosivos del edificio en el que se utilizarán. Se utilizarán sockets de un patrón distintivo para suministros eléctricos no estándar.

No se utilizarán adaptadores de enchufes múltiples a menos que exista una necesidad específica de funcionamiento, como en el caso del equipo electrónico, y en ese caso deberá realizarse una valoración de riesgos antes de que el jefe del establecimiento o su representante designado apruebe el uso de dichos artículos.

7.3.6. Protección transitoria y de sobretensión y niveles de protección

En función del trabajo que se esté realizando, de los equipos en uso, de la munición que se esté almacenando, de la antigüedad del edificio y del cableado y los circuitos eléctricos relacionados, puede ser necesario realizar una valoración de riesgos para establecer si es necesario proporcionar protección contra sobretensiones y sobrecargas transitorias a todos los circuitos primarios que alimentan los circuitos finales en las áreas de categoría explosiva de los edificios de explosivos. La valoración de riesgos debe incluir también la importancia de la protección transitoria de todos los circuitos de comunicaciones e instrumentación que entren y salgan del área de explosivos designado.

Cuando se trate de instalaciones de procesamiento de explosivos, pueden ser necesarios dos o más niveles de protección para los sistemas de energía, y esos niveles serán establecidos por la autoridad técnica nacional. La protección será necesaria para lo siguiente:

- a) la energía de la red eléctrica entrante (por ejemplo, forma de onda 10/350µs con pararrayos de 100kA); y
- b) distribución eléctrica interna (por ejemplo, forma de onda 8/20 µs con pararrayos de 3kA).

Otros sistemas como el CCTV, el teléfono o los circuitos de control requieren una atención separada y es preciso obtener asesoramiento de un especialista.

7.3.6.1. Protección en edificios de explosivos

En general, las instalaciones de procesamiento deben estar equipadas con protección transitoria. Sin embargo, es posible que las instalaciones de almacenamiento no lo estén, pero hay que tener en cuenta que todo el cableado eléctrico que entra en una instalación de explosivos puede provocar sobrecargas peligrosas de tensión y corriente. El volumen de sobretensión se rige normalmente por el calibre o el tamaño del cable, pero todos los cables deben considerarse potencialmente peligrosos y, por lo tanto, deben estar protegidos por dispositivos de protección contra sobrecargas.

Se proporcionarán dispositivos de protección contra sobretensiones para proteger los montajes explosivos que estén conectados de alguna manera al sistema de suministro eléctrico. Estos dispositivos de protección deben instalarse en cada cable o cableado que entre en el área protegida contra rayos de un edificio de procesamiento de explosivos, es decir, entre el conductor respectivo y la toma de tierra del edificio o la jaula de Faraday, en el punto de penetración del conductor.

7.3.6.2. Protección durante las operaciones con explosivos, tormentas eléctricas y horas de inactividad

Es posible que los dispositivos de protección contra sobretensiones diseñados para equipos específicos no proporcionen protección para las operaciones con explosivos, por ello es posible que se requiera protección adicional transitoria o contra sobrecargas para los equipos de prueba sensibles ubicados en el volumen protegido del edificio. Además, se deberá recurrir a la asesoría técnica especializada en municiones.

Los montajes de explosivos se desconectarán de cualquier equipo de prueba durante las horas de inactividad y cuando exista la inminencia de una tormenta. Los dispositivos de sobretensión y sobrecargas transitorias correctamente clasificados e instalados proporcionan una protección eficaz contra las chispas, pero no pueden garantizar que no se dañen los componentes electrónicos sensibles o que no se incendien los dispositivos electroexplosivos sensibles.

7.3.6.3. Puesta a tierra de dispositivos de protección contra sobretensiones

Los conductores de puesta a tierra procedentes de los dispositivos de protección contra sobretensiones se mantendrán separados de los conductores protegidos. Todas las conducciones de tierra serán lo más cortas posibles para minimizar la inducción. Como referencia, los cables de toma de tierra no deben ser más largos que 300mm de cable de 6mm de diámetro. Si no se pueden evitar los cables más largos, se debe considerar la posibilidad de añadir una protección adicional contra las sobretensiones de flujo descendente.

Todas las conexiones de servicios públicos y tuberías metálicas estarán interconectadas eléctricamente al LPS o al acero estructural de la instalación ya sea en el momento o justo antes de entrar en la instalación.

Cuando se utilizan equipos de prueba eléctricos, es esencial que se instalen dispositivos de protección contra sobretensiones para proteger todos los cartuchos de munición o componentes explosivos de los efectos de los rayos que puedan producirse mientras el equipo de prueba está conectado.

7.3.7. Sistemas de cableado y su uso en las áreas de explosivos

7.3.7.1. Compatibilidad química

La compatibilidad con los productos químicos y/o explosivos del área debe tenerse en cuenta al seleccionar el tipo de cable que se utilizará. En los edificios de explosivos deben utilizarse los siguientes tipos de cables, los cuales deben ser de materiales plásticos ignífugos y de baja emisión de humo y gases.

7.3.7.2. Tipos de sistemas de cableado y su uso en las áreas categorizadas

Los cables que se utilicen en las instalaciones de Categorías A y B deberán ajustarse a las regulaciones de las autoridades técnicas nacionales correspondientes a estas áreas. Se deberá recurrir a la asesoría especializada en ingeniería eléctrica antes de instalar cualquier tipo de cableado en estas áreas. A continuación, se indican los materiales mínimos recomendados para su utilización:

- a) cables aislados con PVC o caucho sintético en conductos de acero atornillados pueden utilizarse en las instalaciones de categorías A, B, C y D;
- b) cables aislados con PVC o caucho sintético en conductos troncales o no metálicos solo deben utilizarse en las instalaciones de categorías C y D;
- c) cables de alta resistencia (750 voltios) con mineral aislado cubierto de metal (MIMC). La cubierta exterior estará hecha de material de baja emisión de humos y gases ácidos. Los cables estarán equipados con terminales que cumplan con las regulaciones de la autoridad técnica nacional. La colocación de los cables MIMC en las instalaciones de categorías A y B sólo será realizada por personal debidamente calificado. Es importante que el cable, los casquillos y la terminal sean suministrados por el mismo fabricante;
- d) cables blindados multipolares de polietileno reticulado (XLPE) o aislados con PVC deben ser compatibles con cualquier explosivo o producto químico que se utilice en las proximidades de la instalación. Es posible que sea necesario contar con una protección adicional contra los daños mecánicos;
- e) cables blindados de plomo aislado con termoplástico, con una cubierta protectora de material termoplástico;

- f) cables aislados termoestables en conductos de acero atornillados pueden utilizarse en los edificios de categorías A, B, C y D;
- g) cables de comunicaciones e instrumentación, incluidos los sistemas de TI, contenidos en conductos de acero atornillados podrán utilizarse en los edificios de categorías A, B, C y D; y
- h) están prohibidos todos los cables con conductores de un solo núcleo, así como los cables con una sola capa de aislamiento, con la excepción de los MIMC.

7.3.7.3. Cable utilizado en sistemas de conductos y canales

Los cables de alimentación deben ser de caucho sintético, PVC, de volumen bajo de humos y gases (LSF) o XLPE aislados hasta el grado 450/750V, o según una especificación establecida por la autoridad técnica nacional. El área de la sección transversal de un conductor será adecuada para la carga eléctrica y no deberá ser inferior a 1.5mm². Los cables para sistemas de comunicación y alarma pueden ser cables flexibles aislados. El área de la sección transversal de un conductor no debe ser inferior a 0.35mm².

7.3.8. Normativa sobre conductos

Todos los conductos metálicos deberán cumplir con las regulaciones de la autoridad técnica nacional. En cuanto a las instalaciones de categorías A y B, se deberá recurrir a la asesoría especializada en ingeniería eléctrica. Sin embargo, en general se deben aplicar las siguientes normas:

- a) los conductos metálicos serán de calibre grueso o de costura continua soldada y galvanizada. El esmalte negro solo podrá utilizarse en las áreas de categorías C y D;
- b) los conductos metálicos se atornillarán firmemente a todos los accesorios y equipos que tengan un mínimo de rosca expuesta;
- c) no se permitirán los acopladores de puesta en marcar dentro de las áreas de categorías A o B; y
- d) Las cajas de conducto deberán ser del tipo correcto conforme a la categoría del área y zona en cuestión.

7.3.8.1. Requerimientos del área de Categoría B

Los siguientes requisitos específicos deben aplicarse a los conductos en las áreas de Categoría B:

- a) las conexiones en tramos rectos de los conductos se harán mediante un acoplador antideflagrante sellado o a prueba de polvo;
- b) los conductos se colocarán con un mínimo de 12mm de separación de las paredes y se apoyarán en monturas separadas con respaldo sólido;
- c) todas las entradas de conductos para equipos y accesorios se fabricarán con prensaestopas aprobados para la zona correspondiente según el Punto 4.5.1; y
- d) el uso de conductos flexibles se reducirá al mínimo, pero si es fundamental, su utilización deberá ser autorizada específicamente por la autoridad técnica nacional.

7.3.8.2. Requerimientos del área de Categoría C y D

Los conductos no metálicos solo deben utilizarse en instalaciones de categorías C y D, pero con las siguientes restricciones:

- a) todo sistema de conductos de PVC rígido deberá cumplir con las regulaciones de la autoridad técnica nacional para su uso en esta categoría del área;
- b) se proporcionará protección frente a daños mecánicos;

- c) si se utilizan acopladores deslizantes o empalmes de deslizamiento, estas uniones deberán hacerse con un adhesivo adecuado; y
- d) se instalarán conductores de continuidad de tierra separados y con calidad adecuada en todos los sistemas.

8 Sistemas de protección contra rayos (LPS) (NIVEL 2)

Es esencial que se prevean medidas eficaces de protección contra rayos para las instalaciones que participan en la fabricación, el procesamiento, la manipulación o el almacenamiento de municiones. Aunque estadísticamente la probabilidad de que una estructura o edificio sea alcanzada por un rayo es relativamente baja, es de suma importancia proporcionar protección contra rayos a las instalaciones que contienen municiones.

8.1 Protección externa

8.1.1. Probabilidad de impacto de rayo

La probabilidad de que una instalación de explosivos sea alcanzada por un rayo depende de la ubicación geográfica de la instalación y de las condiciones atmosféricas y meteorológicas que prevalezcan en ese momento. Al medirla durante un largo periodo, se obtiene la densidad del impacto del rayo nube-tierra y el área de captación efectiva de la estructura o el edificio. Existen muchas fuentes de datos mundiales sobre rayos las cuales pueden proporcionar a la autoridad técnica nacional los datos pertinentes.

8.1.2. Riesgo de explosión

La munición está en riesgo a causa de los rayos, ya que un impacto podría provocar un hecho explosivo de forma directa o indirecta, como, por ejemplo:

- a) provocando una descarga superficial o un arco eléctrico entre las superficies conductoras. Esto, a su vez, podría activar/iniciar los explosivos o cualquier dispositivo explosivos por el calor, las chispas y el metal fundido creado en el arco;
- b) la formación de arcos eléctricos que causan incendios en los circuitos y equipos eléctricos;
- c) descargas de rayos que provoquen incendios; o
- d) El desconchamiento generado por el calor de la corriente que circula por los componentes estructurales de la instalación impactando y activando explosivos y artefactos explosivos expuestos sin protección.

8.1.3. Instalaciones que no necesitarían protección (NIVEL 2)

La autoridad técnica nacional puede optar por conceder algunas exenciones a los tipos de instalaciones que requieran protección. Sin embargo, no habrá ninguna excepción para las instalaciones utilizadas para la fabricación, el procesamiento o la manipulación de explosivos fuera del contenedor. La siguiente lista se basa en las mejores prácticas aceptadas internacionalmente:

- a) almacenamiento subterráneo o enterrado y posteriormente construido por excavación y con un mínimo de 600mm de cobertura de tierra;
- b) almacenes de explosivos que contienen y están debidamente autorizados para almacenar un máximo de 25 kg de HD 1.1 y en los que los explosivos están empacados en contenedores aprobados;
- c) edificios que contengan solamente municiones de armas pequeñas HD 1.4 u otros activos explosivos que no puedan ser iniciados por un rayo o sus efectos indirectos y que estén empacados en sus contenedores aprobados;

- d) almacenes de explosivos cubiertos de tierra con más de 600mm de cobertura de tierra y en los que el acero estructural o las barras de refuerzo están conectados a la tierra. Las chimeneas de ventilación y todas las penetraciones metálicas estarán conectadas a la tierra. Todos los circuitos eléctricos estarán protegidos por dispositivos de barrera contra sobretensiones y sobrecargas transitorias.¹² La munición deberá estar en contenedores aprobados;
- e) los contenedores ISO que contengan explosivos y sean de construcción totalmente soldada, o en los que el bastidor y todos los paneles estén interconectados eléctricamente mediante correas de conexión de alta resistencia, podrán almacenarse a la intemperie sin ninguna protección específica contra rayos, siempre que los contenedores tengan al menos dos puntos de puesta a tierra en esquinas opuestas para conectar a las varillas de encaje a tierra. La resistencia de corriente continua (CC) a tierra en cualquier punto del contenedor ISO debe ser inferior a 10 ohmios. Los contenedores ISO que no estén diseñados según esta norma requerirán una mayor protección contra los rayos, preferentemente mediante un sistema de catenaria aérea; y
- f) las estructuras e instalaciones de almacenamiento en las que no se prevé que el personal sufra lesiones, de modo que la pérdida económica de la instalación, las instalaciones colindantes y la munición sería insignificante.

8.2 Tipos de protección contra rayos externos

Existen varios métodos de protección externa contra rayos. Sin embargo, la mejor práctica internacional puede lograrse encapsulando el explosivo en una red interconectada de conductores eléctricos. Esto a su vez asegura que todos los campos, corrientes y voltajes exteriores estén protegidos y que se impida la entrada de éstos. Un LPS está diseñado para interceptar el impacto de un rayo en el edificio y llevar la corriente de forma segura a tierra sin causar daños al edificio o a su contenido.

En el Anexo C figura una descripción de un sistema completo y sus requisitos. El Apéndice 1 del Anexo C contiene descripciones figurativas de diferentes tipos de sistemas LPS.

8.2.1. Jaula de Faraday

Un modelo típico de protección puede ser el de las barras de refuerzo de una estructura de RC in situ, en la que las barras están completamente conectadas a la estructura del techo a paredes y de paredes al suelo, y con conexiones deliberadas a tierra. El uso de postes de acero ampliamente apartados es efectivo para la estructura del edificio, pero no impide que los campos magnéticos penetren en el edificio. Este método de protección imita a una jaula de Faraday y se llama jaula de Faraday LPS. Requiere una distancia de separación mínima desde los límites de la estructura hasta los activos explosivos. Un especialista en electricidad debe determinar esta distancia.

8.2.2. Otros modelos

Aunque existen otros LPS, como los sistemas de disipación de carga y los terminales de emisión de corriente temprana (ESE), éstos no deben utilizarse de preferencia.

¹² Es difícil y costoso establecer la adecuación de la conexión a tierra de las estructuras de hormigón armado después de la construcción.

8.3 Protección interna (NIVEL 2)

Los edificios y cualquier otra estructura utilizada para almacenar o procesar explosivos deben tener una instalación interna de protección contra rayos. Esta debe comprender una cinta de conexión equipotencial e interconexiones para estructuras y componentes metálicos. Este sistema es necesario para evitar chispas o descargas peligrosas dentro de la estructura a causa de cualquier corriente que circule en el LPS externo o en los componentes de acero estructural, ya que estas chispas son muy peligrosas. Se deben evitar las chispas con el uso de la conexión equipotencial o el aislamiento entre los diversos componentes del sistema LPS tanto internos como externos.

8.3.1. Conexión y aislamiento

Todos los equipos y estructuras internas, tales como los estantes de armas con dimensiones superiores a 2m en cualquier dirección y dentro de un rango de 2m respecto de los muros o la estructura del edificio, deben estar conectados a la tierra. La conexión a tierra debe hacerse con una tira de conexión equipotencial (EPB) que recorra el interior del edificio. En caso de que se encuentra en uso y sea factible, la tira EPB debe estar lo más baja posible de los muros y debe estar interconectada al suelo conductor/antiestático. No se deben utilizar tiras o cables de conexión que estén a más de 2m sobre el nivel del suelo.

La tira EPB deberá conectarse a la barra colectora de tierra de la instalación en un solo punto. Sin embargo, no debe conectarse deliberadamente a los conductores de bajada de LPS en ningún otro punto y debe estar en una línea lo más recta posible con el mínimo de curvas y esquinas.

Cuando la tira se acerca a las puertas u otras aberturas de los edificios, la tira debe colocarse de preferencia por debajo del suelo. Sin embargo, si el marco de la puerta es metálico, puede utilizarse para la continuidad. Si una tira tiene que pasar por encima de una abertura, no se deben hacer conexiones con ella por encima de la abertura.

8.3.1.1. Municiones a prueba, ensamblaje o reparación

Las municiones no estarán conectadas directamente a la tira EPB. Deben estar conectadas al estante u otro equipo sobre el que se colocan. Esta a su vez debe ser una EPB mediante una sola conexión desde la parte más baja del estante. Si un elemento no está en un estante y su tamaño o posicionamiento requiere una conexión equipotencial, debe hacerse una sola conexión al EPB con el cable de conexión, tal como se muestra en la Figura 1.

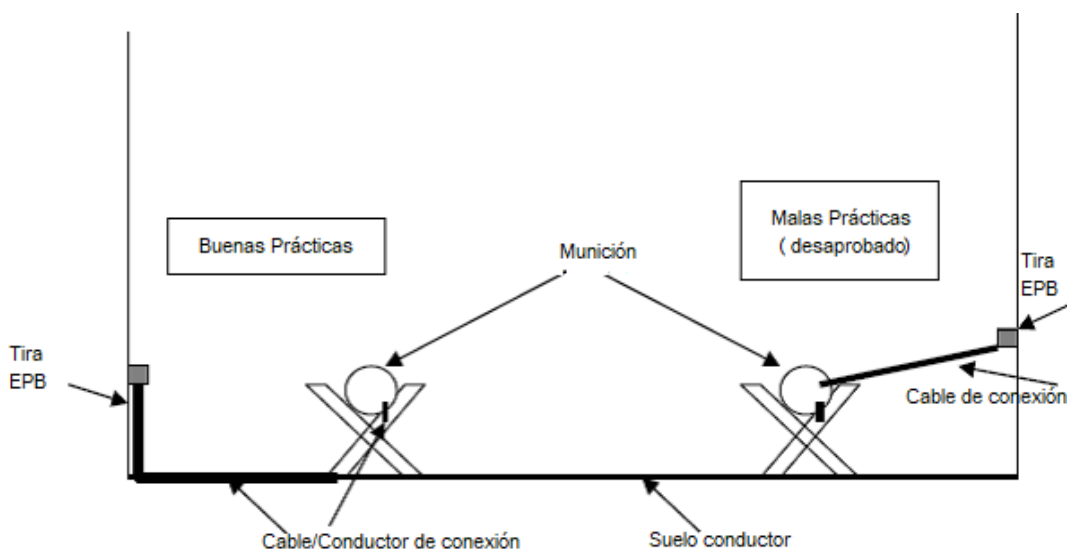


Figura 1: Conexiones equipotenciales de municiones con cable de conexión

Todos los cables utilizados para conectar la tira de EPB deben recorrer la pared desde la tira y a lo largo del suelo hasta el estante de la munición. No deben ser conducidos directamente al estante colgado o sujetado a nivel del suelo.

La distancia mínima de separación de 500mm debe seguir manteniéndose en las áreas de procesamiento, no obstante, esta distancia debe aumentarse a 2m si no se hace una EPB y si el artículo tiene una dimensión superior a 2m. La distancia de separación se mide a partir de los objetos metálicos conectados a los muros, tales como equipos, salidas/entradas de ventilación y rejillas de ventilación que no tienen secciones aislantes.

8.3.2. Almacenamiento de municiones

En las zonas de almacenamiento, no es necesario colocar la EPB a los artículos que están en sus contenedores o embalajes aprobados.

8.3.3. Conexiones a suelos conductores o antiestáticos

Las conexiones a los suelos conductores o antiestáticos deben seguir realizándose según la manera especificada. Si existen estas conexiones a los suelos, no es necesario implementar una conexión a una tira EPB para controlar el electrostático. El propósito de la EPB es proporcionar una conexión a tierra de baja resistencia para fines de protección contra rayos.

8.3.4. Instalaciones sin LPS externa

La protección interna contra rayos puede ser necesaria incluso cuando no se requiere LPS externa, conforme se define en las exenciones señaladas en el Punto 8.1.3.

8.4 El Riesgo de rayos para el personal (NIVEL 1)

Un LPS no puede prevenir el impacto en una estructura o edificio de explosivos, por lo tanto, no se puede asegurar que un hecho explosivo no tendrá lugar. Es fundamental prever la evacuación del personal de un sitio expuesto en caso se aproxime una tormenta eléctrica. Los sitios expuestos deberán tener una respuesta claramente definida para los peligros de los rayos que incluirá un plan de evacuación que prevea la seguridad de las municiones y la protección y el aislamiento eléctrico de las instalaciones evacuadas. El procedimiento completo se realizará por lo menos una vez al año.

8.4.1. Valoración de riesgos

El jefe del establecimiento llevará a cabo una valoración del riesgo de la probabilidad y las consecuencias de las tormentas eléctricas que afecten a las áreas de explosivos. Si el resultado de la valoración dicta que debería instalarse un sistema de alerta eficaz, se debe buscar la orientación de especialistas. Sea cual sea el sistema que se elija, este debe poder alertar la aproximación de una tormenta eléctrica con al menos 30 minutos de antelación.

8.4.2. Poner a salvo la instalación de explosivos en caso de tormenta eléctrica (NIVEL 1)

8.4.2.1. Instalaciones de almacenamiento

En el caso de una advertencia de tormenta eléctrica u ocurra una tormenta eléctrica repentina:

- a) detenga el trabajo de inmediato;
- b) no conecte a tierra deliberadamente los ensamblajes de explosivos, pero asegúrese de que estén al menos a 500 mm de las paredes de la instalación;
- c) cierre todas las ventanas, puertas y conductos de ventilación;
- d) apague la electricidad desde el exterior; y
- e) evacúe a un lugar seguro.

8.4.2.2. Instalaciones de almacenamiento abierto

En el caso de una advertencia de tormenta eléctrica o una tormenta eléctrica repentina:

- a) detenga el trabajo de inmediato;
- b) cubra y vuelva a embalar los explosivos sin embalar si el tiempo lo permite; y
- c) evacúe a un lugar seguro.

8.4.2.3. Instalación de procesamiento

En el caso de una advertencia de tormenta eléctrica o una tormenta eléctrica repentina:

- a) detenga el trabajo de inmediato;
- b) si el tiempo lo permite, desconecte el equipo de pruebas eléctricas de los ensamblajes de explosivos;
- c) no conecte a tierra deliberadamente los ensamblajes de explosivos, pero asegúrese de que estén al menos a 500mm de las paredes de la instalación; y
- d) evacúe a un lugar seguro.

8.4.2.4. Áreas de estacionamiento y clasificación

En el caso de una advertencia de tormenta eléctrica o una tormenta eléctrica repentina:

- a) detenga el trabajo de inmediato;
- b) coloque todos los vehículos de carretera y ferroviarios a cubierto si el tiempo lo permite; y
- c) evacúe a un lugar seguro.

9 Operación de regímenes conductores y antiestáticos (NIVEL 2)

Muchos Artículos y Sustancias Explosivas son sensibles a la Descarga Electroestática (ESD). Si un artículo de munición no puede ser reforzado o protegido contra la ESD, se deben tomar medidas para evitar que la ESD comprometa los explosivos. Esto se puede lograr garantizando la eliminación de toda carga eléctrica tan rápido como se genere.

En esta IATG un componente sensible es cualquier componente crítico de seguridad de un sistema o plataforma de armas susceptible a los efectos de la ESD. Si bien la iniciación es el riesgo principal, también deben considerarse otros riesgos cuando estén presentes dispositivos electrónicos, combustibles o productos de degradación sensibles y críticos para la seguridad, como el hidrógeno gaseoso de los explosivos aluminizados.

9.1 Definición técnica de regímenes y seguridad antiestáticos y conductores

Las definiciones técnicas indicadas a continuación derivan de las energías de ignición de los explosivos utilizados en los componentes expuestos más sensibles. Por lo tanto, es fundamental para la seguridad que una Zona protegida de descarga electrostática (EPA) garantice que cualquier fuente de energía electrostática esté por debajo de la energía de ignición del componente expuesto más sensible.

Las definiciones siguientes son de vital importancia para todos los aspectos de la seguridad de explosivos:

- a) un régimen antiestático funciona cuando las sustancias explosivas o los EED que en su configuración actual tienen energías de ignición superiores a 1MJ e inferiores a 156MJ. En la mayoría de los casos, los componentes sensibles de los sistemas de armas están protegidos de la EDS perjudicial por otros componentes del sistema de armas como, por ejemplo, el contenedor del motor cohete. También se proporcionan medidas deliberadas como cubiertas, embalajes e interruptores proporcionados por los Dispositivos de Seguridad y Armado (SAU) Por lo tanto, es razonable valorar el arma en su estado actual en lugar de valorarla en su configuración más vulnerable; y
- b) se requiere un régimen conductor en presencia de sustancias explosivas o los EED que en su configuración actual tienen energías de ignición de 1MJ e inferiores. Este régimen debe aplicarse para procesar cualquier explosivo o conjunto de explosivos que contenga componentes cuya sensibilidad sea desconocida.

La selección del régimen electrostático correcto para las sustancias explosivas se basa en las pruebas explicadas en la IATG 01.50:2015[E] *Sistema y códigos de clasificación de riesgos de explosión de la ONU*.

Los regímenes anteriores se aplicarán en cualquier situación en que los explosivos o conjuntos de explosivos puedan estar expuestos a un riesgo electrostático. El gestor del edificio o del proceso debe garantizar la identificación de todos los componentes sensibles expuestos, la cuantificación de su sensibilidad y la implementación y el mantenimiento del régimen adecuado.

La capacitación es una parte vital para mantener los regímenes anteriores. Esta capacitación debe incluir el conocimiento de la munición a nivel técnico para los supervisores y la capacitación de todo el personal para operar en un régimen de ESD y el uso de equipo de protección personal como ropa, calzado, pulseras antiestáticas, el uso del medidor de pruebas del personal de áreas peligrosas (HAPTM) y herramientas manuales. Siempre que sea posible, el funcionamiento seguro se logrará con un diseño y no un procedimiento para asegurar que el riesgo se reduzca a los niveles de ALARP.

9.2 Fuentes de electricidad estática y medidas de control

9.2.1. Personal (NIVEL 2)

En una instalación debidamente construida, mantenida y probada siguiendo las directrices de esta IATG, el riesgo más alto de generación de niveles peligrosos de carga eléctrica es el personal empleado en la instalación. Su movilidad, alta capacitancia y conductividad significa que constantemente generan, almacenan y disipan la carga eléctrica. La acumulación de carga puede ser liberada por una sola descarga. Por lo tanto, todos los que participan en la manipulación de explosivos sensibles o en el procesamiento de explosivos deben estar conectados a tierra de manera eficaz y continua. Esto puede lograrse proporcionando una vía de descarga a tierra a través de zapatos y suelos conductores y/o antiestáticos. Las pulseras antiestáticas conectadas a conductores de tierra pueden ser suficientes cuando no se disponga de instalaciones específicas.

9.2.2. Equipo (NIVEL 2)

Maquinaria, los conductores y otros equipos deben conectarse a tierra para garantizar que estén en un potencial de tierra común. Los carros, transportadores y otros equipos móviles también tienen el potencial de generar electricidad estática, almacenarla y posteriormente descargarla. Por lo tanto, se les debe proporcionar un camino efectivo hacia la tierra. Los neumáticos de los equipos deben ser de material antiestático o conductor. Los sistemas gaseosos o fluidicos, como los sistemas de aire comprimido de baja y alta presión, deben estar equipados con componentes antiestáticos o conductores conectados a tierra. Las correas de transmisión o de transporte deben ser de material antiestático o conductor, según el régimen vigente en la sala.

Si las operaciones realizadas dentro de un edificio requieren la instalación de un suelo antiestático o conductor, es preferible instalar un suelo de grado conductor. Esto permite una futura flexibilidad en el uso del edificio. Sin embargo, en algunos entornos esto podría ser superado por un mayor riesgo de electrocución en caso de defecto del equipo.

9.2.3. Mesas de trabajo (NIVEL 2)

Las mesas de trabajo de procesamiento de explosivos deberían estar al menos a 500mm de cualquier pared externa de la instalación y de los miembros estructurales metálicos. Si la superficie o la estructura de las mesas de trabajo es metálica y tiene una dimensión de >2m, debe conectarse al sistema de Conexión Equipotencial de la instalación en el punto más bajo. Las mesas de trabajo metálicas <2m y las instalaciones en las que se utiliza una alfombra conductora para la superficie de trabajo en una mesa de trabajo aislante pueden conectarse al suelo conductor en lugar del sistema de Conexión Equipotencial.

Si es imposible lograr una separación de 500mm de las paredes externas o de los miembros estructurales metálicos, se llevará a cabo una valoración del riesgo que aborde el riesgo de los relámpagos. Sin embargo, si este fuera el caso:

- a) no deben dejarse objetos explosivos en la mesa de trabajo cuando la sala esté desocupada; y
- b) se debe disponer de un eficaz sistema de alerta de rayos que permita guardar los objetos de forma segura y llevar a cabo una evacuación ordenada.

9.2.4. Estantes (NIVEL 2)

Puede que sea necesario proveer estantes en algunos PES. Si este es el caso, se debería implementar las siguientes restricciones para proteger los explosivos contra los relámpagos:

- c) la distancia mínima entre las paredes y el techo del edificio y el estante debe ser de 500mm.
- d) los estantes de almacenamiento de explosivos conductivos deben estar conectados en su base al sistema de conexión a tierra de la instalación, a menos que haya una separación de al menos 2m entre ellos y la estructura del edificio. Una conexión adicional a un conductor o antiestático no debería ser una alternativa. El estante no debería conectarse a tierra sobre su base.

9.2.5. Equipo especializado (NIVEL 2)

El equipo especializado para los conjuntos de explosivos debe tener requisitos especiales para la disipación de las cargas estáticas identificadas en una etapa temprana, y cumplir los reglamentos de las autoridades técnicas nacionales y los requisitos de esta IATG. Debe tener todas las conexiones necesarias a la antena omnidireccional usando ruedas, neumáticos, pies conductores, etc., según sea apropiado.

9.2.6. Humedad Relativa (RH) (NIVEL 1)

Es importante mantener la RH correcta dentro de las salas de procesamiento de explosivos y las instalaciones de almacenamiento. Esto asegurará que la carga estática no se adquiera fácilmente y que se pueda disipar rápidamente. Los límites de la RH se describen en las especificaciones del régimen electrostático correspondiente. Algunos materiales requieren horas de acondicionamiento en la RH apropiada para lograr el comportamiento eléctrico deseado. Para garantizar una disipación segura de la carga de la superficie de las prendas de vestir exteriores y de los embalajes fabricados con fibras naturales como el algodón, es especialmente importante que se acondicionen a la RH apropiada.

Todas las salas de procesamiento de explosivos deben estar equipadas con suficientes pantallas para permitir que el usuario confirme fácilmente que la RH cumple los requisitos de esta IATG. Es posible que se necesiten sensores y pantallas adicionales dentro de las regiones de áreas electrostáticas grandes y/o segregadas.

9.2.7. Medidor de prueba para personal de áreas riesgosas (HAPTM) (NIVEL 2)

Toda persona deberá usar un HAPTM al entrar a cualquier área donde se use un régimen conductor. Cualquier persona que no pase la prueba deberá hacer modificaciones para garantizar su pase o deberá dejar el área. El HAPTM confirma que la resistencia de puesta a tierra total del sujeto está por debajo de $1M\Omega$. Esta es la máxima resistencia aceptable para operar en un régimen conductor. Por lo general, el personal que use calzado conductor en un suelo conductor logrará pasar.

El término "calzado" se refiere a zapatos o botas, pero no incluye los sistemas temporales de talonera antiestática o adiciones similares al calzado ordinario que se suelen proporcionar a los visitantes temporales de las salas de procesamiento de explosivos. Toda persona que se acerque a menos de 1m de cualquier explosivo o conjunto de explosivos no utilizará ese material disipador electrostático temporal.

Se colocará un HAPTM en la entrada del área y el electrodo de puesta a tierra se conectará a la rejilla de tierra del suelo conductor. No se debe utilizar una placa metálica de conexión a tierra como electrodo de pie. Todo aquel que se someta a pruebas se parará en el suelo conductor. La prueba solo se realizará con calzado seco, ya que es posible pasar con calzado húmedo que, al secarse, aislaría al usuario de la tierra y causaría una falla. Los visitantes equipados con dispositivos temporales de puesta a tierra, tales como las taloneras antiestáticas, podrán ser autorizados a entrar en las áreas conductoras y antiestáticas, pero no se les permitirá tocar ningún conjunto de explosivos. El HAPTM se calibrará según las indicaciones del fabricante.

9.2.8. Puesta a tierra

La puesta a tierra debe hacerse de acuerdo con los requisitos de la autoridad técnica nacional y las directrices internacionales sobre prácticas óptimas. Las cubiertas o armaduras metálicas de todos los cables eléctricos, tubos, rieles o guías metálicas que entren a un edificio deben estar conectadas a la parte más cercana del LPS por encima de los eslabones de prueba en los puntos de entrada. Estos también deben conectarse a tierra a 75m y 150m del edificio. Si el revestimiento exterior de los cables está pelado para facilitar esta conexión, la longitud pelada debe protegerse adecuadamente contra la corrosión.

En las instalaciones subterráneas se debe instalar una conexión a tierra adicional a intervalos no mayores de 75m a lo largo de la vía de acceso o el conducto. Esta medida está prevista para proteger la integridad del sistema de puesta a tierra mediante una Protección Múltiple a Tierra (PME) y también para proporcionar un grado de supresión de voltaje.

No se debe utilizar tuberías de alimentación metálicas como electrodos de puesta a tierra.

9.3 Régimen antiestático y precauciones (NIVEL 2)

9.3.1. Suelo

Los suelos antiestáticos deben proporcionarse de acuerdo con los reglamentos de las autoridades técnicas nacionales y las mejores prácticas internacionales. Este suelo está diseñado para disipar una carga estática mediante la descarga relativamente lenta del suelo, y de cualquier cosa conectada eléctricamente al suelo, a la tierra. Las mejores prácticas internacionales establecen que los suelos antiestáticos deben tener una resistencia de la superficie del suelo a la tierra de entre $50k\Omega$ - $100M\Omega$. Sin embargo, en edificios de procesamiento de explosivos, especialmente en salas con atmósferas potencialmente explosivas, el límite superior debe ser $2M\Omega$. El suelo debe someterse a prueba de acuerdo con el Anexo H.

En ausencia de un HAPTM adecuado para ambientes antiestáticos, se debe asegurar la seguridad con pruebas anuales de suelo y calzado. Sin embargo, si existe el requisito de pasar a un régimen conductor, el edificio debe incluir la adición de un HAPTM.

Se debe mantener una RH de $\geq 40\%$. Se permite un equipo de monitoreo de RH con una precisión de $\pm 5\%$ RH como mínimo.

9.3.2. Calzado y ropa

El personal debe llevar calzado antiestático que cumpla los requisitos de resistencia de la autoridad técnica nacional y las mejores prácticas internacionales, incluida la inclusión de cascos de seguridad y otros accesorios para proporcionar protección contra lesiones accidentales en los pies.

El personal debe llevar ropa exterior de materiales cuyas superficies exteriores tengan una resistividad superficial de $1 \times 10^{12}\Omega$ o menos a una RH de 40%. La ropa debe almacenarse en un entorno con una RH igual o mayor a la de su entorno de trabajo. La ropa debe ser de una tela homogénea y no de un material que dependa de una rejilla o revestimiento conductor y que además ofrezca protección contra el fuego y las quemaduras repentinas. La ropa debe quedar bien y estar ajustada de forma apropiada. No se debe utilizar guantes a menos que, como resultado de una valoración de riesgos, se identifiquen como Equipo de Protección Personal (EPP) para proteger a los operadores de un riesgo adicional. En esta situación será necesario equilibrar los riesgos relativos entre los explosivos y otros peligros identificados, aunque están disponibles guantes antiestáticos. El personal no se pondrá ni se quitará la ropa en presencia de sustancias o artículos explosivos.

9.3.3. Otros materiales

El material resistivo suelto, es decir, un material como el plástico, el caucho, el vidrio, etc., con una resistividad superficial de $10^{11}/m^2$ en el área de trabajo, debería limitarse a un tamaño $< 75cm^2$. En este contexto, la palabra "suelto" tiene por objeto permitir la presencia de $> 75cm^2$ de materiales resistivos que serán seguros porque están fijos y alejados de los materiales o dispositivos sensibles. En muchos casos, los objetos sueltos pueden someterse a algún tratamiento para mejorar sus características electrostáticas.

9.3.4. Humedad relativa

Se debe mantener una RH $> 40\%$ en el área en todo momento.

9.3.5. Pulseras y correas para talón antiestáticas

Si en un régimen antiestático se especifica el uso de pulseras o correas para talón antiestáticas, se deberá aplicar las siguientes normas:

- e) las correas deben ser del tipo de desenganche rápido. La resistencia de extremo a extremo, incluyendo la correa, el cableado y el contacto del terminal será $\geq 750k\Omega$ y $\leq 35M\Omega$;
- f) se debe establecer un punto de conexión específico para las correas al lado del área de trabajo y debe ser de fácil acceso. El punto de conexión se debe identificar con claridad; y
- g) el calzado de disipación electrostática debe fabricarse de tal manera que el contacto que se haga con ambos pies cumpla el requisito de una trayectoria eléctrica desde el usuario hasta los puntos de contacto en cada pie del calzado en la región de los dedos y del talón.

9.3.6. Prueba de equipos antiestáticos antes de usar

Las pulseras antiestáticas se deberán revisar al inicio de cada jornada laboral. Cada una de las revisiones debe hacerse con la pulsera puesta en la muñeca del usuario y en contacto con su piel. La revisión incluirá la medición de la resistencia de extremo a extremo.

Las correas para pierna, dedos de pies y talón se deberán revisar antes de cada uso o a la entrada del área controlada estática. La correa de la pierna del usuario estará en contacto con su piel. Las correas para dedos y talón se someterán a prueba mientras el usuario los lleve puestos.

La medición de las revisiones anteriores debe hacerse conforme a los requisitos de las autoridades técnicas nacionales.

9.4 Régimen conductor y precauciones (NIVEL 2)

9.4.1. Suelo

Se debe instalar un suelo conductor de acuerdo con los requisitos de la autoridad técnica nacional y las mejores prácticas internacionales. La resistencia de la superficie del suelo a la tierra debe ser menor a 50 k Ω . Si por alguna razón no pueden utilizarse suelos conductores, se podrá especificar un sistema alternativo de control de la carga electrostática, pero se requerirá el acuerdo escrito de la autoridad técnica nacional. El suelo debe someterse a prueba de acuerdo con el Anexo H.

9.4.2. Calzado y ropa

Véase el Punto 9.3.2.

9.4.3. Otros materiales

No se debe permitir materiales que puedan retener alguna carga electrostática importante ni permitir el aislamiento eléctrico de conductores importantes dentro del área de trabajo. En caso de que se requiera mantener una RH alta, se permitirá el uso de madera y otros materiales de celulosa.

9.4.4. Humedad relativa

Se debe mantener una RH de $\geq 65\%$. Se permite un equipo de monitoreo de RH con una precisión de $\pm 5\%$ RH como mínimo. Sin embargo, en circunstancias excepcionales, aprobadas por el jefe del sitio, los límites de RH pueden reducirse a un mínimo absoluto de 40%. Sin embargo, si el jefe del sitio desea procesar en una RH de 40 - 65% se debe aplicar las siguientes restricciones:

- a) no se procesará explosivos primarios al descubierto;
- b) el personal individual continuará sometándose a la prueba HAPTM;
- c) se retirará todos los materiales cuyas propiedades disipadoras de estática dependan de una RH alta; y
- d) se demostrará que no pueden existir niveles peligrosos de carga electrostática en una RH reducida. Este parámetro requerirá el uso de equipo, técnicas de prueba y personal especializados.

9.4.5. Restricciones de equipos y puesta a tierra eficaz

Las cintas transportadoras deben ser del tipo conductor y que cumplan las pruebas aprobadas por la autoridad técnica nacional. Los electrodos deben ser colocados con un electrodo en cada superficie. La resistencia máxima aceptable es de 100 k Ω .

Las mesas de trabajo, las sillas y los contenedores deben ser de material conductor y deben estar conectados al suelo conductor o al sistema de conexión equipotencial de forma eficaz. El material de la cubierta del asiento debe ser de un material disipador de estática.

Todos los conductores deben estar conectados a tierra de forma eficaz. Para el propósito de esta IATG esto significa $<1M\Omega$ de máxima resistencia a la tierra.

9.5 Áreas conductoras mixtas o híbridas

Es posible mezclar los diversos regímenes conductores, es decir, no controlados, antiestáticos y conductores dentro del mismo edificio o sala. Sin embargo, deben tomarse precauciones especiales y hay que tener en cuenta que la administración y el funcionamiento de esas áreas serán complejos. Esto requerirá un control cuidadoso y deliberado del personal que se desplace entre las distintas áreas del régimen. Las áreas a considerar son el suelo, las correas transportadoras, las mesas de trabajo, las sillas, el revestimiento de los asientos, el calzado, la ropa, los equipos de protección personal (EPP), los explosivos y otros contenedores. Esta lista no es exhaustiva y será necesario realizar un estudio cuidadoso y una valoración de riesgos completa del proceso.

9.5.1. Marcado y combinación de diferentes regímenes electrostáticos

Las áreas deben definirse con claridad en función de los diferentes regímenes electrostáticos en funcionamiento en un diseño escalado mantenido por la autoridad técnica nacional y las áreas deben estar delimitadas por barreras permanentes o semipermanentes. Todo cambio en las áreas demarcadas debe ir acompañado de una valoración y justificación del riesgo. Esto se debe enviar a la autoridad técnica nacional a través del jefe del establecimiento.

Es vital disponer del HAPTM correcto en los puntos de entrada a y/o salida del área controlada. Dentro de las áreas controladas, se debe seguir los controles apropiados. Si la estructura de un edificio o una sala proporciona un régimen conductor, pero el edificio debe procesar explosivos de una naturaleza que requiera un régimen antiestático o un entorno electrostático no controlado, no es necesario mantener plenamente todas las características del régimen conductor. Sin embargo, aún se debe aplicar las normas para la prueba y el mantenimiento de suelos conductores.

9.5.2. Regímenes mixtos y uso de equipo portátil

El hecho de tener regímenes electrostáticos mixtos dentro de una misma habitación o edificio requiere un control estricto del uso de equipo eléctrico portátil. Todo equipo de ese tipo que se utilice dentro del área delimitada debe someterse a un doble aislamiento para eliminar todo riesgo de electrocución para el personal como resultado del uso de equipo defectuoso dentro de un régimen conductor.

9.6 Seguridad del personal y controles de seguridad (NIVEL 2)

9.6.1. Dispositivo de Corriente Residual (RCD)

Si se aplican regímenes antiestáticos o conductores, el personal debe estar protegido de las descargas eléctricas letales mediante un RCD hasta los niveles exigidos por la autoridad técnica nacional. En caso de que no sea posible proporcionar esa protección eléctrica mediante el uso de un RCD, el jefe del establecimiento proporcionará una protección adecuada al operador de manera que se elimine el riesgo de una descarga eléctrica letal, en la medida en que sea razonablemente posible.

9.6.2. Equipos alimentados por la red eléctrica

Todo el equipo eléctrico fijo instalado al alcance de la mano, o el equipo portátil utilizado por una persona que esté de pie sobre el suelo conductor debe tener un doble aislamiento para cumplir los requisitos de la autoridad técnica nacional. Como alternativa, los equipos pueden alimentarse de un Sistema Separado de Bajo Voltaje (SELV) que cumpla las normas de la autoridad técnica nacional. Este requisito debe aplicarse a todos los usuarios de la instalación, incluidos, entre otros, el personal de limpieza, el personal de mantenimiento y los trabajadores del proceso.

Cuando se instalen suelos conductores o antiestáticos, se debe mostrar un aviso que prohíba el uso de equipos eléctricos no autorizados.

Deberían realizarse verificaciones visuales semanales de la conexión equipotencial de mesas de trabajo, suelos, sillas, carritos, alfombras, estaciones de trabajo, equipo conectado a tierra por separado o cualquier otro equipo que conecte a tierra a un operador de manera permanente o temporal. El equipo sujeto a cambios de configuración debe ser revisado inmediatamente después de ese cambio y posteriormente a intervalos semanales.

9.7 Conexión equipotencial de suelo antiestático y conductor (NIVEL 2)

9.7.1. Suelo del edificio e interface de cubierta protectora

El suelo antiestático o conductor debajo del edificio debe ser protegido por una eficaz membrana antihumedad. Las tiras de conexión deben colocarse debajo de cada pieza separada del revestimiento del suelo para asegurar una continuidad eléctrica efectiva en todo el suelo. Las tiras de conexión deben instalarse sobre el suelo de manera que formen una rejilla con un espaciado de 600mm debajo del revestimiento del suelo protector. El espaciado de la rejilla debe garantizar que la resistencia eléctrica del suelo a la tierra del edificio sea conforme y continua en toda la superficie del suelo.

9.7.2. Puesta a tierra y conexión (bonding)

Se debe proporcionar un mínimo absoluto de dos vías a la tierra para cada pieza de revestimiento de suelo. La rejilla debe conectarse a una toma a tierra eléctrica del edificio, idealmente, en posiciones en puntos diagonales opuestos del suelo. Las rejillas no deben cruzar las juntas de expansión flexibles. De ser necesario, se podrá utilizar cables de conexión flexibles para unir las rejillas adyacentes.

Si el suelo está compuesto por baldosas, la cinta adhesiva se debe colocar bajo cada hilera de baldosas y todas las cintas deben estar unidas entre sí por una cinta colocada en ángulos rectos.

9.7.3. Materiales de conexión y dimensiones

Se debe utilizar cintas adhesivas de acero inoxidable, pero el uso de materiales como el latón o cobre es aceptable. No obstante, no se debe usar aluminio. Las cintas deben tener como mínimo 50mm de ancho si se utiliza laminado, ya que esto proporcionará una conectividad confiable en todas las juntas de material laminar; las cintas no deben tener menos de 0.2mm de espesor. En algunos sistemas de suelo, como los de material polimérico homogéneo y con acabado fratasado, la anchura de las cintas conductoras no es importante.

Sin embargo, las cintas deben tener la suficiente resistencia mecánica para durar la vida útil del suelo y proporcionar una resistencia lo suficientemente baja como para no contribuir al límite de 50k Ω de la resistencia eléctrica del suelo. La continuidad eléctrica de las juntas bajo el suelo debe lograrse remachando, soldando o conduciendo el adhesivo y las conexiones al sistema de puesta a tierra del edificio deben hacerse con mordazas de tornillo.

Todo adhesivo que se utilice deberá ser conductor de electricidad, pero si se utiliza un adhesivo no conductor, se deberá tener cuidado de evitar que el adhesivo afecte a la conductividad entre las cintas adhesivas y la superficie inferior del revestimiento del suelo. Los adhesivos deben ser químicamente compatibles con los explosivos existentes en el edificio.

9.7.4. Mantenimiento de la superficie protectora

No se utilizará ceras ni barnices en suelos antiestáticos y conductores. El método y la frecuencia de limpieza que se utilice será el que recomiende el fabricante del material del suelo. Si alguna parte del suelo presenta indicios de contaminación por suciedad, grasa, etc., que pueda afectar a su resistividad eléctrica, se debe limpiar dicha parte de inmediato según el método recomendado.

Anexo A (Normativas) Referencias

Los siguientes documentos normativos contienen disposiciones normativas que también deberían consultarse para tener mayor información referencial sobre el contenido de estas IATG. Para referencias con fecha, no se aplican modificaciones posteriores o revisiones de ninguna de estas publicaciones. Sin embargo, se recomienda que las partes de los acuerdos utilizados para elaborar esta sección de las IATG investiguen sobre la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos normativos que se enumeran más adelante. Para referencias sin fecha, se emplea la última edición del documento normativo en cuestión. Los miembros de la ISO conservan registros de las normas ISO o EN vigentes:

- a) IATG 01.40:2015[E] *Términos, glosario y definiciones*. UNODA. 2015;
- b) IATG 01.50:2015[E] *Sistema y códigos de clasificación de riesgos de explosivos de la ONU*. UNODA. 2015;
- c) IATG 02.10 2015[E] *Introducción a los principios y procesos de la gestión de riesgos*. UNODA. 2015;
- d) IATG 02.20:2015[E] *Cantidad y distancias de separación*. UNODA. 2015;
- e) IATG 02:30:2015[E] *Licencias de instalaciones de explosivos*. UNODA. 2015;
- f) IATG 02.50:2015[E] *Seguridad y prevención contra incendios*. UNODA. 2011;
- g) IATG 05.50:2015[E] *Vehículos y equipos de manipulación mecánica (MHE) en instalaciones de explosivos*. UNODA. 2015;
- h) IATG 05.60:2015[E] *Riesgos de la radiofrecuencia*. UNODA. 2015; y
- i) IATG 06.60:2015[E] *Servicios de obras (construcción y reparación)*. UNODA. 2015.

Se debe utilizar la última versión/edición de estas referencias. La Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UN ODA) conserva copias de todas las referencias¹³ utilizadas en esta directriz. La UN ODA mantiene un registro de la última versión/edición de las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones y se puede revisar en la página web de las IATG: www.un.org/disarmament/un-safeguard/. Antes de iniciar sus programas de gestión de existencias de municiones convencionales, las autoridades nacionales, empleadores y otros organismos y entidades interesados deberán obtener las copias respectivas.

¹³ En los casos en que los derechos de autor lo permitan.

Anexo B **(Informativas)** **Referencias**

Los siguientes documentos informativos incluyen disposiciones que también deberían consultarse para tener mayor información referencial respecto al contenido de estas directrices:

- a) AASPT-1, Edition 1, Change 3, *Manual of NATO Safety Principles for the Storage of Military Ammunition and Explosives* (AASPT-1, 1ª edición, Modificación 3, Manual de los Principios de Seguridad de la OTAN para el Almacenamiento de Municiones y Explosivos Militares). OTAN. 04 de mayo de 2010¹⁴; y
- b) Joint Service Publication 482, Edición 4, *MOD Explosive Regulations (Reglamentaciones sobre explosivos del Ministerio de Defensa)*. Capítulo 8. Ministerio de Defensa del Reino Unido. Enero de 2013.

Se debe utilizar la última versión/edición de estas referencias. La Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UN ODA) conserva copias de todas las referencias¹⁵ utilizadas en esta directriz. La UN ODA mantiene un registro de la última versión/edición de las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones y se puede revisar en la página web de las IATG: www.un.org/disarmament/un-safeguard/. Antes de iniciar sus programas de gestión de existencias de municiones convencionales, las autoridades nacionales, empleadores y otros organismos y entidades interesados deberán obtener las copias respectivas.

¹⁴ Aunque esta versión estaba en borrador cuando se utilizó para el desarrollo de esta IATG, el borrador fue aprobado en la reunión del Grupo de Seguridad de Municiones (CASG) de la OTAN del 17/18 de junio de 2010.

¹⁵ En los casos en que los derechos de autor lo permitan.

Anexo C (Informativas) **Sistema de Protección Contra Rayos (LPS)**

Lo ideal sería incluir un LPS como requisito durante el diseño y la construcción de instalaciones de explosivos. Debería ser efectivo, simple, resistente y permanente. También debería ser accesible para las pruebas y el mantenimiento, en particular para las redes de terminación a tierra que están ocultas a la vista.

C.1 Construcción y diseño de un LPS

Las instalaciones de explosivos modernas utilizan ampliamente metal en su construcción, que debería utilizarse para maximizar el número de trazadores conductores paralelos si se permite el uso de un sistema de terminales de aire. Las barras de refuerzo apropiadamente conectadas en un edificio de RC se podrán utilizar como conductores de bajada y el revestimiento de acero del techo se podrá usar como una Red de Terminales de Aire siempre que se utilice un calibre de metal mínimo.

Los siguientes tipos de construcción ofrecen las mejores opciones para brindar protección inherente contra el impacto de rayos:

- a) una construcción de Hormigón Armado (RC) con paredes, techo y suelo moldeados *in situ* y con todas las conexiones conectadas y puestas a tierra; o
- b) una estructura de entramado de acero con revestimiento perfilado en láminas.

Si el edificio no es de ninguno de los tipos anteriores, se deberá instalar un sistema LPS.

C.2 Materiales de construcción

Al seleccionar los materiales para un sistema de LPS, su compatibilidad y características de corrosión serán críticas. Los diferentes metales que entran en contacto entre sí deben estar cerca entre ellos en la serie electroquímica para reducir el riesgo de interacción electrolítica. Si existe la posibilidad de una acción electrolítica significativa, se deben utilizar juntas metálicas soldadas selladas térmicamente o en seco para proporcionar una protección adecuada. Los conductores que se utilicen como redes de terminales de aire suspendidas deben ser de cobre, aluminio o acero revestido de cobre trenzado y deben ser las que especifique la autoridad técnica nacional.

C.3 LPS

Los edificios pueden ser diseñados con un LPS integral o separado. En un sistema integral, el LPS está fijado al edificio o utiliza partes de la estructura del edificio. Un LPS separado es aquel que está físicamente separado del LPS del edificio y no está fijado a ni es parte de la estructura del edificio.

C.3.1 Las partes que componen un LPS son:

- a) una Red de Terminales de Aire;
- b) conductores de bajada;
- c) Redes de terminales de tierra;
- d) electrodos de tierra; y
- e) juntas y conectores equipotenciales de prueba.

C.4 Red de Terminales de Aire (ATN)

Una red de terminales de aire intercepta el impacto de rayos. Por lo general, se sujeta al techo de un edificio o utiliza la estructura del techo en el caso de un LPS integral o es un poste instalado cerca al edificio y más alto que el edificio que se está protegiendo y está orientado en preferencia al edificio.

C.4.1 Tipos de ATN

Existen tres tipos de ATN integral, los cuales están ilustrados en el Apéndice 1 de este Anexo. Los tres tipos son:

- a) terminales de aire montados en la superficie;
- b) una estructura de RC con terminales de aire fijos (Figura C.1); o
- c) un marco y techo de acero (Figura C2).

Hay dos tipos de ATN separados y también están ilustrados en el Apéndice 1. Los dos tipos son:

- d) terminal de aire suspendido (Figura C.4); o
- e) terminal de aire vertical (Figura C.5)

C.4.1.1 Terminal de aire montado en la superficie

Este tipo de LPS es de lejos el más común. Los conductores del techo deben formar una malla del tamaño requerido por la autoridad técnica nacional, pero lo ideal sería de 10m x 5m, o más pequeña si es necesario, y debe ser de cobre al descubierto solamente.

Los conductores pueden ser colocados directamente en el techo siempre y cuando los materiales del techo no los cubran. Los bordes son las partes más vulnerables de un techo y, por lo tanto, los conductores que corren a lo largo de un borde deben colocarse tan cerca como sea posible del borde; 100 mm o más cerca es lo ideal.

Si una misma instalación tiene techos a diferentes niveles, cada nivel debe ser protegido. La Red de Terminales de Aire fijados en un techo en un nivel puede proporcionar protección a un techo de un nivel inferior. En este caso, puede que no sea necesaria una red separada en todo o parte del techo inferior. Se debería buscar asesoramiento de un especialista.

C.4.1.2 Estructuras de RC con terminales de aire fijos

Las barras de refuerzo de las paredes y el techo de las estructuras de RC deben estar expuestas en un mínimo de dos lugares diagonalmente opuestos de la estructura. Estas deben estar sujetadas a la red de terminales de aire montada sobre la superficie y el conductor de bajada. Si se instala conductores de bajada separados, estos deberían sujetarse a las barras de refuerzo en la parte superior de las paredes.

Cuando un conductor de bajada se fija a una columna de hormigón armado o a una columna de acero revestida de hormigón, el trabajo en acero debe conectarse al conductor de bajada por encima de la junta de prueba. El refuerzo de la pared, del suelo y de la columna reforzada o de acero debe ser contiguo al refuerzo del techo.

Por lo general, no se suministran conductores o remates verticales puntiagudos sobre los terminales de aire montados sobre la superficie, pero son totalmente apropiados para las estructuras de RC y edificios de explosivos.

C.4.1.3 Marco y techo de acero

Si el edificio tiene un techo de metal, este formará la Red de Terminales de Aire. Es crucial que el techo de metal esté bien conectado a los conductores de bajada del LPS.

Si el techo es parte de una estructura del marco de acero, esta puede diseñarse para formar los conductores de abajo para el LPS. En tales casos, todo el trabajo en metal entre el marco y el techo de acero debe estar unido mediante una conexión equipotencial y las uniones deben ser probadas para garantizar que tengan una resistencia de $0,5 \Omega$ o menos, en el mejor de los casos.

C.4.1.4 Red de Terminales de Aire Suspendida

Una red de este tipo comprende dos o más postes que sostienen y están metalizados a un conductor o sistema de conductores aéreos. Los postes de soporte deben situarse al menos a 2m de la instalación. Cuando un poste está hecho de un material no conductor, se debe proporcionar una cinta conductora que recorra todo el poste para unir el conductor aéreo a la red de terminales de tierra. Todos los cables tensores también deberán estar conectados a la red de terminales de tierra.

Con el fin de prevenir una descarga eléctrica, la distancia mínima entre la parte más baja de un sistema de conductores aéreos y la instalación protegida no debe ser inferior a 2m en la condición de hundimiento máximo causado por la nieve y el hielo. Sin embargo, si la instalación tiene componentes metálicos afilados o puntiagudos conectados a la tierra que sobresalen del edificio protegido, como una chimenea de ventilación, se debe exigir un espacio libre de > 5 m desde el punto más alto de la estructura.

C.4.1.5 Red de Terminales de Aire Vertical

Una Red de Terminales de Aire vertical está compuesta por un único poste metálico ubicado a 2m de la instalación como mínimo. Los cables tensores deben estar unidos en el extremo superior al LPS y, en el extremo inferior, deben estar unidos al electrodo de tierra del anillo enterrado.

C.5 Conductores de bajada

Las redes de terminales de aire montadas sobre la superficie deberán ser suministradas con dos o más conductores de bajada alrededor del perímetro de la instalación. Deben estar espaciados por igual en la medida de lo posible y no estar a más de 15m de distancia. El material del conductor de bajada debe ser cobre y cada conductor de bajada debe tener una varilla de tierra asociada según lo especificado por la autoridad técnica nacional.

Los conductores de bajada no deben llevarse al interior de los edificios, pero los elementos estructurales metálicos utilizados como conductores de bajada pueden tener partes internas expuestas. Esto debe tenerse en cuenta con respecto al diseño interno de la instalación.

Si las barras de refuerzo o los marcos de acero de una instalación se utilizan como conductores de bajada, la conexión a la red de terminales de tierra debe estar aproximadamente a 100mm sobre el nivel del suelo. La conexión a las barras o el marco de refuerzo debe ser tal que pueda ser inspeccionada fácilmente pero también debe ser protegida de los elementos.

C.6 Redes de terminales de tierra

Estas deben estar ubicadas lo más cerca posible de la instalación que se está protegiendo, pero no deben estar a menos de 600mm de las bases de la pared. Un terminal de tierra debe estar compuesto de electrodos de varilla, cintas u otros medios que proporcionen una conexión a la tierra.

C.6.1 Electrodo de varilla metálica

Los electrodos de varilla deben ser introducidas hasta la profundidad necesaria para dar la resistencia deseada a la tierra. La profundidad mínima debe ser aquella en la que la varilla penetre en el suelo de humedad permanente. Si se necesita más de una varilla para obtener la resistencia deseada, el espacio entre las varillas debe ser igual a la profundidad buscada, como mínimo. Los electrodos de varilla tienen una vida útil de 30 años. El aumento de la resistividad es causado por el fallo del revestimiento de cobre y la consiguiente oxidación del material de la varilla. Se debe reemplazar las varillas defectuosas.

Todos los electrodos de tierra de un sistema deben estar interconectados por un anillo conductor enterrado al menos 600mm bajo tierra. Los sistemas de tierra de las estructuras adyacentes deben estar interconectados cuando sea razonablemente posible y cuando las condiciones del terreno dificulten alcanzar la resistencia de tierra requerida. En condiciones de suelo difíciles en las que los electrodos de varilla resulten ineficaces, debe buscarse el asesoramiento de un especialista en ingeniería civil.

Si una instalación está situada en una roca al descubierto, se puede obtener un electrodo de tierra satisfactorio perforando la roca y rellenando el agujero con tierra tamizada o una mezcla de polvo de carbón y polvo de cobre antes de introducir las varillas de tierra. El diámetro del agujero debe ser de 75mm o más. No se debe utilizar coque, o finos de coque ni polvo de ceniza como relleno porque tienen un efecto corrosivo sobre el cobre. Hay productos disponibles en el mercado que pueden utilizarse para mejorar la conductividad del suelo alrededor de los electrodos. En áreas de alta resistencia del suelo o de espacio restringido que limitan el número de varillas que pueden ser introducidas, se puede utilizar electrodos de varillas químicas junto con un relleno conductor o de retención de humedad.

C.6.2 Electroodos de varillas químicas

Las varillas de tierra químicas proporcionan una liberación controlada de una solución de tipo salina en un área rellena. Pueden utilizarse si las condiciones del terreno son difíciles y pueden eliminar la necesidad de introducir barras adicionales si el espacio es limitado. Estos tipos de varillas de tierra requieren volverse a llenar regularmente con una solución química apropiada, por lo que se debe adoptar un régimen de mantenimiento cuando se utilicen estos tipos de varillas a fin de mantener su eficacia. Las varillas químicas ofrecen un rendimiento más consistente en condiciones desérticas o en climas con estaciones húmedas y secas bien definidas.

C.6.3 Gestión inmobiliaria y pruebas

Si el aumento de la resistencia de la varilla de tierra requiere la colocación de varillas adicionales, los planos de ingeniería de la instalación deberán modificarse para reflejar el cambio y el futuro régimen de prueba deberá probar las varillas como un solo electrodo. Las tuberías de agua u otros servicios no deben utilizarse como parte del sistema de terminales de la tierra o como el electrodo de tierra.

Para permitir el aislamiento eléctrico y el acceso a los electrodos durante la prueba, los extremos superiores de los electrodos deben terminar en un pequeño foso de servicio cubierto. Cuando condiciones tales como la necesidad de conectarse a partes metálicas de la instalación requieran que se exponga un conductor, este deberá fijarse y rodear la instalación a una altura de 500mm sobre el nivel del suelo. Debería estar permanentemente conectado a todos los conductores de bajada. Si el conductor está fijado a la instalación debe ser visible en toda su longitud. Si las aberturas de las puertas, los caminos y las carreteras hacen necesario que el conductor vaya bajo tierra, este debe ser arrastrado a una tubería no metálica.

C.7 Juntas y conectores equipotenciales de prueba

C.7.1 Juntas

En cada foso de servicio se debe construir una junta de prueba tipo abrazadera de múltiples vías. Solo se permitirán redes de terminales de tierra por debajo de una junta de prueba.

Los postes que sostengan una Red de Terminales de Aire deberán estar provistos de juntas de prueba a 500mm sobre el nivel del suelo y conectados a la red de terminales de tierra y a cualquier cable tensor en puntos tan cercanos como sea posible al poste.

Los electrodos de tierra deben poder aislarse y debe proporcionarse un electrodo de tierra de referencia para fines de prueba, en particular cuando el suelo circundante sea de hormigón o asfalto.

Si las estructuras de acero de una instalación se utilizan como conductores de bajada, se deberá proporcionar suficientes puntos de prueba para poder revisar la continuidad de la baja resistencia de la estructura de acero. Esto es especialmente importante para las partes de la estructura que no son visibles o accesibles.

C.7.2 Conectores equipotenciales

Todos los principales elementos de metal externos a una instalación, y que forman parte de ella, deben estar conectados al LPS. El material de conexión para las conexiones internas y externas de los edificios de explosivos debe ser cobre recocido. No se necesitan conectar las piezas de acero de menos de 2m de largo, es decir, los marcos de las ventanas de metal, los ventiladores pequeños y otros pequeños accesorios de metal, siempre que estén a más de 500mm de cualquier componente del LPS.

Las pruebas de resistencia de los conectores equipotenciales deben realizarse durante la aceptación de la instalación del LPS y requieren una inspección periódica durante su vida útil.

El revestimiento o armadura metálica de los cables de suministro eléctrico de entrada debe conectarse al LPS y al envolvente del interruptor principal solo en el punto de entrada del cable. El revestimiento metálico o el conducto de cada circuito que sale del interruptor principal debe estar conectado al envolvente del interruptor. Todas las demás tuberías o conductos metálicos de servicio deben estar conectados al LPS únicamente en su punto de entrada a la instalación. Todos los tramos rectos de los conductos metálicos, tuberías o revestimientos metálicos de cables deben estar conectados al LPS en cada punto de entrada y salida. Deberá ser posible aislar la conexión del LPS para fines de prueba.

Todos los rieles de ferrocarril y de grúa dentro de una instalación deben estar conectados en cada extremo al LPS. Todo riel que sobresalga de las instalaciones debe conectarse al LPS en su punto de entrada/salida.

El LPS deberá conectarse a la barra colectora de tierra de la instalación en un solo punto. Las vías de conexión deben permitir una fácil desconexión para poder realizar las pruebas.

C.8 Instalaciones subterráneas

Como se indicó anteriormente, por lo general, una instalación subterránea no requiere un LPS. Sin embargo, las partes metálicas y estructurales del sitio que tengan menos de 600mm de cobertura de tierra deberán protegerse de la misma manera que un sitio sobre la superficie.

C.8.1 Fachadas expuestas

Si una instalación cubierta de tierra tiene una fachada expuesta, esta deberá tener una Red de Terminales de Aire conectada a las barras de refuerzo del hormigón del techo y todas las partes metálicas expuestas deberán estar sujetadas y conectadas al sistema de puesta a tierra en la entrada de la estructura.

C.8.2 Menos de 600m de cobertura de tierra

En el caso de una instalación que tenga menos de 600mm de cobertura de tierra, esta deberá protegerse contra rayos. Se deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) los conductores del techo pueden fijarse directamente al techo de la instalación;
- b) el conductor de la red de terminales de tierra debe correr bajo tierra a una distancia aproximada de 1m de la base de la cobertura de tierra. Se debe llevar a través del muro de cabecera o de otra pared no cubierta de tierra a 500mm sobre el nivel del suelo;
- c) los conductores de bajada deberán atravesar la cobertura de tierra a una distancia de 500mm de la estructura. También deben ser retirados del muro de cabecera o de cualquier otra pared no cubierta por tierra; y
- d) las juntas entre los conductores de bajada y la red de terminales de tierra deberán ser fácilmente accesibles para su inspección. Estas juntas deberán estar dentro de los 150mm de la superficie del terreno en un foso de inspección cubierto.

C.9 Instalaciones de RC como iglús y otras instalaciones armadas in-situ

C.9.1 Instalaciones de RC

Si se diseñan y construyen correctamente, las instalaciones de RC tendrán una protección inherente contra los rayos. Los componentes de acero de la estructura crean un escudo solo si los elementos conductores están eléctricamente contiguos. En el caso de las estructuras de RC, esto solo se puede asegurar garantizando que las barras de refuerzo de la pared estén conectadas a los refuerzos del techo y el suelo durante la construcción.

Para proporcionar la protección inherente, todas las penetraciones metálicas deben conectarse a las barras de refuerzo donde penetran en la estructura. Deben proporcionarse extensiones de las barras de refuerzo para conectar los pararrayos para reducir el riesgo de daños estructurales por rayos. El marco del portal de acero con revestimiento de láminas perfiladas conectadas a tierra proporcionará una estructura similar a la de una jaula de Faraday, pero ofrecerá menos eficacia de protección que las estructuras de hormigón armado. La malla de refuerzo bajo el suelo también debe conectarse a los marcos del portal durante la construcción.

No se puede asumir que todas las estructuras existentes de RC y de revestimientos metálicos proporcionen una protección inherente. Por lo tanto, personal debidamente cualificado debe llevar a cabo una prueba de eficacia del blindaje de bajo voltaje. De no ser posible, se debe instalar un LPS externo aprobado.

La característica de protección contra rayos más importante de una instalación de explosivos de RC es la malla de barras de refuerzo dentro del cascarón de hormigón. Esto transportará alrededor del 90% de la corriente del rayo de un impacto. Por lo tanto, es esencial que las barras de refuerzo rodeen completamente el volumen de la instalación, es decir, el techo, las paredes y el suelo. Las barras de refuerzo en el techo, las paredes y el piso deben conectarse de la siguiente manera:

- a) se deben soldar cruces de refuerzo a un máximo de 2.5m de distancia entre centros en ambas caras; y
- b) los cruces de refuerzo restantes deben unirse por alambre amarrado en cada intersección.

El carácter de la conexión metálica y el gran número de barras y puntos de cruce de dicha construcción asegura una subdivisión significativa de la corriente total del relámpago a través de una multiplicidad de vías de descarga paralelas. Para ser completamente efectivo como un escudo contra los campos producidos por los rayos, el tamaño de la malla de RC no debe ser mayor de 30cm.

No se necesitan conductores de bajada separados en una instalación de RC. Sin embargo, al nivel del techo se debe colocar una ATN montada sobre la superficie para reducir el daño de los elementos físicos de la estructura debido al desconchamiento externo en caso de que la instalación reciba un rayo. La ATN fija debe estar directamente conectada a las barras de refuerzo en el número de posiciones necesarias para los conductores de bajada en al menos dos lugares diagonalmente opuestos.

Si se instala un techo de metal inclinado en una instalación de RC, el techo puede actuar como la ATN siempre que se cumplan los requisitos mínimos de espesor de material exigidos por la autoridad técnica nacional. Si se especifica este tipo de techo, se recomienda que se coloquen al menos dos remates, uno en cada extremo del techo a dos aguas.

Otras penetraciones metálicas, como conductos y tuberías, deben conectarse a las barras de refuerzo más cercanas en el punto de entrada. Todas las puertas y ventanas deben estar conectadas a sus estructuras y las estructuras deben estar conectadas a las barras de refuerzo de la estructura.

C.9.2 Edificios de estructura de acero

Un edificio con estructura de acero y revestimiento metálico puede ser considerado como una jaula de Faraday si:

- a) los componentes de la instalación están conectados entre sí con una resistencia inferior a 0.5Ω ; y
- b) la resistencia a la tierra de cada montante vertical no supera los 10Ω .

Sin embargo, estos valores solo pueden probarse durante la construcción del edificio y, por lo tanto, todas las pruebas de resistencia de la red de terminales de tierra y conectores deben realizarse durante la construcción de la instalación. La prueba de la resistencia de la tierra de cada montante debe hacerse antes de fijar a la estructura los cables de suministro de electricidad, rieles u otros tubos metálicos. Cuando no se cumplan estos requisitos de resistencia de la tierra, deberá proporcionarse un anillo conductor conectado a cada montante y con electrodos de tierra en cada extremo de la estructura.

El espesor mínimo del metal utilizado para el revestimiento y el techo, que forma parte de la red de terminales de aire, debe ser aquel especificado en los reglamentos de la autoridad técnica nacional o en normas internacionalmente aceptadas.

Los cimientos de la instalación pueden tener una baja resistencia de tierra sin necesidad de electrodos de tierra adicionales, particularmente si los cimientos de la instalación incluyen postes reforzados. La medición de la resistencia de la tierra de los cimientos recién terminados identificará si cumplen los requisitos o si se necesitan más electrodos de tierra.

Los marcos de acero deben estar provistos de conexiones en la parte superior e inferior para conectar el techo y la tierra a los marcos. Si solo se utilizan los cimientos, se debe prever la posibilidad de conectar cada montante vertical de la estructura de acero a la matriz de la tierra y, a su vez, a la malla y barras de refuerzo de hormigón de los cimientos.

Las penetraciones metálicas, como conductos y tuberías, deben conectarse a la instalación en su punto de entrada. Los detalles de las conexiones equipotenciales entre el marco de acero, el revestimiento, el techo, las paredes, etc. deben decidirse en la etapa de diseño.

Es probable que las estructuras del marco del portal de acero y revestidas de metal no necesiten pruebas periódicas de las conexiones permanentes diseñadas con autoprotección contra los efectos de los rayos, lo cual debería ser el objetivo de los diseñadores del sistema lograrlo.

C.10 Almacenamiento de explosivos a cielo abierto

Los explosivos que se almacenan a la intemperie durante largos períodos requieren un LPS que proporcione un cono de 30° de protección o un terminal de aire suspendido. Se puede prescindir de este requisito si se puede demostrar, después de una valoración minuciosa del riesgo, que es poco probable que ocurra un evento explosivo provocado por un rayo debido a la insensibilidad de la munición, la baja probabilidad de impacto, etc.

Se puede brindar almacenamiento a corto plazo con una cubierta LPS en forma de un LPS de terminal de aire vertical temporal o suspendido.

C.10.1 Contenedores ISO

Los contenedores ISO cargados con munición(es) pueden ser almacenados a cielo abierto con las siguientes restricciones:

- a) los explosivos sin embalaje no deben almacenarse en contenedores ISO. El embalaje de la munición debe proporcionar una distancia de seguridad de las paredes del contenedor;
- b) el contenedor cumple los requisitos del Punto 8.1.3; y
- c) los contenedores que contengan explosivos no deben apilarse.

C.11 Prueba de LPS

La inspección, el ensayo y el registro de los resultados de las pruebas del LPS deben seguir las normas de las autoridades técnicas nacionales y cumplir los requisitos de la Tabla 6. Al seleccionar un régimen de prueba, se deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) el método de preferencia es la prueba de “caída de potencial eléctrico” que utilice electrodos complementarios;
- b) en la puesta en marcha de instalaciones nuevas o renovadas el uso del método de caída de potencial es obligatorio;
- c) se puede utilizar un equipo de prueba de tipo pinza para realizar pruebas periódicas del LPS, pero cada quinto período de prueba debe realizarse utilizando el método de caída de potencial;
- d) los medidores con pinzas no pueden probar los electrodos de tierra de forma precisa si un anillo conductor aún está en circuito y si el LPS aún está conectado mediante cruzamiento de pantallas (*cross bonded*) a la cubierta entrante de bajo voltaje. Es obligatorio que ambos estén desconectados para la prueba de electrodos de tierra; y
- e) los registros de las pruebas mostrarán de forma clara el método de prueba utilizado.

C.11.1 Prueba de cumplimiento de requisitos y parámetros

Cuando un LPS se somete a prueba, se debe cumplir los siguientes parámetros:

- a) la resistencia a tierra de un electrodo de tierra individual con todas las conexiones retiradas no debe exceder de 10Ω multiplicada por el número de electrodos de tierra en toda la red de terminales de tierra;
- b) un anillo conductor bajo tierra se tratará como parte de la red de terminales de tierra. Teniendo todos los electrodos de tierra conectados al anillo conductor y todos los conductores de conexión equipotencial conectados a los servicios de entrada, los rieles de la grúa y el ferrocarril retirados, la resistencia total de la tierra no debe superar los 10Ω ;
- c) con todos los electrodos de tierra conectados al sistema y todas las conexiones equipotenciales retiradas, la resistencia a tierra de un sistema en puntos aproximadamente equidistantes entre los electrodos de tierra no debe exceder 10Ω ; y
- d) deberá haber una resistencia máxima de 0.5Ω en los conectores equipotenciales.

Las estructuras con un LPS de jaula de Faraday (Figura C.6) y sin un LPS externo deben ser sometidas a prueba si no se ha realizado un control específico de los requisitos durante la construcción. Se debe validar la idoneidad de la conexión y la continuidad eléctrica de los elementos estructurales de las paredes, el techo y el suelo midiendo la respuesta de la frecuencia de la impedancia de transferencia mediante instrumentos de prueba apropiados. Estas son pruebas complejas y se debe buscar el asesoramiento de especialistas en ingeniería eléctrica y civil.

C.12 Parámetros de diseño

Ningún LPS puede garantizar una inmunidad total contra los daños causados por la descarga de un rayo. Se considera que la jaula de Faraday, junto con la terminal de aire suspendida, proporciona la máxima protección cuando se han tomado todas las demás medidas, como la protección contra las sobretensiones y la conexión equipotencial.

El principal peligro de las estructuras metálicas o de los revestimientos metálicos que no forman parte del LPS es el daño causado por los rayos laterales, donde su posición con respecto al techo o los conductores de bajada puede ofrecer una vía de corriente alternativa a la tierra. Esto puede evitarse mediante el aislamiento, la distancia o la conexión equipotencial.

Cada electrodo de tierra del sistema debe ser interconectado por un anillo conductor, que preferiblemente debe estar bajo tierra. Debido a la necesidad de conectar otros objetos al mismo, se permite dejarlo expuesto en las paredes de la instalación. En estos casos, la interconexión ya no es parte del sistema de puesta a tierra. No debe formar parte de la prueba de las terminales de tierra y las conexiones a los conductores de bajada, con los que se interconecta, deben ser fijas y permanentes.

Se debe evitar el uso innecesario de conectores de pinza que corren el riesgo de ser desconectados. Esos conectores solo deben utilizarse cuando sea necesario desconectarlos para realizar las pruebas.

Los conductores de LPS externos no deben revestirse ni pintarse con material aislante.

C.12.1 Explosivos de alto riesgo

Para las instalaciones de mayor riesgo debe utilizarse una zona de protección de 15°/30° o la conocida esfera rodante de 20m (véase más adelante). Los artículos explosivos de esta categoría son aquellos sensibles a la inducción eléctrica, los choques térmicos, los choques mecánicos, o cuando las consecuencias de una explosión pueden ser muy graves.

C.12.2 Áreas de protección de un LPS separado

Las mejores prácticas internacionales y los resultados de mucha experimentación han demostrado que el área de protección proporcionada por una terminal de aire vertical es un ángulo sólido de 30° que tiene su cima en el punto más alto del mástil. En el caso de los mástiles que no superen los 10m de altura, el volumen descrito está protegido de todos los impactos directos de rayos, salvo los de mayor gravedad, siempre que ninguna parte de la estructura se extienda fuera del área protegida.

El área de protección que ofrece un terminal de aire suspendido se describe mediante un triángulo con un ángulo de 30° con respecto a los postes de soporte verticales. Como en el caso anterior, en el caso de los terminales de aire suspendidos que no superen los 10m de altura, el volumen descrito está protegido de todos los impactos directos de rayos, salvo los de mayor gravedad, siempre que ninguna parte de la estructura se extienda fuera del área protegida.

C.12.3 Protección de la esfera rodante

Las estructuras altas que requieren un LPS separado que exceda los 10m de altura son casos especiales porque el volumen protegido no puede ser definido adecuadamente por el ángulo de 30°. Dado que el relámpago guía se describe por una esfera centrada en el extremo de la guía, el volumen protegido se puede determinar haciendo rodar una esfera imaginaria de un radio igual a la longitud del paso alrededor del edificio protegido y donde toca el LPS se define el volumen protegido. La distancia de impacto está relacionada con la gravedad de los impactos del rayo y cuanto mayor sea la gravedad del impacto, mayor será la distancia de impacto. En términos generales, mientras más pequeña sea la esfera, mayor será la protección, pero la instalación del LPS se vuelve más costosa.

Se debe usar una esfera de 20m para edificios que contengan explosivos y se describirá la protección contra todos los accesorios directos de rayos, excepto el 5^o percentil de gravedad más bajo. Las Figuras C.7 y C.8 del Apéndice 1 muestran una esfera rodante de 20m aplicada a un terminal de aire vertical y a una terminal de aire suspendida, respectivamente, donde la altura es mayor de 10m. Un ángulo aproximado que describiría el volumen protegido derivado del método de la esfera rodante sería de 15°. El principio de la esfera rodante se describe en la Figura C.9.

Apéndice 1 del Anexo F (Informativas) Diseños de LPS

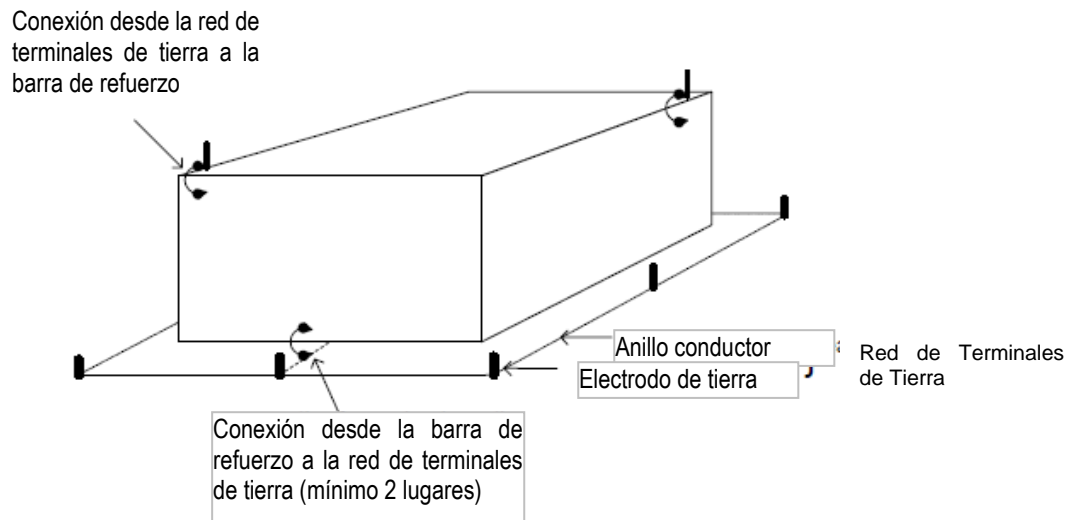


Gráfico C.1: Red de Terminales de Aire sobre una estructura de RC

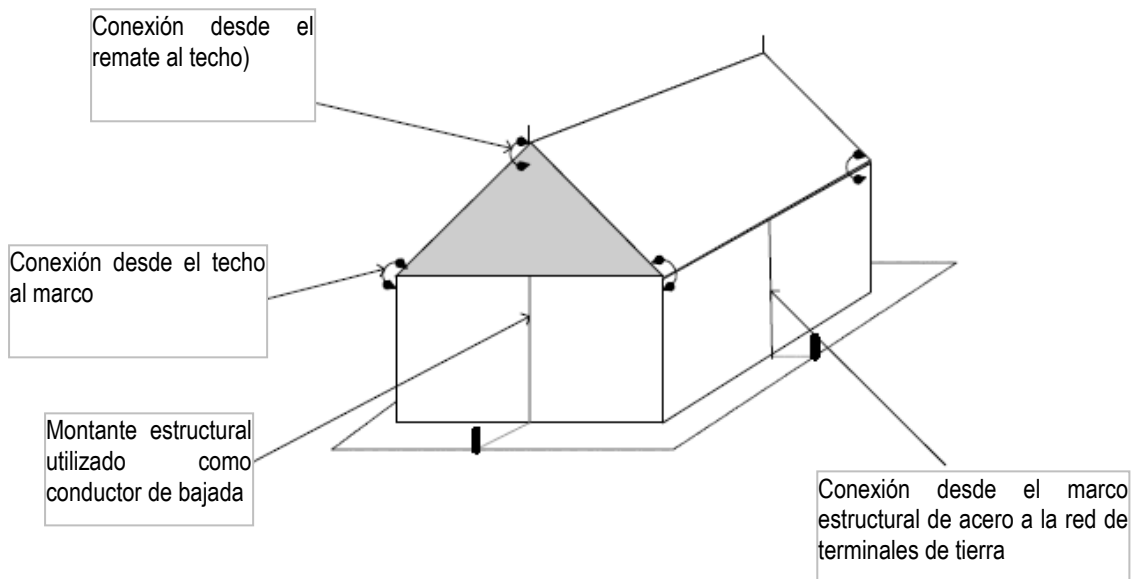


Gráfico C.2: Instalación de estructura de acero con revestimiento de metal

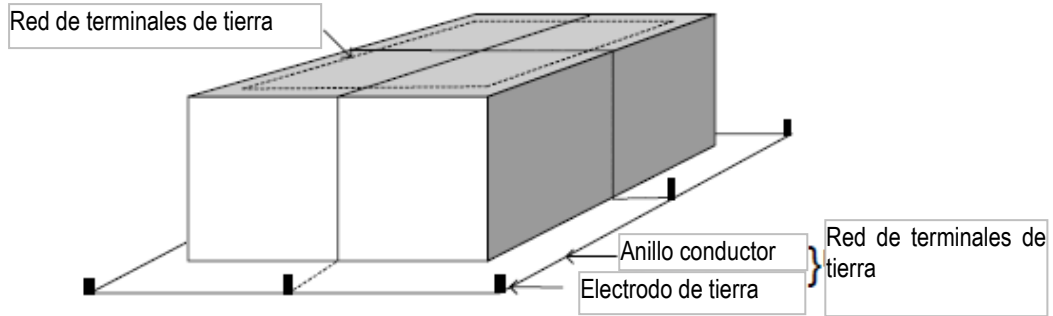


Gráfico C.3: Otros métodos de construcción

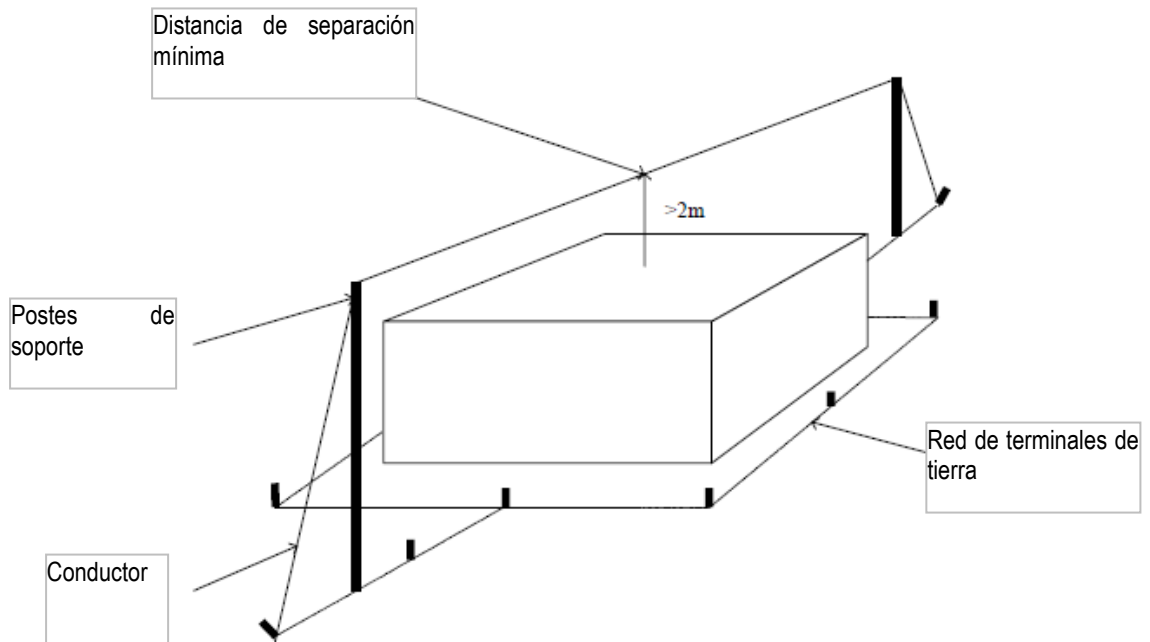


Gráfico C.4: Red de Terminales de Aire Suspendidas

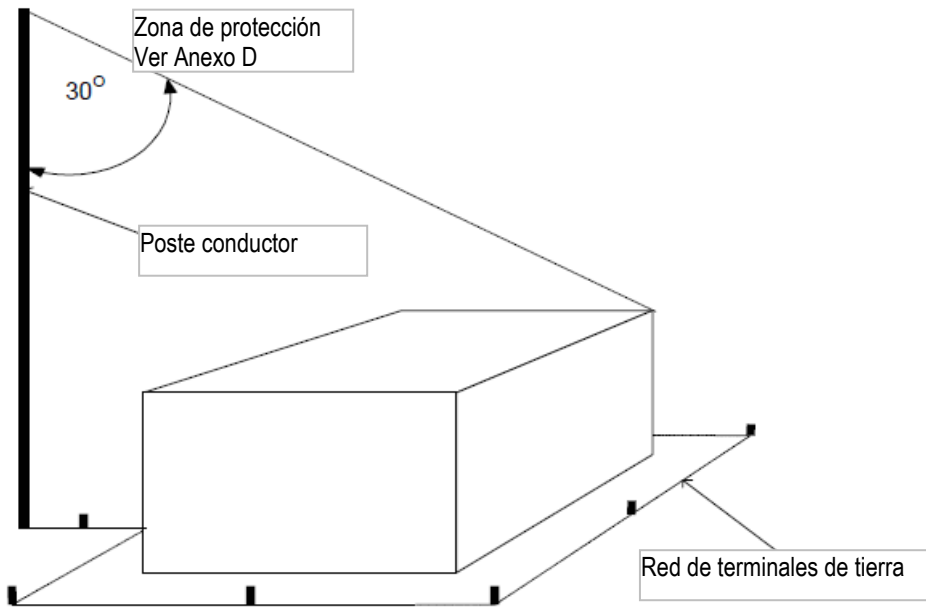


Gráfico C.5: Red de terminales verticales

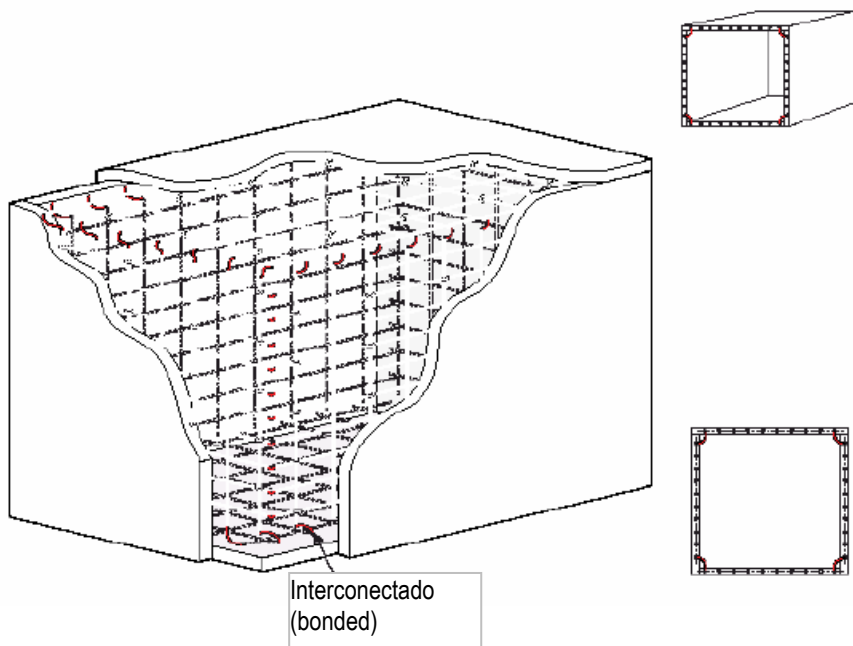


Gráfico C.6: Construcción de la jaula de Faraday

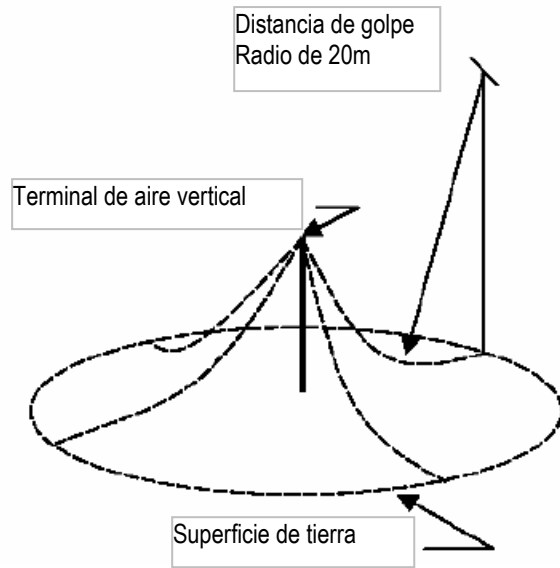


Gráfico C.7: Terminal de aire vertical - esfera rodante de 20m

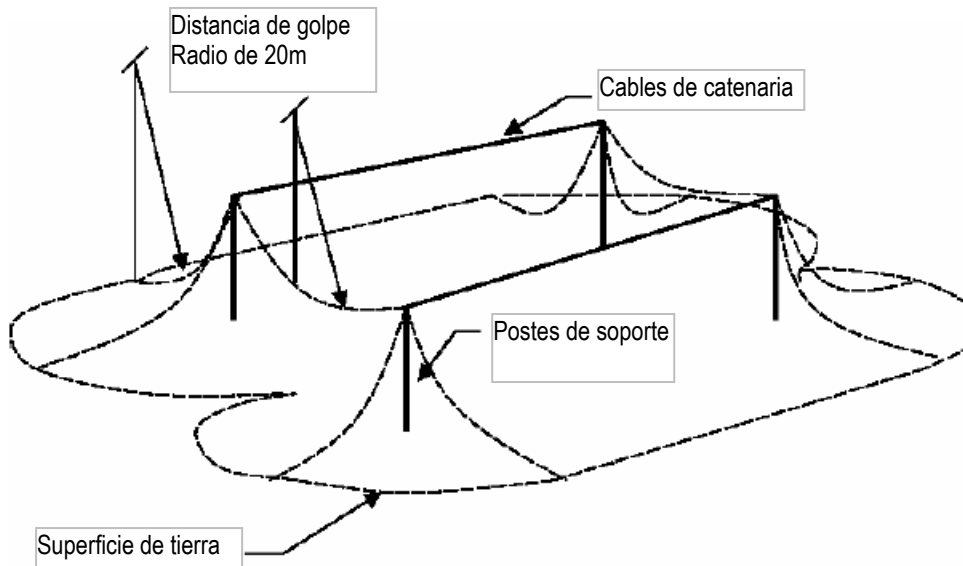


Figura C.8 Terminal de aire suspendido - esfera rodante de 20m

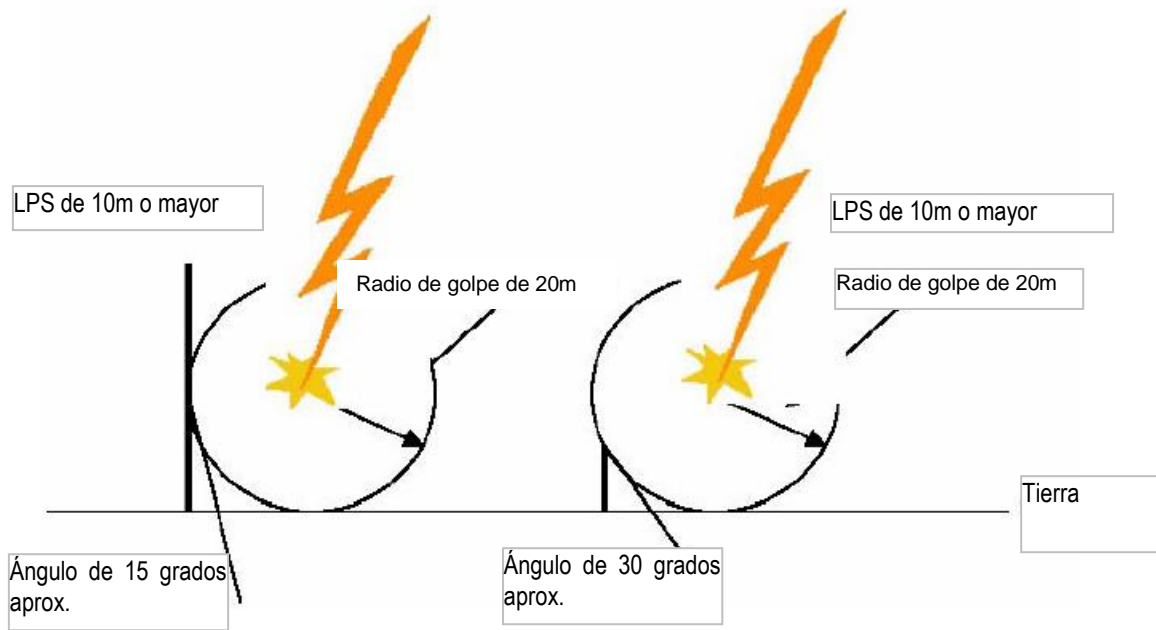


Gráfico C.9: El principio de la esfera rodante de 20m

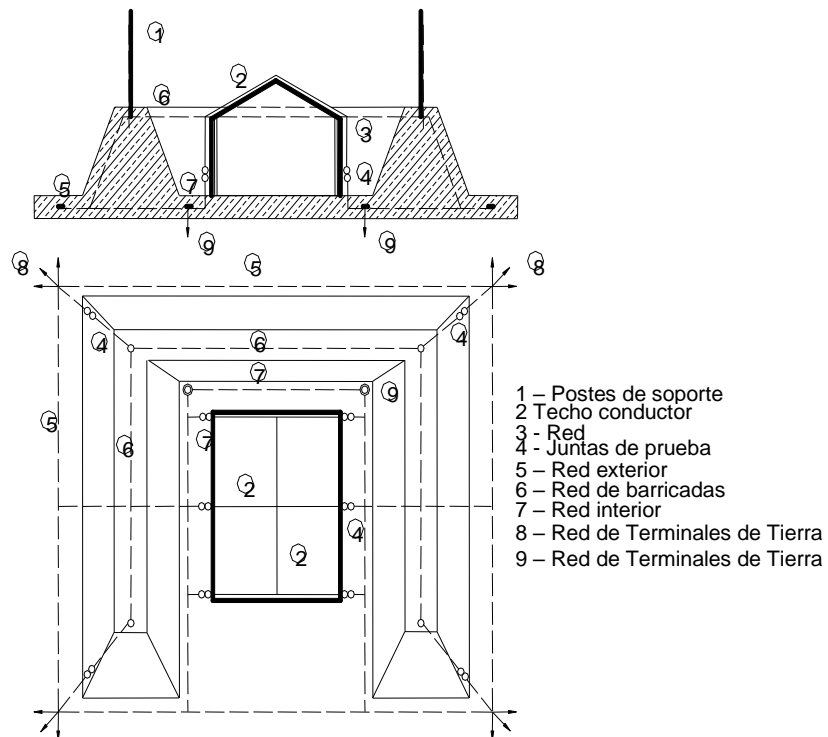


Gráfico C.10: Los dos niveles del Sistema de Protección Contra Rayos (LPS)

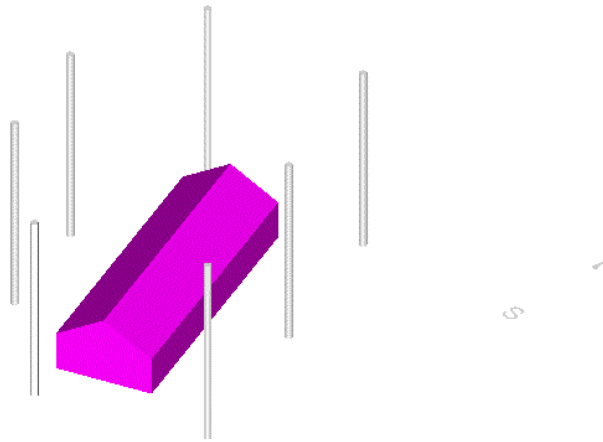
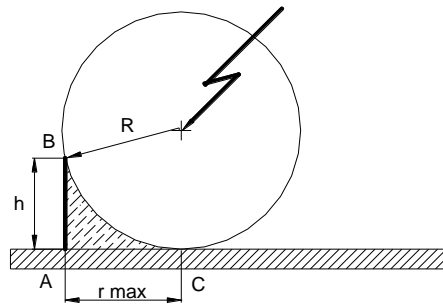
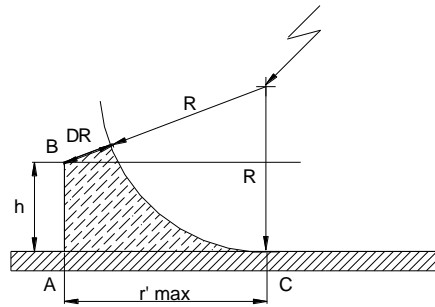


Gráfico C.11: Sistema de protección de postes de soporte alrededor de la instalación de las municiones



$$AC = r_{max} = \sqrt{h(2R - h)}$$

Gráfico C12: Área de protección del sistema de protección del poste de soporte



$$R' = R + \Delta R \text{ (m)}, \Delta R = v \Delta t \text{ (m)},$$
$$r'_{\max} = A C = \sqrt{h [2 (R + \Delta R) - h]} \text{ (m)}.$$

Gráfico C13: Área de protección del poste de soporte con LPS - Terminales de Emisión de Corriente Temprana

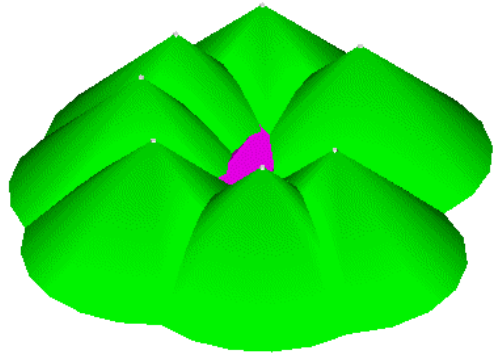


Gráfico C14: Instalación inadecuada de los postes de soporte alrededor de la instalación de las municiones

Anexo D (Informativas) Reglamentos vigentes de la UE

En la Tabla D.1 se indican las normas europeas (EN) que deberían aplicar las autoridades técnicas nacionales para las instalaciones eléctricas dentro de las instalaciones explosivas.¹⁶

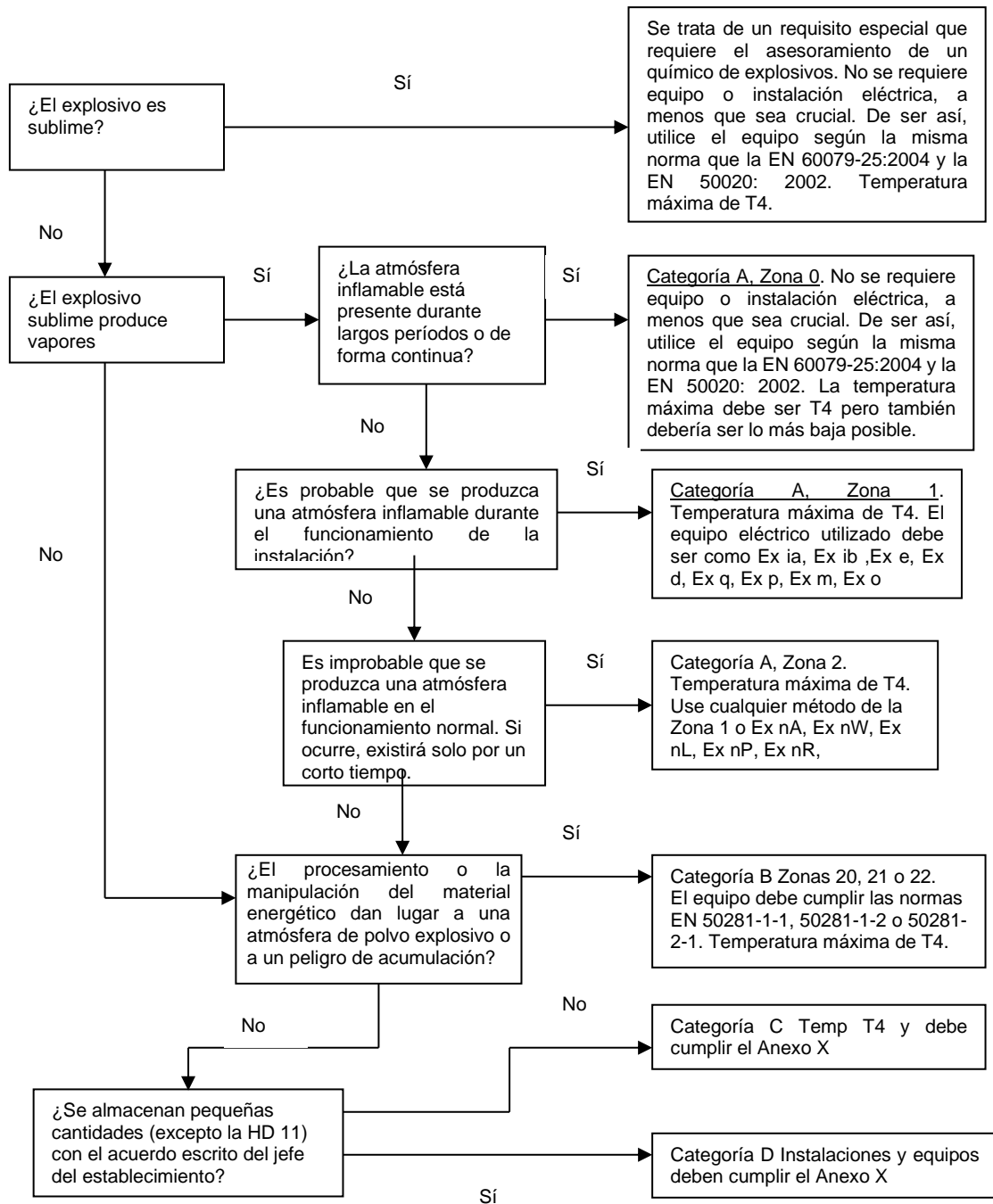
# de Norma EN	Título
EN 1127-1:1998	Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Conceptos básicos y metodología.
EN 1175:1998	Seguridad de las carretillas industriales. Requisitos eléctricos.
EN 1755:2000	Seguridad de las carretillas industriales Funcionamiento en atmósferas con riesgo de explosión. Utilización en ambientes con gases, nubes de vapor o polvos inflamables.
EN 1834-1:2000	Motores alternativos de combustión interna – Requisitos de seguridad para el diseño y la construcción de motores funcionando en atmósfera potencialmente explosiva – Parte 1: motores del grupo II utilizados en atmósferas de gas y de vapores inflamables
EN 1834-2: 2000	Motores alternativos de combustión interna – Requisitos de seguridad para el diseño y la construcción de motores funcionando en atmósfera potencialmente explosiva – Parte 2.
EN 10015:1992	Especificación básica. Protección de dispositivos sensibles a la electrostática. Parte 1. Requisitos Generales.
EN 20284:1993	Correas de transmisión. Conductividad eléctrica. Especificaciones y método de prueba.
EN 20344:2004	Equipos de protección personal. Métodos de ensayo para calzado.
EN 20345:2004	Equipo de protección individual. Especificación para el Calzado de seguridad.
EN 50014:1997	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Parte 1: Requisitos generales.
EN 50015:2002	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Inmersión en aceite "o".
EN 50016:1998	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Sobrepresión interna "p".
EN 50017:1998	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Relleno pulverulento "q".
EN 50018:2000	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Envoltorio antideflagrante "d". Sustituida por la norma 60079-1:2003, pero permanece vigente.
EN 50019:2000	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad aumentada "e". Sustituida por la norma 60079-7:2003, pero permanece vigente.
EN 50020:2002	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad intrínseca "i".
EN 50021:1999	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Tipo de protección "n". Sustituida por la norma 60079-15:2003, pero permanece vigente.
EN 50028	Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Encapsulado "m". Sustituida por la norma 60079-18:2003, pero permanece vigente.
EN 50281:1999 (Partes 1 y 2)	Aparatos eléctricos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles.
EN 60529:1992	Grados de protección proporcionados por las envoltorios (Código IP).
EN 60309-2:1992	Tomas de corriente para usos industriales.
EN 60702-1:2002	Cables con aislamiento mineral de tensión asignada no superior a 750 V.
EN 60079-0:2004	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Requisitos Generales.
EN 60079-1:2004	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 1: Envoltorios antideflagrantes "d".
EN 60079-7:2003	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Protección del equipo por seguridad aumentada "e".
EN 60079-10:2003	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de áreas peligrosas.
EN 60079-14:2003	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Instalaciones eléctricas en áreas peligrosas (a excepción de las minas).
EN 60079-15:2003	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Tipo de protección "n".

¹⁶ Estas han sido deliberadamente excluidas de la biografía del Anexo C a la IATG 01.10:2015[E]. *Guía de la IATG.*

# de Norma EN	Título
EN 60079-17:2003	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas en áreas peligrosas (a excepción de las minas).
EN 60079-18:2004	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Construcción, ensayo y marcado de material eléctrico del modo de protección por encapsulado "m".
EN 60079-25:2004	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Vehículos intrínsecamente seguros.
EN 60898:2003	Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades.
EN 60947-2:1996	Aparata de baja tensión. Parte 2. Interruptores.
EN 60947-5-1:2004	Aparatos electromecánicos para circuitos de mando.

Tabla D.1: Diseño técnico, pruebas y normas de construcción

Anexo E (Informativas) Selección de la categoría eléctrica correcta



Anexo F **(Informativas)**

Requisitos de los equipos y accesorios eléctricos de la Categoría C

F.1 Requisitos generales

Las siguientes recomendaciones pueden ser los criterios de selección del equipo para su uso en edificios de explosivos de la Categoría C. Los requisitos de las autoridades técnicas nacionales tendrán prioridad, pero estas recomendaciones se consideran la mejor práctica internacional.

F1.1 Supuestos y niveles de protección

Las recomendaciones se basan en el supuesto de que los envoltentes sin aberturas de ventilación no son necesariamente herméticas, sino que están construidas para cumplir los requisitos de construcción y las pruebas de tipo que se indican en los párrafos siguientes. Se supone que la protección contra la entrada de sólidos y líquidos que proporcionan los envoltentes cumple el IP 44 (véase la Tabla 5).

La temperatura de la superficie de diseño de los envoltentes en condiciones normales no debería exceder los niveles T4 y los radiadores llenos de agua o aceite no deberían exceder los niveles T6.

Todo equipo que cumpla una norma más exigente es aceptable en ambientes de Categoría C, siempre que cumpla los límites de temperatura de la superficie indicados anteriormente.

Las normas aceptables son:

- a) IP 45 – IP 68 (Tabla 5); y
- b) equipo de áreas peligrosas para las Zonas 0, 1, 2, 20, 21 o 22.

F.2 Construcción

Se debe cumplir los siguientes parámetros de construcción:

- a) los envoltentes deben estar hechas de metal o plástico;
- b) todos los materiales utilizados en la construcción incluyendo las ventanas de inspección y los transmisores de luz deben resistir la propagación de la llama;
- c) las cubiertas transparentes, incluyendo la ventanilla de inspección y los transmisores de luz, pueden ser de vidrio o de plástico. Deben ser asegurados positivamente al envoltente principal; y
- d) los envoltentes deberán estar provistas de conductos y/o entradas de cable apropiadas.

F.3 Prueba

Las pruebas de tipo se deberán hacer en un envoltente representativo, que es una condición nueva. Debe pasar todas las pruebas especificadas y cumplir los requisitos que solo pueden ser comprobados por la inspección. Las pruebas se llevarán a cabo a una temperatura ambiente de 25°C +/- 5 °C.

Los fabricantes deberán tener la acreditación ISO 9000 apropiada y certificarán que el equipo de producción cumple la especificación con la que se realizaron las pruebas de tipo.

F.3.1 Cronograma de prueba para la instalación y el equipo eléctrico

La prueba número 1 es para medir la protección contra la entrada de cuerpos extraños en el nivel IP40. Esta es una prueba de búsqueda hecha con un cable de acero de 1 mm de diámetro. Si el cable no puede entrar en el envoltente, se considerará que la prueba es satisfactoria.

La prueba número 2 es para probar la protección contra la entrada de líquido en el nivel IP04. La prueba asegura que el equipo esté protegido contra las salpicaduras de líquido desde cualquier dirección.

Las pruebas de resiliencia de los envoltentes, incluidas las piezas transmisoras de luz, deberían garantizar que soportan las energías de impacto indicadas en la Tabla F.1. Cada impacto debe realizarse con una masa de 1 kg que caiga desde la altura adecuada para proporcionar el impacto requerido. El percutor debe ser una esfera de acero templado de 25mm de diámetro.

El envoltente debe ser probada cuando esté completamente ensamblado y montado sobre una base rígida. Cuando el plano del impacto deba ser alterado, se debe mover la base para lograr la nueva posición deseada.

Componente	Energía de impacto (J)	Altura de caída (m)	Código EN50102
Guardas, tapas protectoras, campanas de ventilación y entradas de cable.	3.5	0.35	IK08
Envoltentes de plástico.	3.5	0.35	IK08
Envoltentes de metal ligero o de metal fundido.	3.5	0.35	IK08
Envoltentes de materiales distintos de los anteriores con un grosor de pared de menos de 1mm.	3.5	0.35	IK08
Partes de transmisión de luz sin guardas.	2	0.2	IK07
Partes de transmisión de luz con guardas.	1	0.1	IK06

Tabla F.1: Energías de impacto para prueba

F.4 Prueba de caída para equipos portátiles

Se dejará caer una muestra del aparato eléctrico del equipo portátil. El equipo se dejará caer cuatro veces desde una altura de 1m. La posición del equipo al caer debe ser una en la que se garantice el máximo daño por la caída, por ejemplo, sobre una esquina, un vidrio, etc. La caída debe hacerse sobre una superficie de concreto. La integridad del envoltente del aparato debe quedar estropeada, pero el equipo no tiene por qué ser necesariamente funcional después de la prueba.

Anexo G (Informativas) **Requisitos de los equipos y accesorios eléctricos de la Categoría D**

G.1 Generalidades

La categoría D comprende los edificios y salas donde se almacenan las cantidades autorizadas de explosivos, excepto el HD 1.1, con el acuerdo escrito del jefe del establecimiento. Los explosivos no deberán estar expuestos ni darán lugar a vapores inflamables o polvos explosivos.

G.1.1 Protección

La protección contra el ingreso de sólidos y líquidos proporcionada por los envolventes debe ser IP 44. Los envolventes, incluidos los transmisores de luz, deben ser capaces de soportar la energía del impacto como se requiere en la norma EN 50102, IK08.

G.2 Construcción

Los requisitos de construcción del equipo son los siguientes:

- a) todos los plásticos utilizados en la construcción incluyendo las ventanas de inspección y los transmisores de luz deben resistir la propagación de la llama;
- b) las cubiertas transparentes, incluidas las ventanas de inspección y los transmisores de luz, pueden ser de vidrio o de plástico, pero el material plástico debe cumplir los requisitos de propagación de la llama mencionados anteriormente. Deben ser asegurados positivamente al envoltente principal; y
- c) los envolventes deberán estar provistas de conductos y/o entradas de cable apropiadas.

Anexo H **(Informativas)**

Medición de la resistencia del suelo conductor y antiestático

H.1 Antecedentes

A fin de evitar una acumulación peligrosa de carga eléctrica, la trayectoria de disipación debe permitir una corriente que equilibre el peor caso de corriente de carga de 10^{-4} A., como mínimo. En varias normas se utiliza 100V como valor umbral y estas medidas de control electrostático se basan en el supuesto de que una persona por debajo de este potencial no presentará un peligro creíble para los explosivos.

Este límite se refleja en el diseño del medidor de prueba del personal de áreas riesgosas (HAPTM) en el régimen conductor que aplica 100V a través de la combinación sujeto de prueba - calzado - suelo. Sin embargo, es importante no hacer pruebas con voltajes significativamente superiores a 100V porque es probable que algunos de los elementos en el camino desde la superficie de contacto del suelo hasta el punto de la tierra no obedezcan la Ley de Ohm. En consecuencia, es probable que la impedancia efectiva de cualquiera de esos elementos disminuya con el aumento de su potencial. Esto significa que si la prueba se realiza a un potencial **superior** a 100V puede dar una falsa impresión de la eficacia del sistema de tierra.

H.2 Limpieza antes de la prueba

El jefe del establecimiento debe asegurarse y certificar por escrito que todos los explosivos han sido retirados de la instalación antes de que se permita la entrada de cualquier persona con equipo eléctrico al edificio. La limpieza del suelo es esencial para proporcionar integridad y extender la vida útil del material del suelo. Los contaminantes, como los aceites y las grasas, se pueden retirar utilizando un absorbente de derrames patentado y luego limpiarse como se describe a continuación. El suelo se debe limpiar antes de la prueba con materiales aprobados por el fabricante y se debe utilizar el siguiente método:

- a) preparar el limpiador de pisos según las instrucciones del fabricante;
- b) limpiar el suelo, ya sea de forma manual o con una fregadora de suelos con cepillos transversales horizontales únicamente. No utilizar máquinas con cepillos contrarrotativos porque concentran la suciedad en la unión de los cepillos y pueden incrustarla en el suelo;
- c) eliminar todos los rastros del agente limpiador enjuagando con agua limpia; y
- d) dejar secar el suelo.

H.3 Inspección del piso

Después de limpiar, se debe inspeccionar toda la superficie del suelo antes de proceder a la prueba. La inspección deberá:

- a) identificar las zonas desgastadas que deban ser reparadas o reemplazadas según sea necesario;
- b) identificar cualquier daño en el suelo que deba ser reparado o reemplazado según sea necesario;
- c) identificar si existen áreas de contaminación no eliminadas por la limpieza previa a la prueba. Estas deben limpiarse nuevamente; y

- d) trazar en la matriz que se muestra a continuación en la Figura H.1 el diseño de la instalación, los puntos de prueba elegidos y todas las áreas de desgaste, daño y contaminación. Incluir la posición de las conexiones desde la tierra de la instalación hasta el suelo. No se debe marcar el suelo. Se debe realizar una prueba por lo menos una vez en cada área del suelo que mida 1.5m x 1.5m.

H.4 Prueba del suelo conductor

El suelo debe medirse utilizando el siguiente régimen de prueba:

- a) llevar a cabo un control visual para confirmar la integridad eléctrica de la conexión del suelo al sistema de tierra de la instalación;
- b) confirmar que la continuidad eléctrica de la conexión del electrodo de tierra a la conexión del suelo conductor, en más de un punto, es inferior a 0.5 Ω . Puede ser necesario quitar cualquier cubierta protectora exterior de las conexiones antes de la prueba eléctrica;
- c) humedecer el punto de prueba con el agente tensioactivo;
- d) conectar un extremo del instrumento de prueba al punto de referencia de tierra del suelo y conectar el otro a la sonda de prueba móvil;
- e) medir la resistencia del suelo en cada punto de prueba y registrar el resultado en la matriz;
- f) cualquier resultado de más de 50k Ω quiere decir que el suelo no ha aprobado la prueba. Sin embargo, la relimpieza y las pruebas pueden curar los resultados marginales de las pruebas. Si esto no es satisfactorio, será necesario repararlo o reemplazarlo; e
- g) insertar la matriz completa en el registro del edificio.

H.5 Prueba de suelo antiestático

El suelo debe medirse utilizando el siguiente régimen de prueba:

- a) llevar a cabo un control visual para confirmar la integridad eléctrica de la conexión del suelo al sistema de tierra de la instalación;
- b) confirmar que la continuidad eléctrica de la conexión del electrodo de tierra a la conexión del suelo conductor, en más de un punto, es inferior a 0.5 Ω . Puede ser necesario quitar cualquier cubierta protectora exterior de las conexiones antes de la prueba eléctrica;
- c) conectar un extremo del instrumento de prueba al punto de referencia de tierra del suelo y conectar el otro a la sonda de prueba móvil;
- d) medir la resistencia del suelo (en seco) en cada punto de prueba y registrar el resultado en la matriz adjunta. Si algún resultado indica menos de 100k Ω , humedezca el punto de prueba utilizando el agente tensioactivo y vuelva a realizar la prueba para asegurarse de que ningún resultado sea inferior a 50k Ω ;
- e) si algún resultado indica más de 2M Ω , humedezca el punto de prueba usando el agente tensioactivo y vuelva a hacer la prueba para asegurarse de que ningún resultado sea mayor de 2M Ω ;
- f) todos los resultados deben estar entre 50k Ω y 2 M Ω , de lo contrario el suelo no habrá aprobado la prueba. Sin embargo, la relimpieza y las pruebas pueden curar los resultados marginales de las pruebas. Si esto no es satisfactorio, será necesario repararlo o reemplazarlo; e
- g) insertar la matriz completa en el registro del edificio.

H.5 Especificación del agente tensioactivo

Un agente tensioactivo de uso general puede estar formado por cuatro (4) partes en masa de polietilenglicol y una (1) parte en masa de agua destilada.

H.6 Equipo de pruebas

La sonda de prueba debe ser un electrodo de metal limpio de latón o cobre, con un diámetro de 25mm \pm 1mm y una masa de 225g \pm 15g.

H.6.1 Suelo conductor

Para medir la resistencia del suelo conductor, el instrumento de medición debería tener una tensión de circuito abierto de aproximadamente 100V de corriente continua (CC) y ser capaz de medir la resistencia entre los valores de 0 y 100k Ω con una resolución de 1k Ω o mejor y una precisión de \pm 5%. La prueba también deberá requerir cables de prueba de baja resistencia de suficiente longitud para abarcar todo el suelo de la instalación.

H.6.2 Suelo conductor

Para medir la resistencia del suelo antiestático, el instrumento de medición deberá tener un voltaje de circuito abierto de 100V DC y ser capaz de medir la resistencia entre 50k Ω y 100M Ω con una resolución de 5k Ω y una precisión de \pm 5%. La prueba también deberá requerir cables de prueba de baja resistencia de suficiente longitud para abarcar todo el suelo de la instalación.

Formato de resultados de prueba de suelo conductor (cada cuadro tiene lados de 1.5m)							
						Resultados de la prueba	
						Punto de medición	Valor (k Ω)
						1	
						2	
						3	
						4	

Gráfico H.1: Formato de ejemplo de prueba de suelo conductor

