

EPI disipativos en zonas con riesgo atex. Evita que “salte la chispa”

María del Carmen García Vico

Centro Nacional de Medios de Protección. INSST

Debido a su naturaleza impredecible y a su dificultad de detección, la electricidad estática es una de las fuentes de ignición más insidiosas que podemos encontrar en el ámbito laboral. Cuando nos encontramos en una zona peligrosa debido a la presencia de atmósferas explosivas (ATEX), la preceptiva evaluación de riesgos debe, entre otros aspectos, identificar y establecer los medios de control de cualquier foco de ignición, entre ellos los debidos a descargas electrostáticas, sin olvidar que incluso los equipos de protección individual (EPI) utilizados por los trabajadores son susceptibles de acumular cargas eléctricas en su superficie y dar origen a descargas de este tipo. El presente artículo tiene por objeto aportar criterios para la adecuada selección, uso y mantenimiento de EPI electrostáticamente disipativos para prevenir las descargas electrostáticas que pudieran tener su origen en ellos.

INTRODUCCIÓN

La electricidad estática es un **fenómeno que sucede desde siempre**; ya en el siglo VI a.C., el filósofo griego Tales de Mileto, fundador de la Escuela Jónica de Filosofía y uno de los siete sabios de Grecia, fue el primero que intuyó su existencia al descubrir que, si frotaba una barra de ámbar con la piel de un animal, esta atraía a objetos más livianos, como hojas secas, plumas e hilos de tejidos.

La electricidad estática, **presente tanto en la vida diaria como en el ámbito laboral**, es **invisible, discreta** y a menudo se manifiesta de manera inofensiva, pero siempre **insidiosa**. En el ámbito laboral puede ocasionar efectos

de distinta índole, incluyendo molestias e incomodidad de los trabajadores, fallos y mal funcionamiento de equipos electrónicos, accidentes de trabajadores por caídas, tropezones o contacto involuntario con maquinaria en movimiento como consecuencia de sacudidas electrostáticas, así como, en el caso más grave, **accidentes materializados cuando una descarga electrostática es un foco de ignición efectivo en presencia de una atmósfera explosiva (ATEX), dando lugar a un incendio o una explosión.**

Al evaluar las potenciales fuentes de ignición en una zona clasificada¹, en parti-

¹ Las áreas con riesgo de formación de atmósferas explosivas se clasifican en zonas en

cular las descargas electrostáticas, deben ser verificados, entre otros, los equipos de protección individual (en adelante EPI) utilizados por los trabajadores, prestando especial atención a los materiales con los que están fabricados y las situaciones que se pueden dar durante su uso (por ejemplo, frotamiento entre ellos o con otros materiales, apertura de velcros, quitarlos y ponerlos, limpieza). En este sentido, la normativa a tener en cuenta es la siguiente:

- **Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la**

función del tipo de sustancia que la origina, así como de la frecuencia y duración con que se presenta dicha atmósfera.

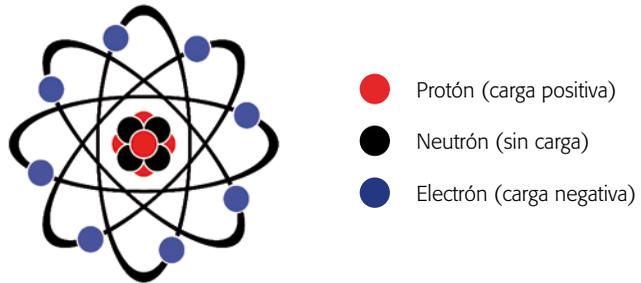
salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la formación de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, que establece, dentro de las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas, que se deberá proveer a los trabajadores de calzado antiestático y ropa de trabajo adecuada hecha de materiales que no den lugar a descargas electrostáticas que puedan causar la ignición de atmósferas explosivas.

- **Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo**, que especifica, en el Apartado 2.6. del Anexo II, que los EPI destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas estarán diseñados y fabricados de tal manera que no puedan dar origen a chispas o arcos eléctricos, electrostáticos o inducidos por un impacto que pudieran encender una mezcla explosiva.

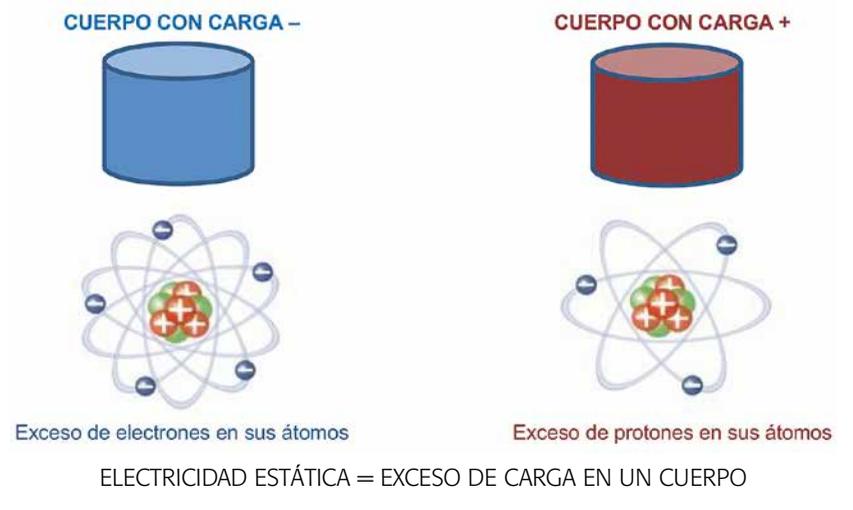
En el contexto que nos ocupa, el concepto “antiestático” hace referencia a un cuerpo que es incapaz de retener una carga eléctrica significativa cuando está conectado a tierra, lo que no implica que no se cargue, sino que permite que la carga se disipe a tierra a través de él; cuando hablamos de EPI antiestáticos, nos referimos a equipos con propiedades disipativas, por tanto, conductores dentro de unos márgenes².

² El Comité de la electricidad estática de CENELEC está intentando que se deje de usar la palabra “antiestático” y que, en su lugar, se emplee el término “disipativo” o “electrostáticamente disipativo”.

■ Figura 1 ■ Modelo atómico de Rutherford



■ Figura 2 ■ Cuerpos con electricidad estática



ELECTRICIDAD ESTÁTICA

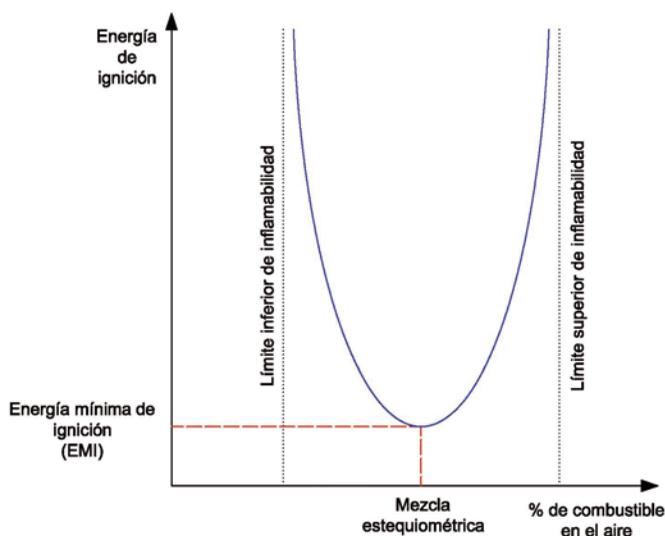
La electricidad estática es un fenómeno que se debe a una acumulación superficial de cargas eléctricas cuando entran en contacto o están próximos dos materiales cualesquiera inicialmente neutros. Todos los materiales están formados por átomos, estos tienen protones (carga +), electrones (carga -) y neutrones (sin carga), de modo que inicialmente son neutros, ya que la carga negativa de sus electrones se anula con la positiva de sus protones.

En determinadas circunstancias, podemos cargar un átomo positivamente si le quitamos electrones, o bien negativamente si le añadimos electrones. La magnitud y el signo de la carga resultante

dependen de varios factores: composición química, estado y estructura de la materia y conductividad del material. Este movimiento de electrones se puede conseguir por fricción entre dos materiales o por inducción.

- **Conducción (contacto o fricción).** Determinados objetos pueden cargarse eléctricamente tras ser frotados el uno contra el otro, ya que este contacto despoja de los electrones externos a uno y los transfiere al otro, quedando así uno cargado negativamente, mientras que el otro lo hace positivamente.
- **Inducción.** Puede ocurrir bien cuando acercamos un material ya cargado, normalmente aislante, bien por

■ **Figura 3** ■ Límites de inflamabilidad y energía de inflamación de una sustancia inflamable en función de su concentración en el aire



la presencia de un campo eléctrico, que provocan la redistribución de cargas eléctricas en un cuerpo conductor próximo, lo que se traduce en la aparición en este de cargas eléctricas inducidas, a pesar de que el objeto como tal no esté cargado.

La **electricidad estática** implica la existencia de un **desequilibrio entre cargas positivas y negativas** en los objetos, de modo que, si estos se encuentran a **diferente potencial**, bajo determinadas circunstancias, se puede producir una **descarga electrostática**, materializada en una **corriente eléctrica repentina y momentánea** entre ellos (por ejemplo, si una persona conectada a tierra toca un objeto conductor cargado que no lo está).

FOCOS DE IGNICIÓN EFECTIVOS POR DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS

Con carácter general, para que exista un riesgo de ignición efectivo, debido a una descarga electrostática, será necesario que se den las siguientes condiciones:

- 1º Existencia de una atmósfera inflamable.
- 2º Generación de cargas electrostáticas.
- 3º Acumulación de cargas.
- 4º Ocurrencia de descarga electrostática.
- 5º Suficiente energía de descarga.

Si se cumplen los cinco condicionantes anteriores, se debe estimar el riesgo de incendio y explosión; a continuación, se incluyen algunas consideraciones a tener en cuenta, particularizadas para las descargas electrostáticas que puedan tener su origen en los EPI utilizados por los trabajadores.

Existencia de una atmósfera inflamable

Desde el punto de vista de la ignición electrostática, únicamente se deben identificar aquellas atmósferas lo suficientemente sensibles como para ser encendidas por una descarga electrostática.

La cantidad de energía transferida durante la descarga electrostática determina la peligrosidad de la misma, de modo que, si alcanza el nivel de la energía mínima de ignición (EMI) de la atmósfera

explosiva, puede actuar como un foco de ignición.

Genéricamente, la relación entre la energía de ignición y la concentración del combustible en el aire se puede representar según la Figura 3. Nótese que la mezcla inflamable es más sensible a la ignición entre su límite inferior y su límite superior de inflamabilidad y que, a medida que la concentración de la sustancia combustible en aire se aproxima a ambos límites, la energía requerida para inflamar la mezcla se incrementa rápidamente.

De forma habitual, solo algunas atmósferas explosivas son suficientemente sensibles para ser inflamadas por una descarga electrostática. Estas atmósferas suelen estar formadas por gases, vapores disolventes o polvos finos combustibles. También son muy sensibles a la ignición electrostática los materiales explosivos y las sustancias en presencia de atmósferas enriquecidas de oxígeno.

Generación de cargas electrostáticas

La generación de cargas electrostáticas es intrínseca a numerosos procesos industriales, máxime considerando que la mayoría de ellos incluyen actividades rápidas y energéticas como el movimiento y el contacto/separación de superficies.

Entre los mecanismos de generación de cargas electrostáticas en el ámbito laboral encontramos los propios **movimientos de los trabajadores** (ropa frotando al levantarse de un asiento, manga frotando contra el cuerpo de una chaqueta, frotamiento de una pernera del pantalón contra otra, apertura de cierres de ropa con velcro, ...), teniendo la consideración además de cargas móviles que pueden acumularse en el trabajador y le acompañan en sus desplazamientos.

Acumulación de cargas

Independientemente de la forma en que se generen las cargas electrostáticas (conducción o inducción), estas se acumularán o se disiparán dependiendo, en general, de la conductividad de los materiales involucrados y de la facilidad con que se produzca su conducción a tierra.

El cuerpo humano, a efectos de cargas electrostáticas, conduce relativamente bien la corriente eléctrica, pudiendo asimilarse a un condensador capaz de almacenar energía. La acumulación de cargas electrostáticas en el cuerpo de una persona supone un problema debido a que en sus desplazamientos puede introducir potenciales peligrosos en áreas clasificadas.

Una persona se puede modelar como un condensador en paralelo con dos resistencias (Figura 4). La capacitancia (C)

del cuerpo humano está habitualmente en el rango de 100-300 pF; R_{calzado} y R_{suelo} son, respectivamente, la resistencia del calzado y del suelo a tierra. El tiempo de carga y descarga electrostática de un trabajador viene dado por el producto $(R_{\text{calzado}} + R_{\text{suelo}}) \times C$, de modo que **un factor importante para evitar la acumulación de carga peligrosa sobre el cuerpo del trabajador será limitar los valores de resistencia calzado/suelo** (se recomienda un **valor máximo de $10^8 \Omega$** , que proporcionaría tiempos de descarga iguales o inferiores a 0,06 s).

En la estimación de la acumulación de cargas en personas hay que tener en cuenta, entre otros factores, la **humedad ambiental** (inversamente proporcional a la probabilidad de carga), el **tipo de suelo** (cuanto más aislante, mayor probabilidad de carga), el **estado físico del trabajador** (a mayor humedad

superficial, sudoración y humedad de la piel, mayor disipación de cargas), los **movimientos del trabajador** (caminar, levantarse del asiento, quitarse y ponerse EPI), la **interacción del trabajador con los elementos de su entorno** (especialmente con aquellos susceptibles de cargarse) y la **conductividad de la vestimenta** (el uso de fibras sintéticas favorece la acumulación de cargas).

Ocurrencia y energía de descarga electrostática

De los cuatro tipos de descargas electrostáticas que se deben considerar desde el punto de vista del riesgo de ignición³ (chispa, descargas en brocha, descargas en abanico propagante y descargas en cono), las que se presentan habitualmente **“desde o hacia personas”** son las **descargas en chispa y en brocha**, que se producen básicamente entre:

- Una persona en contacto con tierra y un cuerpo conductor o aislante cargado.
- Una persona cargada y un conductor conectado a tierra.
- Una persona cargada y un conductor aislado (inducción).

En la Tabla 1 se refleja, a grandes rasgos, la energía de la descarga electrostática previsible en función del tipo de descarga más habitual “desde o hacia” personas.

PRINCIPAL MEDIDA DE CONTROL: PUESTA A TIERRA

Actuaciones de control sobre alguna o varias de las cinco condiciones necesarias, ya mencionadas anteriormente, que posibilitan la aparición de un foco de

³ En general, las descargas en corona no se consideran peligrosas en zonas clasificadas.

■ Figura 4 ■ Modelo electrostático del cuerpo humano. Mecanismos de generación de carga por movimientos, caminar, etc.

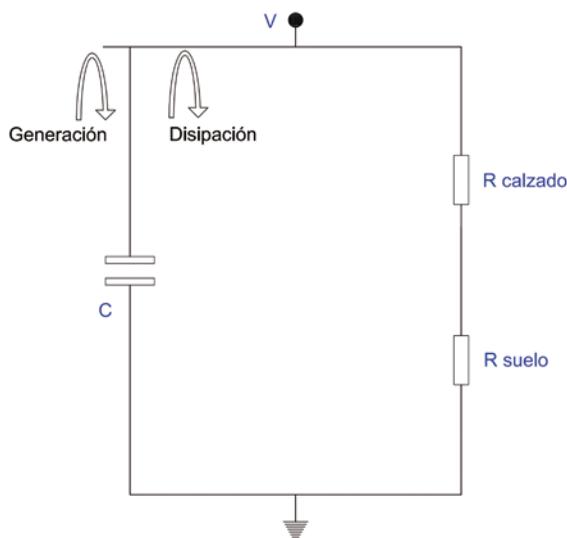
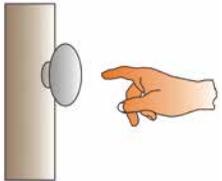
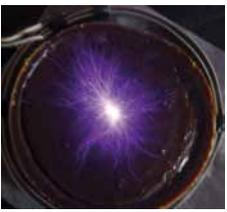


Tabla 1 ■ Tipos principales de descarga “desde o hacia personas” y su relevancia en el riesgo de ignición

Tipo de descarga	Rango de energía	Ocurrencia	Riesgo de ignición
<p>Chispa</p> 	Hasta varios J (puede superar los 100 mJ, excepto entre personas, que no suele superar los 10 mJ)	Entre objetos conductores que se mantienen aislados (no conectados a tierra)	Inflamación de gas/vapor y polvo de baja resistividad (incluidos los nanomateriales)
<p>Brocha⁴</p> 	Hasta pocos mJ (no suele superar los 4 mJ)	Desde un material aislante cargado a un conductor	Inflamación de gas/vapor pero no suele ser capaz de inflamar nubes de polvo

ignición efectivo por descargas electrostáticas, se consideran suficientes para minimizar el riesgo de incendio y explosión. En este sentido, la medida más efectiva a considerar es **evitar la acumulación de cargas**, de modo que la **adecuada puesta a tierra** se convierte, sin duda, en la **principal e inexcusable protección contra las descargas electrostáticas**.

La protección frente a las descargas “de o hacia personas” no es una excepción a la premisa anterior; es fundamental que el personal que desarrolla su trabajo en zonas con atmósferas explosivas (ATEX) con EMI menor de 10 mJ⁵ esté debidamente puesto a tierra, si bien

puede existir riesgo de descargas electrostáticas procedentes de su ropa y otros EPI que porte.

Al poner a tierra objetos o materiales conductores o disipativos, incluidas las personas, lo que hacemos es intentar igualar su potencial eléctrico con el de tierra; no obstante, alguna diferencia de potencial se mantendrá, de forma que tendremos que conservarla dentro de unos límites para garantizar que no se pueda producir una descarga electrostática peligrosa.

En general, se acepta un valor límite máximo de 100 MΩ de la resistencia a tierra (considerando que la corriente de carga raramente excede de 1 μA y usando 100 V como límite para la segura disipación de la electricidad estática). No obstante, para la manipulación de explosivos este límite baja hasta 100 kΩ.

También se establece un valor mínimo de la resistencia de puesta a tierra entre 100 kΩ y 1 MΩ con objeto de prevenir el paso de corrientes eléctricas peligro-

sas por el cuerpo del trabajador cuando entra en contacto accidental con alguna parte activa de la instalación eléctrica en su lugar de trabajo. En caso de conflicto entre la necesidad de prevenir el riesgo electrostático, limitando el valor máximo de la resistencia a tierra, o el riesgo de electrocución, estableciendo un valor mínimo, la evaluación de riesgos determinará qué riesgo es más determinante. Por ejemplo: si se manejan explosivos con energía de ignición menor de 1 mJ, el riesgo de electrocución es insignificante frente al riesgo de explosión por descarga electrostática.

La puesta a tierra se puede conseguir básicamente de dos formas:

- a) Uso de calzado conductor o antiestático con suelo conductor o disipativo. Es el único sistema práctico si las tareas implican moverse dentro de la zona clasificada; aun así, hay que prestar atención a aquellas actividades que pueden comprometer la citada puesta a tierra a través del conjunto calzado-suelo (por ejemplo, para el trabajo sentado o de rodillas).
- b) Uso de cordones de puesta a tierra conectados directamente al cuerpo del trabajador o indirectamente a través de la ropa u otros EPI. Este sistema es más funcional si se debe permanecer en una zona concreta o donde la zona clasificada es pequeña.

Como ya se ha indicado anteriormente, aunque el trabajador esté puesto a tierra puede existir riesgo de descargas electrostáticas procedentes de su ropa y otros EPI. No se debe impedir la conexión eléctrica entre su cuerpo y las partes conductoras o disipativas de los EPI, advirtiéndole de que no lleve tipos de ropa interior u otros equipos que puedan comprometerla. Por ejemplo: la ropa de protección con propiedades disipativas de una sola

4 Imagen cortesía de Jeff Behary (www.electrotherapymuseum.com), EE UU.

5 Considerando una capacitancia media de 150 pF para el cuerpo humano y la tensión más desfavorable que puede adquirir una persona (20kV), se obtienen 30 mJ de energía almacenada. La piel humana tiene una elevada resistencia, de modo que 2/3 de la citada energía se pierden; así, las descargas procedentes del cuerpo humano podrían llegar a liberar una energía máxima del orden de 10 mJ.

Tabla 2 ■ Algunos ejemplos de situaciones de alta y baja probabilidad de carga que pueden darse al usar un EPI

Situación	Probabilidad de carga	Comentarios
EPI frotado al levantarse del asiento	Alta	—
EPI frotando contra otro EPI llevado por la misma persona, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Manga frotando contra el cuerpo de la chaqueta. • Una pernera del pantalón frotando contra la otra. • Ropa frotando contra un arnés anticaídas. 	Alta	La carga ocurre entre las fibras de la ropa (por ejemplo, la capa interior de la chaqueta en la camisa). El riesgo electrostático es bajo siempre que las fibras frotadas no se separen (por ejemplo, siempre que no se quite la chaqueta, no se abra o no esté excesivamente holgada).
Exposición del EPI a nieblas de aerosoles, por ejemplo, pintura en espray.	Alta	—
Exposición del EPI a espray cargados o partículas provenientes de extintores.	Alta	—
Cascos no sometidos normalmente a frotamiento.	Baja	—
Quitar el casco – arnés frotado contra el pelo.	Alta	Los EPI no se deben quitar en zonas clasificadas.
Limpieza de viseras.	Alta	—
Apertura de velcro.	Alta	Los EPI no se deben abrir en zonas clasificadas.
EPI con elementos aislantes aislados expuestos a campos eléctricos o electrostáticos.	Baja	El material aislante no es fácilmente cargable por inducción por exposición a campos elevados.
EPI con elementos conductores aislados expuestos a campos eléctricos o electrostáticos.	Alta	Se pueden inducir voltajes peligrosos en las zonas conductoras aisladas. Estos componentes deben ser puestos a tierra o tener baja capacitancia como para que no ocurran descargas peligrosas.

capa llevada cerca de la piel, tan ajustada como sea posible, puede mantenerse puesta a tierra por contacto directo con el cuerpo; si la ropa tiene varias capas y únicamente la exterior tiene propiedades disipativas, es habitual que disponga de puños de material conductor o disipativo que contacta en la muñeca con la piel del trabajador, o incluso los cubrepantalones o monos con propiedades disipativas suelen disponer de tiras conductoras que los conectan con el calzado conductor o antiestático.

Cuando la puesta a tierra no es posible, se puede emplear la conexión equipotencial para igualar el potencial eléctrico de los elementos conductores o disipativos con tierra.

EVALUACIÓN DE RIESGOS

Conforme con el artículo 4 del Real Decreto 681/2003, la empresa evaluará los

riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, considerando, al menos:

- La probabilidad de formación y duración de la atmósfera explosiva.
- La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.
- Las descargas electrostáticas pueden darse tanto por las condiciones de desarrollo del proceso como por carga acumulada en los trabajadores, por ello tendrán que evaluarse todas las circunstancias en que puedan producirse dichas descargas electrostáticas.
- La evaluación deberá incluir los mecanismos y probabilidad de carga de los trabajadores debido a la ropa que portan o al uso de otros EPI, teniendo en cuenta sus hábitos y sus prácticas de trabajo normales. A modo ilustrativo, en la Tabla 2 se incluyen algunos ejemplos de diferentes situaciones, clasificándolos según su probabilidad de carga.

- Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.
- Las proporciones de los efectos previsibles.

Como ya se ha indicado, cuando se considera el riesgo por descargas electrostáticas procedentes de equipos no eléctricos, tales como los EPI, el parámetro relevante es la sensibilidad de la atmósfera explosiva, caracterizada por su EMI, que, además, tiene una correspondencia con los grupos de explosión. En este sentido, en función de los resultados de la evaluación de riesgos, considerando la combinación de la probabilidad de ocurrencia de una atmósfera explosiva, la probabilidad de que ocurra un mecanismo de descarga y la sensibilidad a la ignición de dicha atmósfera, se puede utilizar la Tabla 3 como orientación para determinar cuándo es necesaria la utilización de EPI frente a riesgos electrostáticos.

■ **Figura 5** ■ Situación con alta probabilidad de carga por exposición del EPI a nieblas de aerosol



En la fabricación, almacenamiento y manipulación de explosivos la principal defensa contra las descargas electrostáticas peligrosas es también la adecuada puesta a tierra de las personas, si bien se limita el valor de la resistencia a tierra, aceptando que, si la energía de activación es superior a 450 mJ, no se requiere habitualmente el uso de EPI disipativos; si, por el contrario, se encuentra entre 1 mJ y 450 mJ, sí que se recomienda su uso.

Debemos enfatizar en el hecho de que, aunque la evaluación de riesgos

■ **Tabla 3** ■ Recomendaciones de uso de EPI disipativos

Clasificación zona ^a	Probabilidad de carga	0,016 mJ ≤ EMI ≤ 0,2 mJ Grupos explosión IIB, IIC	EMI > 0,2 mJ	
			Grupos explosión IIA, IIB	Grupos explosión IIIA, IIIB, IIIC
Zona 0	Alta	Necesario	Necesario	-
	Baja			
Zona 1	Alta	Recomendable	Recomendable	-
	Baja			
Zona 2	Alta	No necesario	No necesario	-
	Baja			
Zonas 20, 21, 22	Alta	-	-	No necesario
	Baja			

- La EMI de una atmósfera enriquecida en oxígeno puede ser inferior a la EMI de las sustancias inflamables habituales. Si se determina que puede aparecer una atmósfera enriquecida en oxígeno (operaciones de soldadura, aplicaciones médicas...), se deberá tener en cuenta esta consideración en la evaluación de riesgos.
- Se debe consultar a expertos si la atmósfera explosiva tiene una EMI inferior a 0,016 mJ (valor inferior para una atmósfera explosiva hidrógeno/aire).
- Hay que tener cuidado cuando se comparan valores de EMI porque hay cierta incertidumbre inherente a la medida y diferentes métodos pueden no dar lugar a resultados comparables. Se debe consultar con un experto cuando el valor de la EMI está próximo al de la mezcla hidrógeno/aire.
- Si la atmósfera explosiva es del grupo IIB pero la EMI es desconocida, se pueden usar las indicaciones 0,016 mJ ≤ EMI ≤ 0,2 mJ

NOTA 1: existe una gran probabilidad de carga cuando la ropa entra regularmente en contacto con superficies externas, en particular cuando los materiales están distanciados en la serie triboeléctrica.

NOTA 2: cuando se especifica "No necesario", la puesta a tierra de las personas y otros conductores sigue siendo necesaria.

NOTA 3: la ropa de protección disipativa de la electricidad estática cumpliendo las especificaciones de EN 1149-5 es segura para su uso en todas las áreas clasificadas reflejadas en la tabla.

NOTA 4: el presente estado del conocimiento indica que polvos y granos no son inflamables con descargas en brocha.

^a Clasificación de zonas conforme a la Directiva 1999/92/CE.

Tabla 4 ■ Restricciones de áreas y anchuras de materiales sólidos aislantes en zonas con riesgo ATEX

Zona ^a	Grupo I ^b		Grupo IIA ^c		Grupo IIB ^c		Grupo IIC ^c	
	Área máxima (mm ²)	Anchura máxima (mm)	Área máxima (mm ²)	Anchura máxima (mm)	Área máxima (mm ²)	Anchura máxima (mm)	Área máxima (mm ²)	Anchura máxima (mm)
0	10.000	30	5.000	3	2.500	3	400	1
1			10.000	30	10.000	30	2.000	20
2			Sin limitación de dimensiones					

^a Clasificación de zonas conforme al Real Decreto 681/2003.

^b Grupo I son gases y vapores encontrados típicamente en minas bajo tierra.

^c Grupo II subdivisiones:

IIA: propano como gas representativo, hexano como vapor

IIB: etano como gas representativo, éter dietílico como vapor

IIC: hidrógeno como gas representativo, sulfuro de carbono como vapor

Tabla 5 ■ Valores máximos de capacidad eléctrica permitida en zonas con atmósferas explosivas

	Grupo I	Grupo IIA	Grupo IIB	Grupo IIC	Grupo III	Condiciones adicionales
Zona 0	10 pF	3 pF	3 pF	No se permiten objetos conductores aislados	—	Sin procesos de alta carga
Zona 1		6 pF	3 pF	3 pF		
Zona 2		No existen requerimientos si es improbable que se produzcan los procesos de carga susceptibles de producir potenciales peligrosos durante el funcionamiento normal, incluido el mantenimiento y la limpieza.				
Zonas 20, 21 EMI < 10mJ		6 pF	—	—	6 pF	
Zonas 20, 21 EMI > 10mJ		10 pF			10 pF	
Zona 22				No existen requerimientos si es improbable que se produzcan los procesos de carga susceptibles de producir potenciales peligrosos durante el funcionamiento normal, incluido el mantenimiento y la limpieza.		

Tabla 6 ■ Pictograma y requisitos de ropa disipativa conforme a UNE-EN 1149-5

UNE-EN 1149-5	
Pictograma específico de marcado	Requisitos
 <p>Pictograma ISO 7000 - 2415</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material homogéneo: Resistencia superficial (R_s) $\leq 2,5 \cdot 10^9 \Omega$ • Material heterogéneo (por ejemplo: tejidos de fibras con alma conductora): Tiempo de semidisipación de carga ($t_{50\%}$) < 4 s o bien Factor de protección $S > 0,2$

Tabla 7 ■ Pictograma y requisitos de guantes disipativos conforme a UNE-EN 16350

UNE-EN 16350	
Pictograma específico de marcado	Requisitos
Marcado conforme UNE-EN 420 ⁶	Resistencia vertical (R_v) $< 10^8 \Omega$

arroje la necesidad de utilización de EPI de protección frente al riesgo electrostático en zonas clasificadas, esto no implica, bajo ningún concepto, la sustitución de la adecuada puesta a tierra del trabajador.

SELECCIÓN DE EPI DISIPATIVOS

Ropa de protección

La ropa de protección disipativa debe constituir la capa más externa de la ropa que lleve el trabajador y encontrarse conectada a tierra a través de su cuerpo o mediante una conexión directa a tierra.

⁶ La versión en vigor de la norma UNE-EN 420:2004 + A1:2010 + Erratum:2011 no incluye pictograma específico; no obstante, se está trabajando en la norma PNE-EN ISO 21420:2020 "Requisitos generales y métodos de ensayo" (ISO 21420:2020), que la anulará, y esta sí incorpora el pictograma específico ISO 7000-2415.

La ropa que se utilice debajo, y quede totalmente cubierta por ropa de protección disipativa, no necesita serlo también, siempre que no interfiera con la continuidad eléctrica entre el cuerpo y la ropa de protección frente al riesgo electrostático.

En función de los resultados de la evaluación de riesgos, para proteger a la plantilla de los efectos térmicos de una eventual explosión, la ropa debería incorporar protección contra el calor y la llama.

Si las prendas incorporan etiquetas, bandas reflectantes, etc., deberán estar adheridas permanentemente a la ropa y, en el caso de que se trate de material aislante, deberán tenerse en cuenta las limitaciones dimensionales establecidas en la Tabla 4.

El uso de metales y otros elementos conductores tales como cremalleras, hebillas, botones, etc. está permitido siempre que estén cubiertos por material externo de

protección frente al riesgo electrostático. No obstante, si existen pequeñas partes conductoras en la ropa, sin cubrir, que queden expuestas por razones operativas, necesariamente estarán conectadas a tierra a través de la ropa y el trabajador, salvo que la capacidad eléctrica del accesorio esté dentro de los límites especificados en la Tabla 5.

La norma armonizada de producto UNE-EN 1149-5 establece los requisitos que debe cumplir la ropa de protección con propiedades electrostáticas como parte de un conjunto puesta a tierra. Las normas técnicas UNE-EN 1149-1 a 3 incluyen métodos de ensayo normalizados para medir propiedades electrostáticas: resistividad superficial y tiempo de disipación de carga de los materiales empleados en las prendas; la parte 4 (actualmente en desarrollo) incluirá métodos de ensayo para la prenda completa.

Guantes de protección

Para cualquier trabajador que se encuentre en una zona ATEX adecuadamente conectado a tierra, no hay riesgo de que se produzca una descarga a través de sus manos, ya que cualquier objeto que sostenga en sus manos "desnudas" estará conectado a tierra a través del cuerpo, es decir, no es necesario el uso de guantes únicamente para la protección frente al riesgo electrostático. No obstante, si la preceptiva evaluación de riesgos establece la necesidad de uso de guantes de protección frente a otros riesgos (químico, mecánico, calor o llama, etc.) o para mejorar la manipulación manual (agarre, confort, etc.), se valorará la necesidad de que estos guantes incluyan también propiedades electrostáticas (véase la Tabla 3).

La norma armonizada UNE-EN 16350 incluye un método de ensayo para medir la resistencia eléctrica a través del material (resistencia vertical) y los requisitos que deben cumplir los guantes de protección con propiedades electrostáticas.



Calzado

Para conseguir la conexión del trabajador a tierra, evitando que se cargue electrostáticamente, se debe usar calzado antiestático o calzado conductor conjuntamente con un suelo disipativo.

El calzado antiestático minimiza la acumulación de carga electrostática mediante la disipación de dicha carga, su resistencia está comprendida entre 100 k Ω y 1 G Ω , de modo que su límite superior es lo suficientemente bajo como para evitar la acumulación electrostática en la mayoría de las situaciones y el límite inferior ofrece cierta protección en el caso de contacto eléctrico accidental (protección limitada en caso de defecto eléctrico en algún equipo hasta 250 V). Es adecuado para uso general.

El calzado conductor tiene una resistencia muy baja (≤ 100 k Ω) y se recomienda su uso cuando es necesario minimizar la carga en el menor tiempo posible (si la EMI de la zona ATEX es muy baja). No es adecuado para uso general

y no ofrece protección alguna frente al riesgo de contacto eléctrico accidental.

Los requisitos para calzado conductor y antiestático están incluidos en las normas técnicas armonizadas UNE-EN ISO 20345, UNE-EN ISO 20346 y UNE-EN ISO 20347.

Si existen pequeñas partes conductoras aisladas en el calzado, deberán cumplir las limitaciones de capacidad eléctrica recogidas en la Tabla 5.

Otros EPI

Las normas de producto del resto de EPI no contienen requisitos específicos para la protección frente a los riesgos electrostáticos. En estos casos, se puede recurrir a:

- UNE-EN 1149-5 para su evaluación, siempre y cuando los materiales se puedan ensayar usando los métodos de ensayo especificados en UNE-EN 1149-1 o en UNE-EN 1149-3. Será de

aplicación, en general, a los EPI que estén fabricados con material flexible.

- CEN/CLC/TR 60079-32-1 y EN 60079-32-2 que proporcionan métodos de ensayo estándar utilizados para el control de la electricidad estática. Su aplicación se ceñirá a los EPI contruidos con material rígido. En los equipos de protección de la cabeza, protección auditiva (a excepción de los tapones que son, en general, demasiado pequeños



para requerir precauciones frente al riesgo electrostático), protección ocular y facial, protección respiratoria y los de protección contra caídas, fabricados con material rígido, se deberán evaluar sus propiedades electrostáticas aplicando dichos métodos de ensayo.

Como venimos reiterando, las pequeñas partes conductoras aisladas deberán cumplir las limitaciones de capacidad eléctrica recogidas en la Tabla 5.

UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EPI DISIPATIVOS

Con carácter general, para el **almacenamiento, limpieza, mantenimiento y reparación** se deben seguir las indicaciones facilitadas por el fabricante en el **manual de instrucciones** del EPI.

Especial atención merece el uso de calzado conductor o disipativo como uno

de los elementos esenciales para conseguir la puesta a tierra del trabajador (junto con el suelo conductor), siendo de **vital importancia la limpieza de la suela** para mantenerla libre de cualquier sustancia susceptible de aumentar su resistencia eléctrica. En esta misma línea, se deben vigilar todas aquellas superficies de los EPI que contribuyen al permanente contacto con tierra (puños de ropa de protección disipativa, arneses de pantallas faciales, etc.). ●

■ Bibliografía ■

- [INSST, 2020. NTP-1138. Equipos de protección individual disipativos en zonas con riesgo de explosión \(I\): criterios generales de selección.](#)
- [INSST, 2020. NTP-1139. Equipos de protección individual disipativos en zonas con riesgo de explosión \(II\): selección, uso y mantenimiento.](#)
- CEN/CLC/TR 16832:2015. Selection, use, care and maintenance of personal protective equipment for preventing electrostatic risks in hazardous areas (explosion risks).
- Fpr CLC/TR 60079-32-1:2018. Explosive atmospheres – Part 32-1: Electrostatic Hazards – Guidance (IEC/TS 60079-32-1:2013).
- EN 60079-32-2:2015. Explosive atmospheres - Part 32-2. Electrostatic hazards – Tests (IEC 60079-32-2:2015).
- CEN/CLC/TR 5404:2003. Electrostatics – Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity.
- [INSHT, 2010. NTP-887. Calzado y ropa de protección “antiestáticos”.](#)
- [INSSBT, 2018. Con paso firme. Calzado de protección frente al riesgo eléctrico. Folleto F.28.1.18.](#)
- UNE-EN IEC 61340-4-5:2018. Métodos de ensayo normalizados para aplicaciones específicas. Métodos para la caracterización de la protección electrostática del calzado y el suelo en combinación con una persona.
- [INSHT, 2015. Riesgos debidos a la electricidad estática. Documento Divulgativo DD.76.1.15.](#)
- [Guía de buenas prácticas para la aplicación relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas de la Directiva 1999/92/CE. Comisión Europea 2005.](#)
- INSHT, 2017. El riesgo debido a la electricidad estática: ¿en qué consiste?, ¿cómo y cuándo se debe controlar? Marcos Cantalejo García. [Seguridad y Salud en el Trabajo, N° 91, Julio 2017](#), p. 6-20.
- [INSHT, 2000. NTP-567. Protección frente a cargas electrostáticas.](#)
- UNE-EN 1149-1:2007. Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 1: Método de ensayo para la medición de la resistividad de la superficie.
- UNE-EN 1149-2:1998. Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 2: Método de ensayo para medir la resistencia eléctrica a través de un material (resistencia vertical).
- UNE-EN 1149-3:2004. Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 3: Métodos de ensayo para determinar la disipación de la carga.
- UNE-EN 1149-5:2018. Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 5: Requisitos de comportamiento de material y diseño.
- UNE-EN 16350:2014. Guantes de protección. Propiedades electrostáticas.
- UNE-EN 420:2004 + A1:2010. Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo.
- UNE-EN 420:2004 + A1:2010 Erratum: 2011. Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo.
- PNE-EN ISO 21420:2020. Requisitos generales y métodos de ensayo (ISO 21420:2020).
- UNE-EN 20345:2012. Equipo de protección individual. Calzado de seguridad.
- UNE-EN 20346:2014. Equipo de protección personal. Calzado de protección.
- UNE-EN 20347:2013. Equipo de protección personal. Calzado de trabajo.
- [EDS-protective clothing for electronics industry – A new European research project ESTAT-Garments. 6th Dresden Textile Conference, June 19-20, 2002.](#)