

# **El riesgo debido a la electricidad estática : medidas preventivas**

MCV-210102

# El riesgo debido a la electricidad estática : medidas preventivas

Enero 2021



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**INVASSAT**

Institut Valencià de  
Seguretat i Salut en el Treball

**Título:** *El riesgo debido a la electricidad estática : medidas preventivas*

**Autoría:** Juan Carlos Castellanos

**Edición:** enero 2021

**Serie:** Manuales del Campus Virtual del INVASSAT

**Identificador:** MCV-210102

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball (INVASSAT)

C/ València, 32. 46100 Burjassot

[www.invassat.gva.es](http://www.invassat.gva.es)



GENERALITAT  
VALENCIANA

**INVASSAT**  
Institut Valencià de  
Seguretat i Salut en el Treball

**Para citar este documento:**

INSTITUT VALENCIÀ DE SEGURETAT I SALUT EN EL TREBALL (INVASSAT). *El riesgo debido a la electricidad estática : medidas preventivas* [en línea]. Juan Carlos Castellanos, aut. Burjassot: INVASSAT, 2021. 29 p. [Consulta: dd.mm.aaaa]. Disponible en XXXX. (MCV-210102)

**Contenido**

Objetivo, 1. – Introducción, 1. – Mapa conceptual, 2. – Conceptos básicos, 3. – Generación y acumulación de electricidad estática, 4. – El riesgo asociado a la electricidad estática, 9. – Normativa de referencia, 12. – Control del riesgo, 14. – Casos de aplicación: Tránsito de líquidos inflamables en camiones cisterna, 21. – Caso de aplicación: Descargas en superficies libres de líquidos inflamables almacenados en recipientes, 26.



Los Manuales del Campus Virtual sistematizan los contenidos formativos que el INVASSAT pone a disposición de la sociedad valenciana a través de la plataforma e-formació de la Generalitat.

## 1. OBJETIVO

---

El objetivo de la presente píldora formativa es que el alumnado entienda qué es la electricidad estática, como puede generarse, particularmente en los lugares de trabajo, los potenciales riesgos inherentes a la presencia y acumulación de electricidad estática y cómo pueden eliminarse, controlarse o minimizarse estos.

## 2. INTRODUCCIÓN

---

Hay constancia de que desde tiempos muy remotos se conoce la existencia de las cargas eléctricas y del fenómeno eléctrico, así Tales de Mileto (siglo VI a. C.) observó que, después de frotar una barra de ámbar con un paño, la barra atraía objetos ligeros. Con el paso de los años se ha ido demostrando que la generación y acumulación de cargas eléctricas es un fenómeno que está íntimamente ligado a la estructura atómica de la materia.

Los átomos que componen la materia se componen a su vez de partículas subatómicas. Las principales partículas subatómicas son los neutrones y protones ubicados en el núcleo del átomo, con carga eléctrica neta positiva y los electrones que orbitan alrededor del núcleo, con carga neta negativa. Normalmente los átomos (cuando no se trata de iones) tienen una carga neta total neutra (ver figura 1). Esto quiere decir que la carga positiva es de igual magnitud que la carga negativa. También suele decirse que el número de protones iguala al número de electrones.

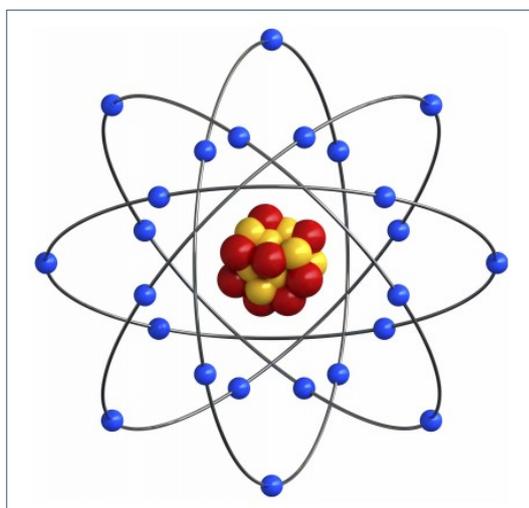
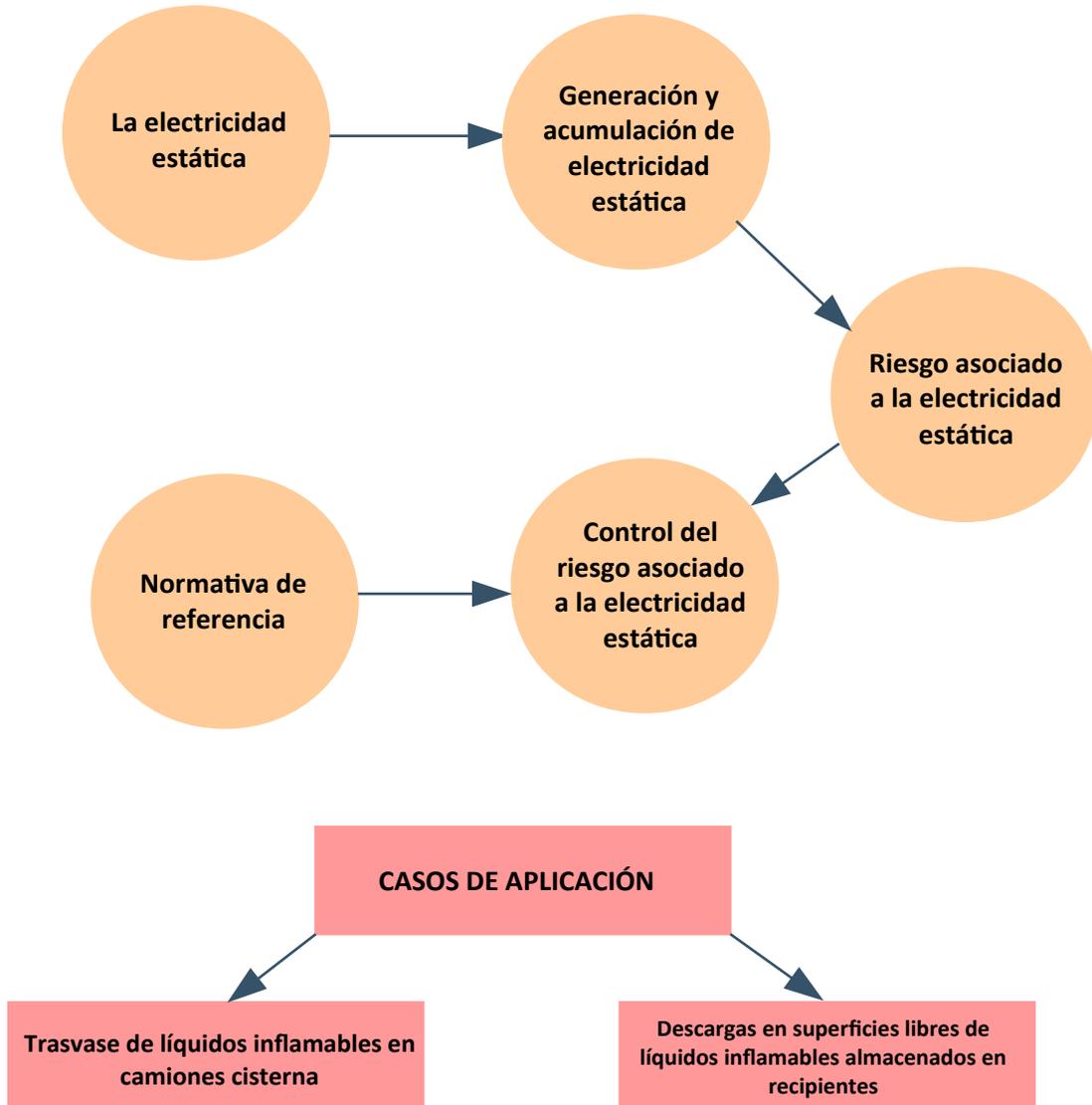


Figura 1. Modelo atómico de Rutherford (INSHT, 2015, p. 7)

- Protón (carga positiva)
- Neutrón (sin carga)
- Electrón (carga negativa)

Cuando un átomo pierde electrones de sus órbitas más alejadas del núcleo y los cede a otro átomo se produce un desequilibrio en el que el primero de ellos se dice que queda cargado positivamente (ya que tiene más protones que electrones) y el segundo queda cargado negativamente (ya que ahora tiene más electrones que protones).

### 3. MAPA CONCEPTUAL



## 4. CONCEPTOS BÁSICOS

---

Como ya se ha explicado anteriormente, la generación de carga eléctrica estática constituye un desequilibrio transitorio en la distribución de cargas por transferencia entre dos superficies de dos materiales que han interactuado.

Los electrones que se sitúan en las órbitas más cercanas al núcleo del átomo suelen estar fuertemente atados por este (atraídos por su carga positiva). Sin embargo los electrones que se sitúan en las órbitas más alejadas están más débilmente unidos y pueden desprenderse con mayor facilidad. La fuerza eléctrica que retiene a estos últimos varía de un material a otro. La tendencia de los materiales a la cesión o adquisición de electrones varía en magnitud según el material de que se trate. Esta tendencia debe compararse siempre de forma relativa entre los distintos materiales. Así por ejemplo, los electrones son retenidos con mayor fuerza en el material plástico del que está fabricada la cubierta de un bolígrafo que en el algodón de una prenda de ropa. El nailon tiene una mayor tendencia que el algodón a la cesión de electrones; por tanto, la interacción entre una prenda de nailon y un bolígrafo dará como resultado la generación de un mayor desequilibrio de cargas eléctricas en los materiales que en el caso del algodón.

La distribución de cargas entre dos materiales que han interactuado, de los cuales uno queda cargado positivamente (el que ha cedido electrones) y otro negativamente (el que ha aceptado los electrones del anterior) en igual magnitud, genera una perturbación en el espacio que rodea dichas superficies denominada campo eléctrico, y por tanto se crea una diferencia de potencial entre ambas superficies que puede alcanzar valores muy elevados (de varios miles de voltios).

En los **materiales conductores** como el cobre, el aluminio, el hierro, etc., los electrones circulan libremente a través de ellos o sobre su superficie, sin embargo en **materiales aislantes** como por ejemplo el vidrio, goma, muchos plásticos, etc., no se da este flujo o se da con mucha dificultad.

La electricidad presente en un cuerpo no conductor (aislante), en el que está retenida, se le llama electricidad estática. Ahora bien, tampoco se puede disipar la electricidad estática acumulada en un cuerpo conductor que solo está en contacto con aislantes, ya que las cargas libres de la superficie conductora no encuentran un camino de disipación (normalmente a tierra) para abandonar dicha superficie conductora a pesar de su facilidad de tránsito por esta.

En ambos casos se dice que el objeto está cargado.

**LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA NO SE CREA. ES SIMPLEMENTE CONSECUENCIA DE UN REPARTO DESIGUAL DE ELECTRONES ENTRE LAS DOS SUPERFICIES QUE INTERACTÚAN**

Como se suele decir, se produce una separación entre cargas positivas y negativas, en igual número, de ambas superficies.

## 5. GENERACIÓN Y ACUMULACIÓN DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Existen dos procedimientos básicos de generación de electricidad estática, el primero de ellos es el conocido como efecto triboeléctrico mediante el contacto y separación de dos materiales con distinta afinidad eléctrica, lo que provoca la transferencia de electrones de un material al otro quedando cargado uno positivamente (el que cede electrones) y otro negativamente (el que recibe los electrones).

+
Vidrio
Cabello humano
Nylon
Lana
Aluminio
Poliéster
Papel
Algodón
Acero
Cobre
Níquel
Goma
Tejidos acrílicos
Poliuretano
PVC
-

Figura 2. Serie triboeléctrica (INSHT, 2015, p. 10)

Como ya se ha indicado, la tendencia de los materiales a la cesión o adquisición de electrones (afinidad eléctrica) varía en magnitud según el material de que se trate; esta tendencia queda plasmada en lo que se conoce como serie triboeléctrica (ver figura 2). La serie triboeléctrica es una lista de materiales ordenados en función de su tendencia para la cesión o adquisición de electrones.

La serie triboeléctrica tiene un carácter meramente cualitativo y relativo, es decir, simplemente da una idea de cómo se van a comportar los materiales; la cantidad real de carga producida depende principalmente de la velocidad de fricción y/o separación de los materiales y de su resistividad eléctrica.

Si frotamos dos materiales de la serie anterior, el que esté en una posición más alta se cargará positivamente, mientras que el que se sitúe más abajo se cargará negativamente. Además, cuanto más separados estén los materiales en la serie, mayor será la generación de cargas eléctricas y, por tanto, podrán quedar con más carga acumulada. Se recomienda visionar el vídeo que encontrará en el siguiente [enlace](#).

Algunas formas de producción de estática por efecto triboeléctrico son:

- contacto del calzado con revestimientos del suelo;
- movimiento de correas de transmisión o de transporte no conductoras;
- manipulación o desplazamiento de materiales pulvulentos;
- circulación de líquidos aislantes (como por ejemplo hidrocarburos) por conductos, tuberías o filtros;
- cualquier clase de vehículo en movimiento en los que, como normalmente las ruedas son las únicas en contacto con tierra y éstas son aislantes, no hay camino de disipación de la carga generada;
- movimiento simultáneo de dos fases inmiscibles, por ejemplo el bombeo de una mezcla de hidrocarburo y agua;

- sedimentación de sólidos en un líquido;
- decantación de dos fluidos inmiscibles;
- ascensión de burbujas de gas a través de un líquido, etc.

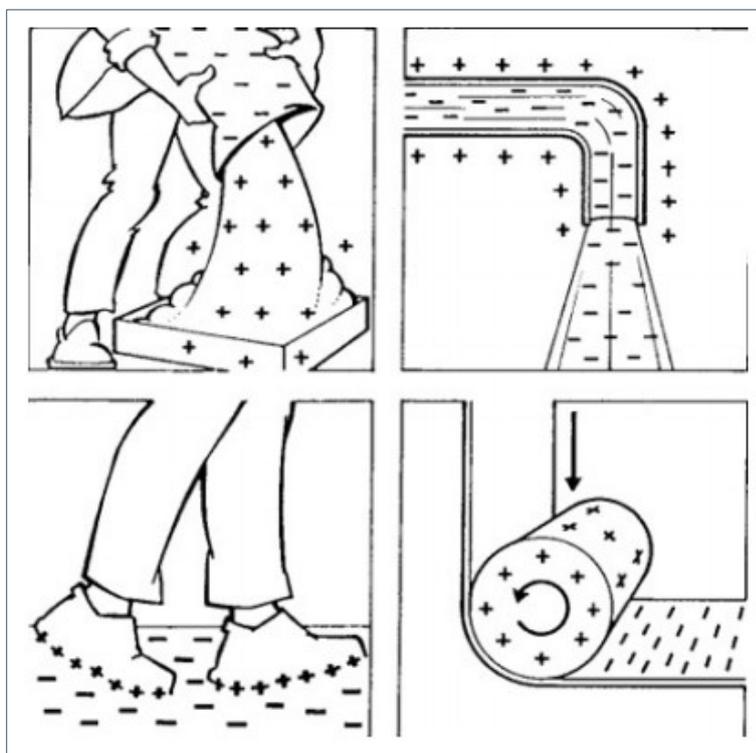


Figura 3. Distintas formas de producción de estática por efecto triboeléctrico.  
NTP 567 (INSHT, 2000)

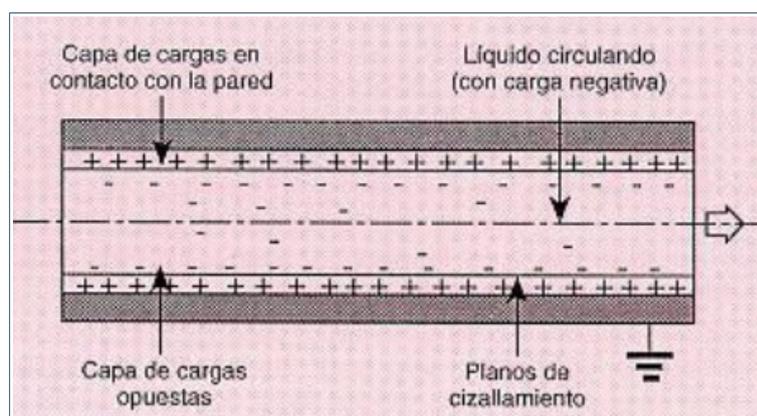


Figura 4. Distribución de cargas en la circulación de un líquido aislante por una tubería. NTP 374 (INSHT, 1995a)

En general procesos de fricción (en sus distintas formas) entre distintos materiales con distinta afinidad eléctrica.

Especialmente preocupante resulta la generación de electricidad estática en líquidos inflamables o combustibles cuando sufren procesos de fricción con otros materiales.

Se genera electricidad estática cuando se mueven estos líquidos (generalmente aislantes, no conductores) en contacto con otros materiales, particularmente en su circulación por tuberías, procesos de mezcla, vertido, bombeo, filtrado o agitación (figura 5).

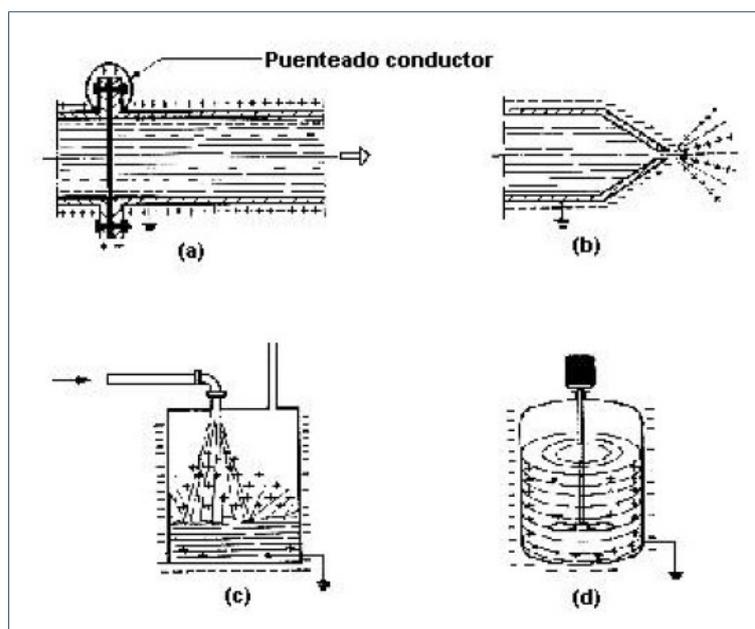


Figura 5. Procesos de fricción de generadores de estática. NTP 225 (INSHT, 1988)

También en gases en movimiento, cuando estos están contaminados con óxidos metálicos o partículas sólidas o líquidas, se puede generar electricidad estática. Una corriente de gas de estas características dirigida a un objeto conductor cargará este último, a no ser que esté conectado a tierra (en este caso la carga no se acumularía sino que se disiparía a tierra conforme se va generando).

Las personas pueden acumular también importante carga electrostática tanto por su movimiento y contacto con el medio exterior, por ejemplo por el contacto del calzado con revestimientos del suelo, como por la influencia de campos eléctricos a los que pueda estar expuesta, por ejemplo por su participación en diversas operaciones fabriles, en las proximidades de superficies cargadas por el fenómeno de polarización que veremos más adelante.

La acumulación de cargas electrostáticas en las personas dependerá también en gran medida de las características de esta, por ejemplo el estado de su piel (seca o húmeda) o nivel de sudoración.

Si bien el cuerpo humano es un buen conductor de la electricidad (debido a su alto contenido en agua y sales), su vestimenta puede ser un factor determinante a la hora de acumular carga eléctrica si esta es poco conductiva (aislante), tal sería el caso del uso de ropa sintética o guantes y calzado aislante. Las prendas exteriores pueden acumular considerables cargas electrostáticas cuando se separan del cuerpo. La retirada de dichas prendas es particularmente peligrosa en atmósferas con riesgo de incendio o explosión.

El aislamiento de la persona del suelo por usar suelas de material no conductor (goma, plástico) o estar situada sobre pavimento no conductor es la condición necesaria para que ésta pueda acumular cargas electrostáticas considerables, de manera que puedan alcanzarse valores de potencial del orden de 10000 voltios con respecto a tierra.

El otro procedimiento de generación de electricidad estática es por polarización: un material conductor puesto a tierra, bajo la influencia del campo electromagnético que rodea a un material aislante ya cargado previamente, puede adquirir cierta carga (véase figura 6).

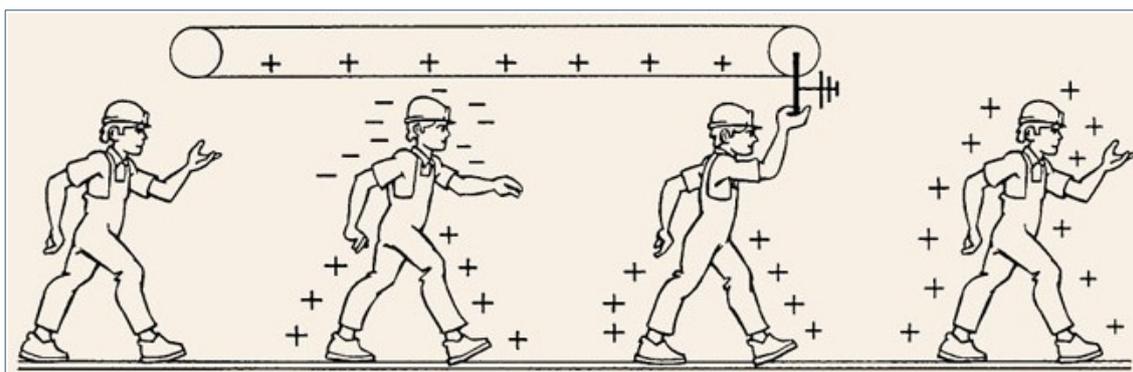


Figura 6. Generación de electricidad estática por polarización. NTP 567 (INSHT, 2000)

Una persona se acerca y pasa por la proximidad de una cinta transportadora previamente cargada y antes de salir de su influencia, toca un elemento conductor puesto a tierra. Por efecto de la carga positiva (su campo eléctrico) acumulada en la cinta transportadora el cuerpo de la persona se polariza de manera que la carga negativa es atraída por la carga positiva de la cinta hacia la parte superior de su cuerpo y la carga positiva es alejada (por repulsión) de la carga positiva de la cinta. La carga inducida más cercana es de signo contrario a la de la cinta y la más alejada es del mismo signo. La carga positiva queda libre después de haber descargado la carga negativa próxima al punto de contacto a un elemento conductor puesto a tierra como puede ser la bancada o estructura metálica de soporte, y puede disiparse si se proporciona una conducción a tierra. Una vez ocurrida esta eliminación, si el cuerpo se aleja, la carga remanente de igual signo al de la cinta se distribuye uniformemente por todo el cuerpo y se puede liberar posteriormente en forma de chispa al aproximarse a un conductor en contacto con tierra.

El verdadero problema de la electricidad estática no deriva solo de la generación de ésta sino que también del hecho de su acumulación en materiales no conductores (aislantes) o también en materiales conductores que están aislados de tierra. De hecho esta segunda situación resulta más peligrosa ya que la descarga disruptiva a tierra en un material conductor que inicialmente está aislado de tierra será más energética y potente que la que ocurra en un material no conductor, debido precisamente a la facilidad de circulación de la carga eléctrica en un material conductor.

A mayor carga acumulada en un material (equipo, tubería, recipiente, etc.) mayor es el campo eléctrico (voltios/metro) generado por aquella y por tanto mayor la diferencia de potencial (voltios) entre este material y cualquier otro en contacto con tierra.

La disipación de las cargas electrostáticas depende de la conductividad entre el cuerpo cargado y su camino de conexión a tierra. Una buena conductividad da lugar a la rápida desaparición de las cargas electrostáticas al mismo tiempo de su generación con lo cual ni siquiera se llega a su acumulación.

Si la generación de estática continúa y crece la acumulación de carga en la superficie de un material aislado de tierra se llega a una situación en la que es inevitable una brusca descarga de electricidad estática. La descarga ocurre cuando el material cargado se acerca a otro que está puesto a tierra y tiene cierto grado de conductividad eléctrica. En ese momento la intensidad del campo eléctrico existente en V/m sobrepasa la rigidez dieléctrica del aire y se genera una chispa visible y audible en muchos casos. El material cargado se descarga bruscamente a tierra.



Figura 7. Descarga eléctrica. Fotografía: FelixMittermeier. Fuente: Pixabay

## 5. RIESGO ASOCIADO A LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

---

Con carácter general, en las personas los efectos de las descargas electrostáticas suelen quedar únicamente en el plano de las molestias, es decir, no son peligrosas salvo en alguna situación especial como el caso en que un trabajador realice trabajos en altura y una descarga electrostática pueda hacerle reaccionar de manera que pueda sufrir una caída a distinto nivel, aunque tampoco debería producirse ésta. Se sabe que descargas a tierra a través del cuerpo humano de elementos cargados electrostáticamente a potenciales de 10000 voltios liberan una energía de alrededor de los 10 miliJulios (mJ), valor este claramente insuficiente como para que represente un peligro para la persona.

En otras situaciones la acumulación de carga electrostática puede generar problemas en diversos procesos productivos como por ejemplo la atracción de suciedad o polvo en procesos de pintado de carrocerías de vehículos, problemas de manipulado continuo de textiles, plásticos o papel en estas industrias o problemas en la producción de componentes electrónicos, entre otros.

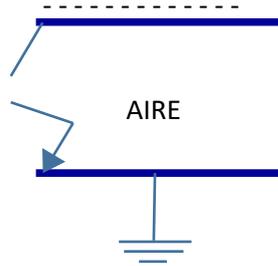
El verdadero y principal peligro de la acumulación de estática deriva del hecho de su descarga brusca en forma de chispa en atmósferas inflamables. Se recomienda visualizar el siguiente [vídeo](#).

La generación de electricidad estática no presenta en sí misma un peligro de incendio o explosión. Es la recombinación brutal mediante chispa de esas cargas eléctricas separadas lo que constituye un riesgo potencial.

Para que la electricidad estática pueda ser origen de un incendio o explosión deben darse todas y cada una de las siguientes situaciones:

1. debe existir un proceso de generación eficaz de electricidad estática;
2. tiene que haber algún elemento capaz de acumular las cargas generadas, creando un campo eléctrico y manteniendo una diferencia de potencial;
3. debe existir una atmósfera inflamable en el lugar donde se produce el acúmulo anterior;
4. debe producirse una descarga eléctrica disruptiva en forma de chispa de suficiente energía, superior a la energía mínima de inflamación de la atmósfera inflamable (EMI).

El fenómeno de descarga es el mismo al ocurrido en un condensador en el que una de las placas es la tierra (o un elemento conductor conectado a ella), el medio aislante o dieléctrico es el aire y la otra placa es un objeto o cuerpo aislado de tierra cargado. En esta situación, la energía almacenada y que sería liberada en la descarga es:



$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

Donde:

**W** es la energía almacenada (debida a la acumulación de carga) en Julios.

**C** es la capacidad del condensador en Faradios.

**V** es la diferencia de potencial entre las placas del condensador en voltios.

Para que una sustancia inflamable sea generadora de una atmósfera potencialmente inflamable (gas/aire o vapor/aire) la relación de la concentración del material inflamable frente a la concentración de aire (oxígeno) debe encontrarse dentro de lo que se conoce por límites de inflamabilidad, característicos de la sustancia. Además, solo será susceptible de ignición si la temperatura del líquido del que emana supera el punto de inflamación.

Los límites de inflamabilidad (inferior y superior) definen las concentraciones mínimas y máximas del vapor o gas en mezcla con el aire, en las que son inflamables. Se expresan en tanto por ciento en el volumen de mezcla vapor/gas de combustible-aire. Por tanto marcan el rango de inflamabilidad de la mezcla gas/aire o vapor/aire. La atmósfera inflamable también puede ser generada por una mezcla de polvo inflamable y oxígeno (aire). En este caso deben estudiarse ciertos parámetros de inflamabilidad como la granulometría, la concentración mínima explosiva, la energía mínima de ignición, entre otros.

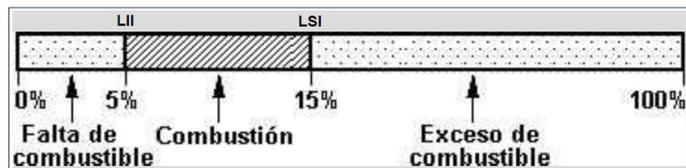


Figura 8. Límite inferior y superior de inflamabilidad. Rango de inflamabilidad.

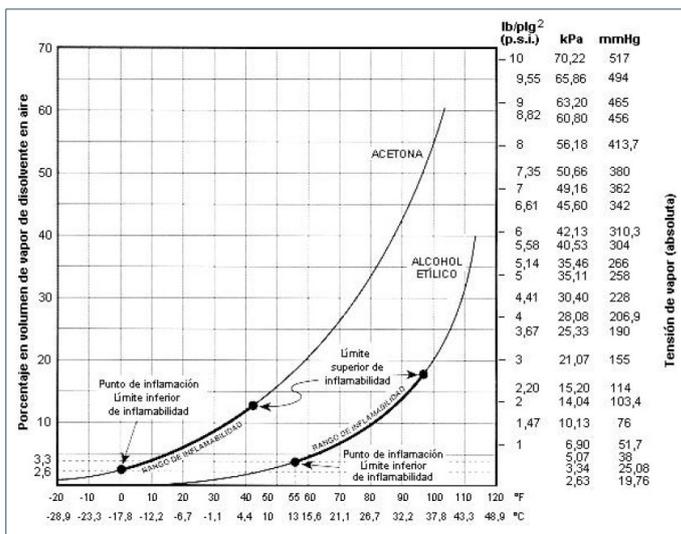


Figura 9. Puntos de inflamación y rangos de inflamabilidad de la acetona y el alcohol etílico. NTP 379 (INSHT, 1995b)

La temperatura de inflamación es la mínima temperatura (en °C a 760 mmHg de presión) a la que una sustancia combustible, en contacto con el aire, puede emitir suficiente vapor para que la mezcla alcance el límite inferior de inflamabilidad.

Como ya se ha visto, una descarga electrostática puede convertirse en el foco de ignición de una atmósfera explosiva siempre y cuando la energía de descarga supere la energía mínima de inflamación (EMI) de dicha atmósfera explosiva. La

experiencia demuestra que descargas en forma de chispa insignificantes son capaces de inflamar mezclas de gas o vapor con aire. Las atmósferas explosivas de polvos combustibles necesitan energías de descarga algo mayores. Se sabe que gases y vapores de hidrocarburos saturados necesitan de energías de descarga de alrededor de 0,25 mJ para su inflamación por chispa. También se sabe que no es probable que chispas procedentes de diferencias de potencial menores a 1500 voltios sean peligrosas en gases hidrocarburos saturados.

En la siguiente tabla se recogen ejemplos de energías mínimas de inflamación para mezclas de determinadas sustancias con aire:

**Tabla 1. Ejemplos de energías mínimas de inflamación para algunas sustancias**

SUSTANCIA	EMI (mJ)	SUSTANCIA	EMI (mJ)
Acetato de etilo	1,42	Etileno	0,07
Acetileno	0,017	Gasolina	0,8
Acetona	0,7	Heptano	0,24
Alcohol etílico	0,4	Hidrógeno	0,011
Benceno	0,5	Metano	0,28
Butano	0,25	Propano	0,25
Ciclohexano	0,22	Propileno	0,28
Etano	0,24	Sulfuro de carbono	0,009

El umbral de detección sensorial en una persona de una descarga se sitúa en torno a 1,5 mJ para una diferencia de potencial de 2000 voltios (V). Este umbral es 6 veces superior a la energía mínima para inflamar mezclas de aire-vapor de hidrocarburos y superior a la energía mínima de inflamación de cualquiera de las sustancias recogidas en la tabla anterior. Por consiguiente:

**TODA DESCARGA ELÉCTRICA QUE SEAMOS CAPACES DE SENTIR DEBE CONSIDERARSE PELIGROSA EN DICHO AMBIENTE**

## 6. NORMATIVA DE REFERENCIA

---

[Real Decreto 614/2001](#), de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. [Anexo VI-B](#) Trabajos en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión. Electricidad estática.

1. En todo lugar o proceso donde pueda producirse una acumulación de cargas electrostáticas deberán tomarse las medidas preventivas necesarias para evitar las descargas peligrosas y particularmente, la producción de chispas en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión. A tal efecto, deberán ser objeto de una especial atención:

a) Los procesos donde se produzca una fricción continuada de materiales aislantes o aislados.

b) Los procesos donde se produzca una vaporización o pulverización y el almacenamiento, transporte o trasvase de líquidos o materiales en forma de polvo, en particular, cuando se trate de sustancias inflamables.

2. Para evitar la acumulación de cargas electrostáticas deberá tomarse alguna de las siguientes medidas, o combinación de las mismas, según las posibilidades y circunstancias específicas de cada caso:

a) Eliminación o reducción de los procesos de fricción.

b) Evitar, en lo posible, los procesos que produzcan pulverización, aspersión o caída libre.

c) Utilización de materiales antiestáticos (poleas, moquetas, calzado, etc.) o aumento de su conductividad (por incremento de la humedad relativa, uso de aditivos o cualquier otro medio).

d) Conexión a tierra, y entre sí cuando sea necesario, de los materiales susceptibles de adquirir carga, en especial, de los conductores o elementos metálicos aislados.

e) Utilización de dispositivos específicos para la eliminación de cargas electrostáticas. En este caso la instalación no deberá exponer a los trabajadores a radiaciones peligrosas.

f) Cualquier otra medida para un proceso concreto que garantice la no acumulación de cargas electrostáticas.

[Real Decreto 486/1997](#), de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. [Anexo III](#) Condiciones ambientales de los lugares de trabajo:

3. En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones: [...]

b) La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.

**[Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.](#)** Anexo II-A Disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas:

2. Medidas de protección contra las explosiones. [...]

2.3 De conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, cuando se trate de evitar los riesgos de ignición con arreglo al artículo 3, también se deberán tener en cuenta las descargas electrostáticas producidas por los trabajadores o el entorno de trabajo como portadores o generadores de carga. 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.](#)** Anexo II Requisitos esenciales de salud y seguridad:

2.6. EPI destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. 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.

**[Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.](#)** [Artículo 44](#) Procedimiento de carga y descarga:

2. En particular, se cumplirán las siguientes normas:

a) Cuando la naturaleza de la materia lo requiera, se derivará a tierra la masa metálica de la cisterna. [...]

## 7. CONTROL DEL RIESGO

---

La normativa referenciada anteriormente ya recoge de forma implícita las formas de eliminación y control del riesgo de incendio o explosión generado por la acumulación de electricidad estática en los lugares de trabajo. No obstante vamos a tratarlas a continuación con más detalle.

Procede previamente recordar al alumnado que las medidas de prevención y protección a adoptar y a planificar, tendentes a evitar o minimizar y controlar el riesgo de incendio y explosión que potencialmente pueda tener su génesis en las descargas electrostáticas, debe ser el resultado de una evaluación exhaustiva del riesgo. Además, en dicha planificación deben tenerse siempre presentes y aplicarse los principios de la acción preventiva a los que se refiere el [artículo 15 de la Ley 31/1995](#), de prevención de riesgos laborales (LPRL). En la figura 23 que incluye el documento [Riesgos debidos a la electricidad estática](#) (INSHT, 2015, p. 52) se recoge un diagrama de decisiones para la evaluación y control de la electricidad estática como fuente de ignición, cuya lectura se recomienda.

Puede encontrar más información adicional sobre control del riesgo en las [NTP 225](#) y en la [NTP 567](#) del INSST.

### Control de la generación de electricidad estática

#### Control de la velocidad del flujo de líquidos

Una forma de evitar o al menos minimizar la generación de estática en fluidos no conductores transportados por tubería es evitar las altas velocidades de circulación en el interior de éstas y controlando particularmente la presencia de agua o impurezas en el fluido que contribuyen sobremanera a la generación de estática. La velocidad de circulación del fluido por la tubería dependerá del caudal circulante y del diámetro interno de la tubería. Así, para un mismo caudal, si aumentamos el diámetro de la tubería (y con ello su sección de paso) la velocidad de circulación disminuye ya que:  $Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m/s)} \cdot S \text{ (m}^2\text{)}$ .

Para líquidos de elevada resistividad (muy aislantes) no debería sobrepasarse una velocidad de circulación de 7 m/s.

La norma británica BS 5958:1991 *Code of practice for the control of undesirable static electricity. Part 2 Recommendations for particular industrial situations*, recomienda que el producto de la velocidad (m/s) y el diámetro de la tubería (m) sea inferior a 0,38 para líquidos con conductividades menores que 5 pS/m (picosiemens por metro) y menor que 0,5 para líquidos con conductividades superiores a 5 pS/m. Tal criterio solo es válido para líquidos de una sola fase transportados a velocidades no superiores a 7 m/s.

Cuando se trasvasen suspensiones de sólidos en líquidos inflamables, exista la presencia de agua, o bien existan mezclas insolubles, es recomendable trasvasar a una velocidad inferior a 1 m/s.

### Control del sistema de llenado de recipientes

Resulta necesario en la medida de lo posible que el trasvase para llenado de recipientes se haga preferentemente mediante instalaciones fijas de manera que se encuentren conectada la tubería de trasvase con los recipientes de llenado y vaciado y a tierra.

Debe evitarse cualquier sistema de llenado que implique pulverización o dispersión del líquido trasvasado, así como la descarga de este mediante chorro libre. Por ello, resulta del todo recomendable que las tuberías de llenado lleguen lo más próximas al fondo de los recipientes. Se recomienda que esta distancia no sobrepase los 25 centímetros.

Cuando sea factible la presencia de impurezas sedimentables o agua, el tubo de llenado en su extremo final será horizontal, dispuesto de tal forma que no proyecte el líquido sobre el fondo de los recipientes.

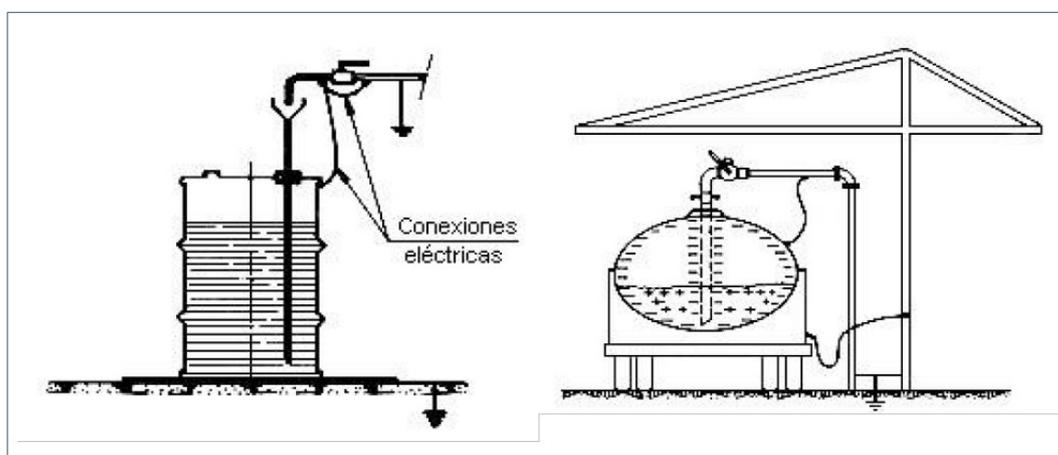


Figura 10. Ejemplos de llenado correcto de recipientes y depósitos. NTP 225 (INSHT, 1988)

La ralentización del movimiento relativo entre dos materiales en contacto mutuo reduce la velocidad de generación de electricidad estática. Este podría ser el caso del transporte de tejidos, papel o plástico en su contacto con los rodillos guías o motrices en una unidad de proceso propia del sector en cuestión.



Figura 11. Ejemplo de transporte en procesado de papel. Fuente: es.123rf.com

## Prevenir la acumulación de estática en las personas

Para ello pueden llevarse a cabo acciones como:

- evitar utilizar calzado con suela aislante (goma o suela sintética no conductora);
- disponer suelos técnicos conductores o antiestáticos, utilizar alfombras conductoras o impregnar los suelos con detergentes o ceras antiestáticas facilita la descarga electrostática a tierra y por tanto evita el acúmulo en las personas;
- utilizar calzado, ropa, guantes, etc., antiestáticos, que tiene el mismo objetivo anterior.

Se recomienda la lectura detenida de la [NTP 887](#) *Calzado y ropa de protección "antiestáticos"* (INSHT, 2010).

## Eliminación de electricidad estática

### Conexión equipotencial y puesta a tierra

El objetivo que se persigue es eliminar rápidamente las cargas electrostáticas que se van generando de manera que nunca haya carga neta acumulada. La conexión equipotencial entre los diferentes equipos o elementos conductores hace que nunca exista una diferencia de potencial entre ellos y por tanto puedan descargarse entre sí. Además el conjunto debe estar conectado o puesto a tierra para crear un camino de disipación de cargas generadas.

Se recomienda que la resistencia eléctrica de fuga a tierra no supere 1 megaohmios ( $10^6$  Ohm) en las condiciones más desfavorables. Estas mediciones requieren instrumentos especiales y se deben realizar por personal adiestrado.

La puesta a tierra se puede hacer directamente o a través de la conexión equipotencial con otro elemento conectado a tierra. Las tuberías enterradas y los tanques de almacenamiento apoyados sobre el terreno se consideran puestos a tierra. Si el suelo es algo conductor y los recipientes metálicos, no es necesario un conductor especial de puesta a tierra. No debe haber pinturas o recubrimientos aislantes que corten la continuidad del camino a tierra. Si así fuera, se deberían establecer las conexiones en metal a la vista y un cable de puesta a tierra conectado a una toma de tierra prevista para este fin.

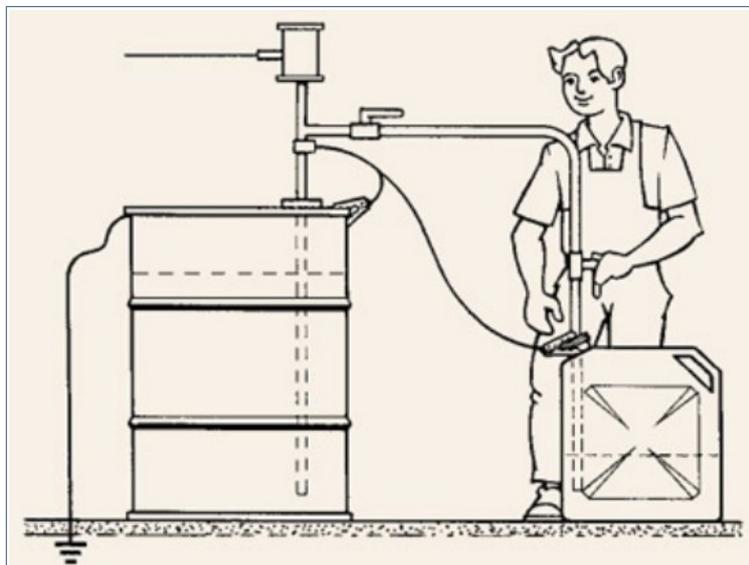


Figura 12. Ejemplo de conexión equipotencial y puesta a tierra. NTP 567 (INSHT, 2000)

## Humidificación y tratamiento superficial

El objetivo es aumentar la conductividad superficial de los materiales mediante la elevación de la humedad relativa ambiental. De esta forma conseguimos que algunos materiales aislantes puedan comportarse en esas condiciones de humedad como conductores (o al menos, más conductores) favoreciendo de esta forma la disipación de la carga acumulada en sus superficies. Esto mismo podría conseguirse también aplicando ciertos tratamientos superficiales a los mismos. El aumento de la humedad relativa puede conseguirse con ciertos equipos de climatización o mediante aparatos independientes de humidificación.

El [Real Decreto 486/1997](#), sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo, indica que en los locales donde existan riesgos por electricidad estática, la humedad relativa será como mínimo del 50 %.

En cualquier caso, la humidificación no puede considerarse como una solución global a los problemas de estática en todas las situaciones debido, entre otras, a:

- hay ciertos procesos fabriles que son incompatibles con ambientes húmedos por las materias que se utilizan en los mismos. Por ejemplo en el caso de trabajar con polvos

alimentarios ya que el exceso de humedad puede facilitar la aparición de bacterias, hongos, etc.;

- una elevada humedad relativa en el ambiente puede generar, en combinación con temperaturas elevadas, situaciones de disconfort intolerables o incluso generar situaciones (en función también del trabajo desarrollado) de riesgo por estrés térmico;
- además hay que tener en cuenta que ciertos materiales aislantes no absorben la humedad del ambiente y por tanto apenas mejora su conductividad, tal es el caso de algunos plásticos (como por ejemplo el polietileno) y las superficies de líquidos derivados del petróleo;
- la eficacia del sistema es muy reducida si se aplica a maquinaria con velocidades de trabajo elevadas, ya que no hay tiempo suficiente para que se genere la película conductora sobre los materiales;
- por último debemos tener en cuenta que no sirve de nada hacer conductor un material aislante por humidificación si al final no se proporciona un camino de fuga a tierra de la carga almacenada en el mismo, con lo que la humidificación debe considerarse, en todo caso, complementaria de otras medidas de control.

El tratamiento superficial se realiza generalmente mediante la aplicación de preparados o mezclas antiestáticos, añadidos a los detergentes, pinturas, lubricantes, impregnantes y otras sustancias, para aumentar la conductividad superficial y favorecer la formación de una capa higroscópica conductora. En esta clase de medidas se incluye el pintado y pulverizado de cintas, correas o suelos con una mezcla al 50 % de agua y glicerina. Se pueden utilizar productos comerciales antiestáticos, en disolución con agua y su aplicación a suelos sintéticos aislantes, por fregado suave con mopa o paño antiestático humedecidos con la disolución. Las capas creadas de esta forma son solubles en agua y se van con el uso, por lo que se debe realizar un tratamiento periódico, generalmente semanal.

### **Aumento de la conductividad de los materiales aislantes**

La adición a los materiales de ciertos aditivos en pequeñas cantidades puede producir una disminución importante de su resistencia volumétrica, o lo que es lo mismo, un aumento importante de su conductividad que convierte al material en un buen disipador de su carga electrostática acumulada. Algunos ejemplos de esta técnica de control son:

- adición de negro de humo a la goma de neumáticos, mangueras y cintas transportadoras;
- adición de carbono, grafito y otros productos conductores para reducir la resistencia eléctrica de asfaltos y suelos sintéticos donde exista riesgo de explosión;
- en combustibles líquidos la adición de pequeñas cantidades de aditivos de conductividad mezclados con el combustible pueden proporcionar conductividades mayores a 50 picosiemens/metro.

Al igual que en los casos anteriores (humidificación y tratamiento de superficies) debe proporcionarse un camino de disipación de la carga electrostática a tierra. En caso contrario solo conseguiríamos tener una superficie conductora cargada y aislada de tierra, situación ésta que puede llegar a ser incluso más peligrosa si cabe.

### Aumento de la conductividad del aire

Se trata de un método eficaz para eliminar carga electrostática acumulada en materiales aislantes o en materiales conductores aislados de tierra. La idea es emplear equipos (ionizadores) capaces de ionizar el aire de manera que se generen en éste iones negativos y positivos que al llegar a alcanzar superficies cargadas electrostáticamente provocan la recombinación de sus cargas con los iones de signo contrario transportados por dicho aire.

La tecnología de los ionizadores de aire es muy variada. Los principales tipos de ionizadores son:

- ionizadores emisores de radiaciones ionizantes;
- neutralizadores de electrodos de alta tensión;
- ionizadores de electrodos puntiagudos conectados a tierra (eliminador inductivo o neutralizador estático o peine de estática).

### Ionizadores emisores de radiaciones ionizantes



Figura 13. Ionizador de aire mediante radiaciones ionizantes. (INSHT, 2015)

Para la ionización del aire con radiaciones ionizantes se pueden utilizar rayos ultravioletas, X,  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . La fabricación y distribución de neutralizadores radiactivos requiere la homologación por parte del Consejo de Seguridad Nuclear.

### Neutralizadores de electrodos de alta tensión

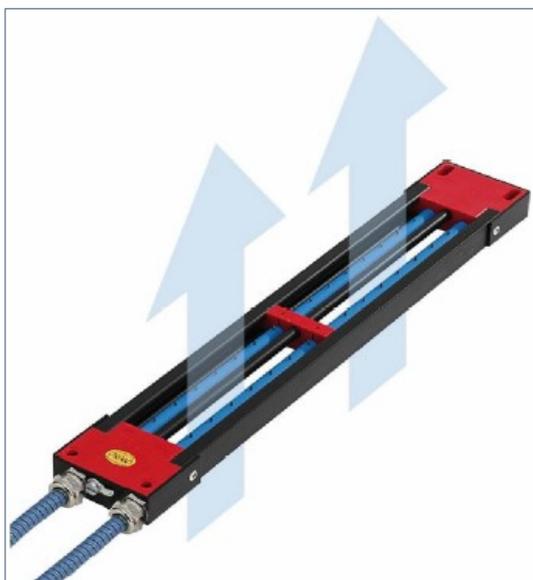


Figura 14. Neutralización de electrodos de alta tensión. (INSST, 2015)

Estos equipos ionizan el aire próximo mediante descargas de tipo corona en puntas, alambres, hojas o bordes sometidos a campos eléctricos intensos; estos campos se pueden crear con un transformador que eleve la tensión a unos 5-10 kV, al que se conecta una varilla aislada con dos electrodos: uno conectado a alta tensión y el otro al potencial de tierra.

No se deben instalar en emplazamientos con atmósferas explosivas (especialmente en zonas 0 o 20), salvo en el caso en que estén certificados para tal fin o se aplique una ventilación externa que elimine las concentraciones peligrosas de sustancias inflamables en el entorno del equipo.

### Ionizadores de electrodos puntiagudos conectados a tierra (peine de estática)

También se basan en la ionización del aire por efecto corona pero son efectivos únicamente para campos electrostáticos elevados. Su fundamento es el siguiente: la carga inducida en una multitud de agujas puestas a tierra cuando se colocan en la proximidad de un cuerpo cargado provoca la ionización del aire próximo haciéndolo conductor y creando de esta forma un camino de disipación. Se aprovecha lo que se conoce como poder de las puntas. Las cargas que se inducen en una aguja tienden a concentrarse en la punta de la aguja ya que debido al pequeño radio de curvatura existente en este lugar se evitan los efectos repulsivos de cargas del mismo signo. Dicho de otra forma, en la punta de la aguja existe una densidad carga superficial inducida muy superior al de cualquier otra parte de la aguja. Esta elevada densidad de carga, multiplicada por el resto de innumerables puntas de aguja que conforman el peine de estática es capaz de ionizar el aire próximo a las mismas creando de esta forma el camino de disipación.

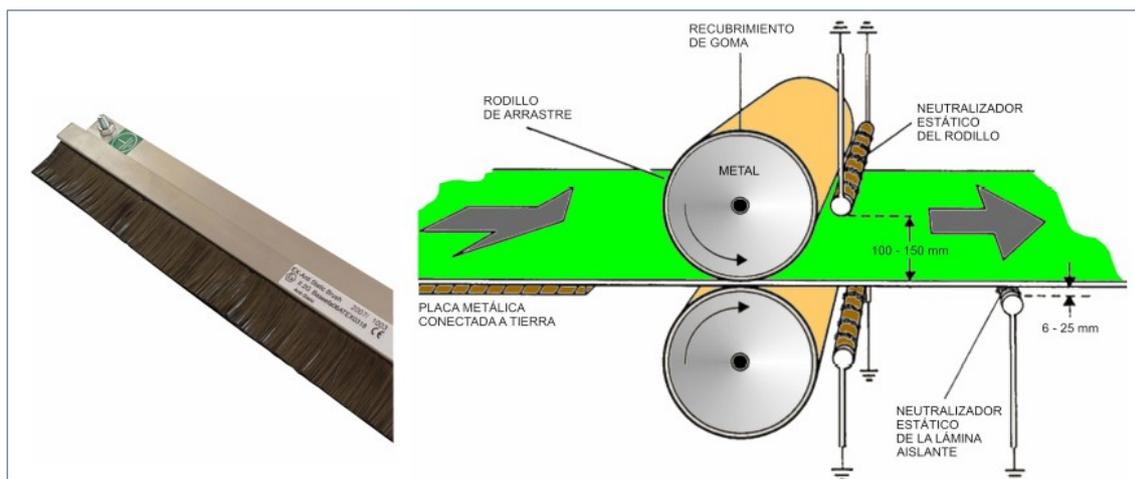


Figura 15. Peine de estática o eliminador inductivo. (INSHT, 2015)

## 8. CASOS DE APLICACIÓN: TRASVASE DE LÍQUIDOS INFLAMABLES EN CAMIONES CISTERNAS

Los procesos de trasvase de líquidos combustibles, en particular desde y hacia camiones cisterna, son especialmente peligrosos debido al potencial riesgo de incendio o explosión generado por la producción y acumulación de carga electrostática cuya descarga brusca puede convertirse en foco de ignición de la mezcla combustible-aire presente.

La generación de carga electrostática en estos procesos de trasvase se produce fundamentalmente debido a la fricción mecánica del líquido combustible con los distintos elementos que componen el sistema de trasvase (conducciones, filtros, bombas, etc.)

Los principales factores influyentes en la generación de estática durante el proceso son:

- **La resistividad/conductividad del fluido.** Cuanto más baja sea la resistividad del fluido, y por tanto mayor sea su conductividad, menos cargas electrostáticas será capaz de acumular y por tanto menos problemas presentará para disipar dichas cargas. Como criterio general se deben conseguir conductividades mínimas de 50 picoSiemens/metro (pS/m) que se considera el límite de la conductividad media, siendo deseable que sea lo más alta posible. Como ejemplo, la gasolina tiene una resistividad / conductividad de unos  $10^{13} \Omega \cdot m / 0,1 \text{ pS/m}$ ; si se le agrega entre 1 y 2 g/  $m^3$  de un aditivo antiestático puede llegar a  $10^8 \Omega \cdot m / 10000 \text{ pS/m}$ , lo que reduce sustancialmente el riesgo de incendio o explosión en operaciones de trasvase.
- **Velocidad de trasvase.** Como ya vimos en el apartado de control de la generación, cuanto mayor sea la velocidad de circulación del líquido por las diferentes conducciones mayor será la fricción de éste con las paredes de las tuberías, mayor la turbulencia y mayor la generación de estática.

- **Forma geométrica de canalizaciones y recipientes.** Debe tenerse una especial precaución con los puntos singulares como bombas, filtros, válvulas, codos, bifurcaciones, etc. pues en estos, como en el caso anterior, la fricción y turbulencia es mayor.
- **Sistema de llenado.** Como también vimos en el apartado de control de la generación, debemos evitar, en la manera en que nos sea posible, cualquier situación que suponga aspersión, pulverización o caída libre del líquido combustible, en definitiva debemos evitar todo aquello que suponga la agitación de este. El llenado de cisternas o depósitos en general con líquidos inflamables se debería realizar con una tubería de llenado que llegara lo más cerca posible del fondo de la cisterna o depósito. Cuando esto no fuera posible el trasvase debería realizarse a baja velocidad, recomendándose no exceder la velocidad de 1 m/s.
- **Estado de conservación de las superficies de contacto con el líquido combustible.** El óxido, la suciedad, las grietas o cualquier otro deterioro o defecto en canalizaciones u otros elementos producen mayor fricción y por tanto contribuyen a la generación de estática. Un buen mantenimiento de las instalaciones de trasvase podría minimizar estas situaciones.
- **Presencia de agua no miscible o impurezas en el líquido combustible.** Esta circunstancia también genera más turbulencias en el seno del líquido y por tanto contribuye a la generación de estática.

En cualquier caso, como medida preventiva general, durante la realización de operaciones de trasvase, en la ropa de trabajo de los trabajadores intervinientes se deberá evitar el uso de prendas fabricadas con fibras sintéticas, botas de goma, zapatos con suela de goma o material sintético similar no conductor. Se deberá propiciar el uso de calzado y suelos conductores.

Además de las medidas preventivas anteriores debe aplicarse la medida consistente en la “**Continuidad eléctrica de la línea de llenado**”.

En la figura 16 se muestra la distribución de cargas que se generan durante la carga de un camión cisterna.

El líquido combustible se carga por fricción con la tubería en su proceso de transporte (en el ejemplo, con carga positiva), como consecuencia la cisterna se va cargando con dicho fluido cargado positivamente. Este acúmulo de carga (positiva) en el interior polariza al propio depósito de manera que crea una carga

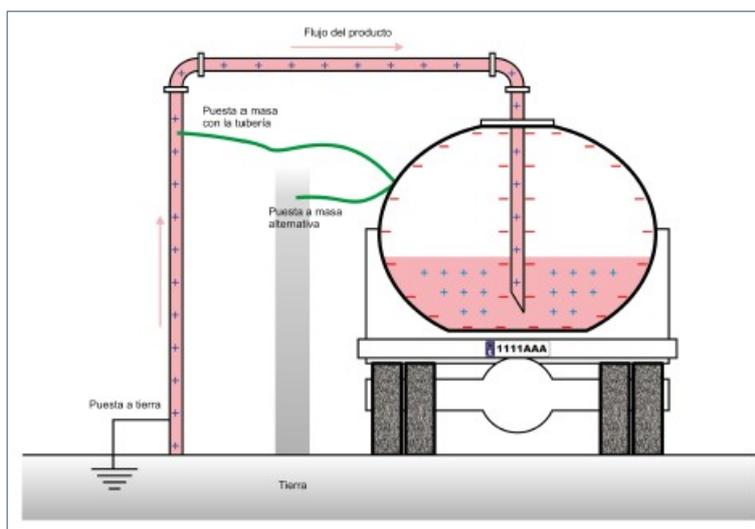


Figura 16. Distribución de cargas electrostáticas en el llenado de una cisterna. (INSHT, 2015)

opuesta (en este caso negativa) en su pared interna. A su vez se genera una carga idéntica pero de sentido contrario (positiva) en la pared externa del depósito que, sin embargo, no se acumula en dicha pared externa ya que esta está puesta a tierra y por tanto dicha carga exterior es disipada.

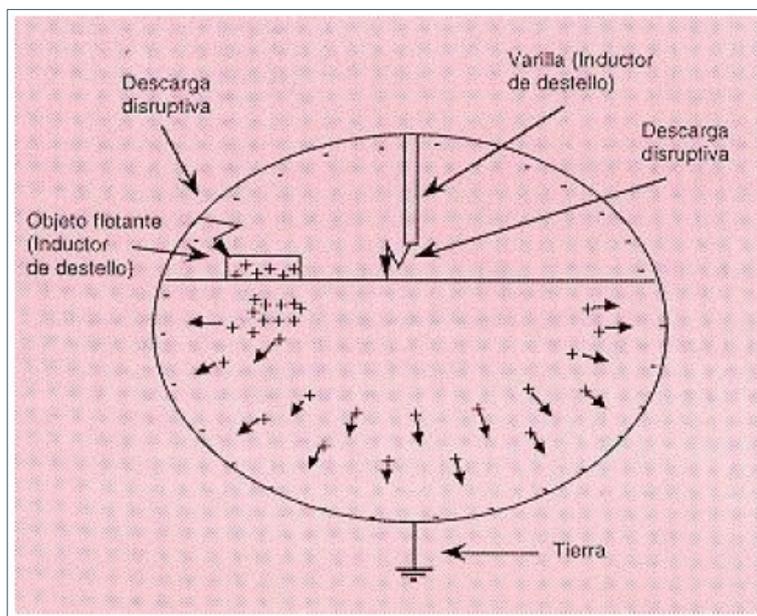


Figura 17. Ejemplos de descargas electrostáticas en el interior del depósito.  
NTP 375 (INSHT, 1995b)

Esta situación puede provocar una súbita recombinación de cargas en forma de chispa, por lo que necesariamente se debe controlar esta situación al menos durante todo el tiempo que dure el trasvase.

Todas las partes metálicas de la tubería de alimentación y brazo de carga deben tener continuidad eléctrica a partir del punto de conexión. Para ello, resulta necesario que las mangueras, en general, dispongan de alma metálica continua y esta deberá estar conectada a tierra durante toda

la operación de trasvase, debiendo evitarse situaciones tales como la intercalación de tramos de mangueras no conductoras equipada con acoplamientos metálicos, si éstos no están conectados a la tubería de alimentación y depósito receptor. La primera y última etapa de todo proceso de trasvase es la conexión y desconexión a tierra respectivamente.

Habitualmente la conexión y desconexión se realizan de forma automática cuando se conecta la manguera a los puntos de carga y descarga, pero, si esto no fuera posible, la manguera se deberá conectar a tierra manualmente mediante dispositivos portátiles como los que podemos ver en la siguiente figura.

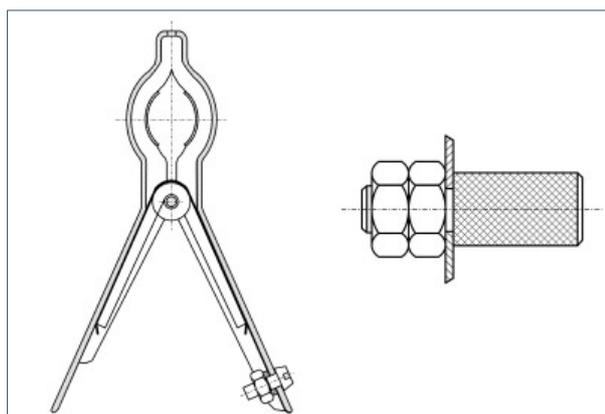


Figura 18. Pinza y borna para la conexión a tierra y equipotencial. (INSHT, 2015)

Debe garantizarse que las uniones de la manguera a los puntos de carga y descarga, a alargaderas y a cualquier otro elemento participante en la operación de trasvase (bombas, filtros, codos, bridas, válvulas, etc.) mantengan la continuidad eléctrica, si alguno de estos elementos no garantiza la continuidad, se deberá establecer un puente eléctrico entre ambos lados del mismo.

La aplicación de esta medida debe garantizar que la mayoría de cargas generadas en el proceso se drenan a tierra eficazmente a medida que se producen.

Si el depósito es no conductor o su interior dispone de algún revestimiento o recubrimiento aislante, la puesta a tierra y equipotencial anteriormente descrita puede no constituir una medida de seguridad suficiente; además, si, como suele suceder, el producto a trasvasar tiene baja conductividad, se pueden producir situaciones muy peligrosas. En estos casos resulta esencial conocer el comportamiento eléctrico de los revestimientos; existen dos casos habituales:

- si el espesor de la pared del depósito es pequeño y los materiales de revestimiento son resinas epoxi o fenólicas con resistividad eléctrica  $\rho \leq 10^{11} \Omega \cdot m$ , no hay una gran influencia en el drenaje de las cargas, por lo que el riesgo de ignición no es inminente y se podrá trabajar como si se tratase de un depósito conductor;
- si el material que está en contacto con el fluido es polietileno, cuya resistividad eléctrica puede ser de hasta  $10^{20} \Omega \cdot m$ , es imprescindible adoptar medidas adicionales, como, por ejemplo, el uso de brazos de carga muy conductores o medidas especiales como las que veremos a continuación.

En el caso de trasvase de líquidos inflamables de alta resistividad (por ejemplo benceno, tolueno, naftaleno, etc.) deben adoptarse, además, otras medidas especiales ya que solo las generales no garantizan una adecuada protección. Algunas de estas pueden ser:

- **Ventilación.** La medida consiste en una ventilación que provoque la dilución de la sustancia inflamable en toda el área del proceso de trasvase donde puedan generarse atmósferas inflamables o explosivas. Como medida de seguridad se recomienda suficiente margen de seguridad no alcanzar nunca en estas áreas el 20 % del límite inferior de explosividad (LIE). Por ejemplo, siendo el LIE (% volumen) del benceno es de 1,2 %, la recomendación es que nunca se alcance el 20 % de dicho valor, es decir, el 0,24 % de benceno (en volumen) en la mezcla con el aire.
- **Inertización.** Esta medida consiste en inyectar a presión un gas inerte (como por ejemplo nitrógeno) en el lugar donde puede formarse la atmósfera explosiva (particularmente en el interior de los depósitos) de manera que este desplace al oxígeno presente, evitando de esta forma la propagación de una posible ignición. Se considera que un sistema de inertización es eficaz cuando se consigue reducir la concentración de oxígeno al menos al 11 %.
- **Respetar los tiempos de relajación.** Cuando tenemos un líquido inflamable cargado electrostáticamente en el interior de un depósito vemos que por polarización se crea una carga de signo contrario en la pared interna del depósito. Con el paso del tiempo las cargas presentes en el líquido migran hacia las paredes internas del depósito para recombinarse con las cargas (de signo contrario) presentes en dicha pared. La velocidad (el tiempo) con que se produzca esta recombinación dependerá de la resistividad/conductividad del líquido almacenado en el depósito. Cuanto mayor sea dicha resistividad (y por tanto menor sea su conductividad) mayor será el tiempo requerido para la recombinación total (o al menos hasta un nivel no peligroso) de la carga almacenada en el depósito. A este concepto se le llama “tiempo de relajación”.

Como ya vimos, los tiempos de relajación pueden acortarse muchísimo aumentando la conductividad del líquido combustible por aditivación. Recordamos el ejemplo de la gasolina que tiene una resistividad / conductividad de unos  $10^{13} \Omega\cdot m$  /  $0,1 \text{ pS/m}$ ; pero si se le agrega entre 1 y 2 g/m<sup>3</sup> de un aditivo antiestático puede llegar a  $10^8 \Omega\cdot m$  /  $10000 \text{ pS/m}$ , lo que reduce sustancialmente el tiempo de relajación y por consiguiente el riesgo de incendio o explosión en operaciones de trasvase.

El trasvase de líquidos inflamables de baja resistividad (gasóleos, gasolinas, etc.) requiere un tiempo de relajación que no suele superar los 30 segundos. Sin embargo, el trasvase de líquidos inflamables de alta resistividad genera una gran cantidad de cargas en el seno de los productos y, además, estos no son capaces de recombinar sus cargas con facilidad; por ello, en estos casos se suele recomendar el establecimiento de tiempos de relajación mayores, por lo general de uno a varios minutos.

Por su interés, recogemos íntegramente una tabla publicada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSHT, 2015) Indica, para ciertas sustancias, su conductividad y tiempos de relajación mínimos recomendados.

Es particularmente importante conocer los tiempos de relajación cuando se deben efectuar operaciones de muestreo en los recipientes, ya que constituyen frecuentemente un foco de ignición en sí mismos. Se deberán respetar los tiempos de relajación con un coeficiente de seguridad amplio. Es preferible el empleo de sistemas cerrados de muestreo, empleando agentes inertizantes en caso de ser necesario. Si no existe otra alternativa que la de usar muestreadores personales, estos deberán ser metálicos y estar conectados equipotencialmente al recipiente.

Sustancia	Conductividad (pS/m)	Tiempo de relajación (s) <sup>(1)</sup>
<b>Sustancias con conductividad ALTA (&gt; 1000 pS/m)</b>		
Crudo petrolífero	$\geq 10^3$	$\leq 0,02$
Alcoholes	$10^6 - 10^8$	$2 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-5}$
Cetonas	$10^5 - 10^6$	$2 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-4}$
Agua pura	$5 \times 10^6$	$10^{-6}$
Agua (no destilada)	$\geq 10^6$	$\leq 2 \cdot 10^{-7}$
<b>Sustancias con conductividad MEDIA (50 - 1000 pS/m)</b>		
Aceites con aditivos disipativos	$50 - 10^3$	$0,02 - 0,04$
Fuelóleos pesados	$50 - 10^5$	$2 \cdot 10^{-4} - 0,4$
Ésteres	$10^2 - 10^6$	$2 \cdot 10^{-5} - 0,2$
<b>Sustancias con conductividad BAJA (&lt; 50 pS/m)</b>		
Parafinas	$10^{-2} - 10$	$2 - 2000$
Compuestos aromáticos (tolueno, xileno, etc.)	$10^{-1} - 50$	$0,4 - 200$
Gasolinas	$10^{-1} - 10^2$	$0,2 - 200$
Querosenos	$10^{-1} - 50$	$0,4 - 200$
Gasóleos	$1 - 10^2$	$0,2 - 20$
Aceites lubricantes	$10^{-2} - 10^3$	$0,02 - 2000$
Éteres	$10^{-1} - 10^2$	$0,2 - 200$

Tabla 2. Tiempos de relajación mínimos recomendados para el trasvase de líquidos inflamables. (INSHT, 2015, p. 72)

## 9. CASOS DE APLICACIÓN: DESCARGAS EN SUPERFICIES LIBRES DE LÍQUIDOS INFLAMABLES ALMACENADOS EN RECIPIENTES

Cuando un líquido inflamable cargado electrostáticamente es trasvasado a un recipiente, las cargas que contiene tienden a acumularse en sus superficies de este debido a la propia repulsión interna de dichas cargas, que tienen el mismo signo. En esta situación, nos podemos encontrar con dos casos diferenciados:

- Recipiente conectado a tierra.** Tal puede ser el caso de un recipiente enterrado en el terreno o dispuesto directamente sobre este o bien un recipiente que se ha conectado eléctricamente a tierra. En este caso, la parte externa del recipiente es eléctricamente neutra pues las cargas generadas en dicha superficie exterior se disipan a tierra. Sin embargo, en su interior tenemos una situación en la que el líquido presente está cargado con cargas de un determinado signo con tendencia a acumularse en sus superficies y las paredes internas del recipiente también se encuentran cargadas con cargas de signo contrario. Existe por tanto una diferencia de potencial entre el líquido y las paredes internas del recipiente que se mantendrá mientras dure el tiempo de relajación, al final del cual todas las cargas presentes se han recombinado. **No existe ninguna forma de evitar ese desequilibrio temporal** intrínseco al propio proceso de trasvase, por lo que, si la carga acumulada fuera muy elevada podría producirse una descarga disruptiva entre la superficie libre del líquido y la pared interior del recipiente o cualquier otro elemento constituyente del mismo. En esta situación, la única forma de evitar la ignición es garantizando una atmósfera interior ininflamable, por ejemplo por inertización.

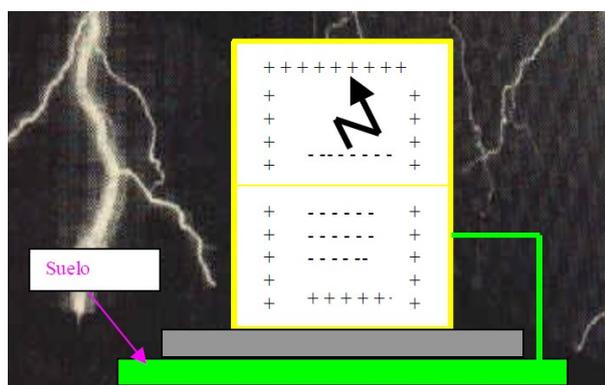


Figura 19. Distribución de cargas en un recipiente puesto a tierra.

- Recipiente aislado de tierra.** Tal podría ser el caso del depósito de un camión cisterna si este no se conecta eléctricamente a tierra. En este caso, admitiendo, como suele ser habitual, que la pared del depósito también es

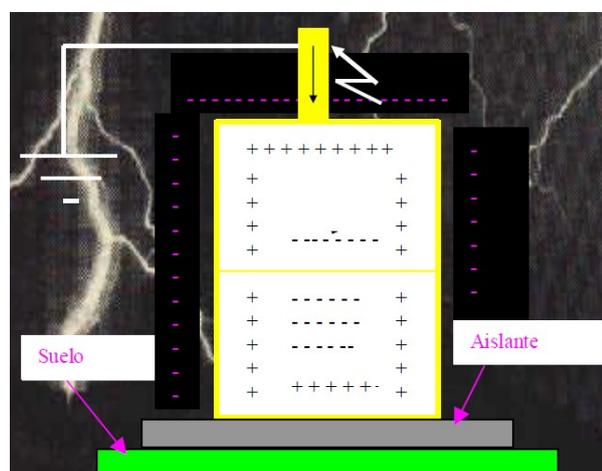


Figura 20. Distribución de cargas en un recipiente aislado de tierra.

metálica, se genera una carga, idéntica a la existente en el seno del líquido inflamable y del mismo signo, en la pared exterior del mismo que no puede migrar a tierra pues el depósito está aislado de tierra. En esta situación es muy probable que se pueda producir una descarga disruptiva entre la boca del recipiente y la tubería de llenado (que sí que está puesta a tierra) o cualquier otro elemento metálico conectado a tierra. Como quiera que se trasvasa un líquido inflamable, se genera una situación muy peligrosa.

## REFERENCIAS NORMATIVAS

---

- ESPAÑA. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado* [en línea], 10.11.1995, núm. 269. [Consulta: 10.12.2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>
- ESPAÑA. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado* [en línea], 23.04.1997, núm. 97. [Consulta: 10.12.2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/486/con>
- ESPAÑA. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. *Boletín Oficial del Estado* [en línea], 21.06.2001, núm. 148. [Consulta: 10.12.2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/06/08/614/con>
- ESPAÑA. Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. *Boletín Oficial del Estado* [en línea], 18.06.2003, núm. 145. [Consulta: 10.12.2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/06/08/614/con>
- ESPAÑA. Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español. *Boletín Oficial del Estado* [en línea], 27.02.2014, núm. 50. [Consulta: 10.12.2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/02/14/97/con>
- UNIÓN EUROPEA. 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. *Diario Oficial de la Unión Europea L* [en línea], núm. 81, 31.03.2016. [Consulta: 10.12.2020]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=OJ:L:2016:081:TOC>

## REFERENCIAS TÉCNICAS

---

- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España) (1988). *Electricidad estática en el trasvase de líquidos inflamables (I)* [en línea]. Madrid: INSHT. 9 p. [Consulta: 10.12.2020]. (Notas Técnicas de Prevención; 225). Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_225.pdf](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_225.pdf)
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España) (1995a). *Electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna (I)* [en línea]. Madrid: INSHT. 6 p. [Consulta: 10.12.2020]. (Notas Técnicas de Prevención; 374). Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_374.pdf](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_374.pdf)
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España) (1995b). *Electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna (II)* [en línea]. Madrid: INSHT. 7 p. [Consulta: 10.12.2020]. (Notas

Técnicas de Prevención; 375). Disponible en:

[https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_375.pdf](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_375.pdf)

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España) (1995c). *Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad* [en línea]. Madrid: INSHT. 11 p. [Consulta: 10.12.2020]. (Notas Técnicas de Prevención; 379). Disponible en:

[https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp\\_567.pdf](https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_567.pdf)

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España) (2000). *Protección frente a cargas electrostáticas* [en línea]. Madrid: INSHT. 9 p. [Consulta: 10.12.2020]. (Notas Técnicas de Prevención; 567). Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp\\_567.pdf](https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_567.pdf)

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España) (2010). *Calzado y ropa de protección antiestáticos* [en línea]. Madrid: INSHT. 6 p. [Consulta: 10.12.2020]. (Notas Técnicas de Prevención; 887). Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/328681/887w.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España) (2015). *Riesgos debidos a la electricidad estática* [en línea]. Madrid: INSHT. 99 p. [Consulta: 10.12.2020]. Disponible en:

<https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/riesgos-debidos-a-la-electricidad-estatica>

# INVASSAT

*Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball*

[www.invassat.gva.es](http://www.invassat.gva.es)

[secretaria.invassat@gva.es](mailto:secretaria.invassat@gva.es)



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

Conselleria d'Economia  
Sostenible, Sectors Productius,  
Comerç i Treball