

# Seguridad



## LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA EN LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS INFLAMABLES Y DISOLVENTES (y 2)

**José L. MAÑAS LAHOZ.**

Dr. Ingeniero Industrial.  
Jefe de Servicio de Seguridad de  
ENERGÍA E INDUSTRIAS ARAGONESAS, S.A.  
Miembro de COSHIQ.

### MEDIDAS GENERALES DE PROTECCION.

Como ya dijimos repetidamente, la generación de la electricidad estática es un hecho que no se puede evitar; lo único que se puede hacer es anular o paliar sus efectos a base de tomar algunas medidas que los anulen. Hablaremos aquí de los más usuales y generalizados en la industria aunque, a veces, haya que hacer un estudio muy detenido antes de elegir el más adecuado cuando las circunstancias de lugar o de proceso, así lo requieran. Por ejemplo; habrá que estudiarlo minuciosamente, para la fabricación de ciertos explosivos con una bajísima energía mínima de encendido. (Véase para aclaración de este importante concepto el ANEXO I y la correspondiente tabla que lo acompaña).

He aquí las medidas más generales:

- Interconexión y puesta a tierra electrostática de todas las partes conductoras.
- Incremento de la conductividad eléctrica de los materiales manipulados.
- Por control de la humedad ambiental.
- Ionización de la atmósfera próxima al material.

### INTERCONEXION Y PUESTA A TIERRA.

Si se conectan entre sí, y a tierra, las superficies

sobre las que se han formado electricidad estática de un determinado conjunto o proceso (haciendo una interconexión eléctrica), se pueden eliminar las cargas estáticas. Aún con una conexión a tierra de resistencia relativamente alta, sería suficiente, ya que los potenciales estáticos son relativamente altos y las intensidades, como ya se ha dicho, bastante bajas; sin embargo, la práctica industrial aconseja que en las operaciones industriales, se deben usar conductores que tengan bajas resistencias a tierra, ya que, aparte de poder derivar las corrientes estáticas, las mismas conexiones a tierra pueden desempeñar una función de seguridad en caso de defectos eléctricos, descargas de rayos o corrientes estáticas. La resistencia que se aconseja debe ser baja, normalmente inferior a  $10\Omega$ . Más importante todavía que tener una puesta a tierra de muy baja resistencia es comprobar periódicamente su continuidad eléctrica y la medida, que a veces varía mucho con el tiempo, del valor de su resistencia.



Conexión a tierra y enpeñados.

No obstante, e renglón seguido hay que decir que la puesta a tierra, pese a ser necesaria, resulta que no siempre es suficiente por sí sola, ya que no impide la producción de las cargas, sino únicamente su acumulación en los conductores. Los eventuales peligros de encendido a raíz de la acumulación de cargas en cuerpos dieléctricos, al no ser buenos conductores, no quedarán eliminados totalmente por la puesta a tierra, pues la electricidad circula mal por los cuerpos dieléctricos.

En el caso práctico de la electricidad estática generada sobre las correas de goma o de cuero, puede descargarse instalando un peine o colector de metal conectado a tierra sostenido de tal forma que se encuentra muy cerca de la superficie inferior

de la correa. Además existen correas de goma conductora de la electricidad, que contiene porcentajes suficientes de carbono (negro de humo) para facilitar el grado necesario de conductividad. También existen revestimientos conductores para correas, con resultados satisfactorios para impedir la acumulación de electricidad estática. Sin embargo, el efecto de protección no es permanente y, por lo general, son necesarias repetidas aplicaciones. Los accionadores de engranajes metálicos o de cadena, se instalan, a veces, en lugar de las correas, en los sitios peligrosos, para evitar los riesgos de la electricidad estática.

También son conocidas por el gran público las tiras de goma conductoras (con alto contenido de carbono) que se utilizan en los coches para descargar hacia el pavimento la electricidad estática generada al rozar con el aire, a partir de cierta velocidad.



## INCREMENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS MATERIALES, LAS MÁQUINAS O LOS ELEMENTOS MANEJADOS.

Como es sabido, la conductividad eléctrica es lo opuesto a la resistencia e indica la "facilidad" con la que la corriente circula por un determinado material (\*). Si la resistencia específica, se mide en  $\Omega \times \text{cm}$ , la conductividad específica se mide por su inversa:  $\Omega^{-1} \times \text{cm}^{-1}$ .

Su unidad es el Siemens/cm. Véase en la tabla del Anexo II, tomada del trabajo n° 2 de la Bibliografía que damos al final, donde figura la conductividad específica de unos cuantos productos líquidos usados en la industria química, petroquímica y de disolventes.

(\*) Normalmente se considera a un cuerpo como conductor cuando su resistencia específica es inferior a  $10^6 \Omega \times \text{cm}$ . Cuando es superior a esta cantidad se le cataloga como aislante.

Este es un campo de un gran futuro pero que, a juicio de los investigadores, no está todavía lo suficientemente desarrollado, principalmente debido a que las sustancias antiestáticas que se adicionan para aumentar la conductividad tienen una duración limitada y hay que ir añadiendo cierta cantidad de ellas periódicamente. Veamos algunos casos:

Los más sencillos y conocidos por el gran público, son las bayetas y cepillos antiestáticos para la limpieza de los discos que evitan que el polvo se adhiera electrostáticamente al material que los constituye.

Existen en el mercado sustancias antiestáticas para aplicar en forma de Spray sobre suelos, moquetas y piezas de tejidos, muebles, máquinas, etc. (Por ejemplo, los agentes antiestáticos CATANAC fabricados por CYANAMID).

Cuando no sean recomendables, o impliquen cierto peligro, las cargas electrostáticas de las correas en atmósferas inflamables o explosivas, es preciso utilizar correas antiestáticas o bien tratarlas con un revestimiento antiestático. Ninguno de estos remedios es permanente, dado que las correas van perdiendo sus propiedades antiestáticas. A menudo resultan eficaces las correas buenas conductoras de la electricidad que se mueven sobre poleas de acero conectadas a tierra.

Otras materias que, por su índole, son dieléctricas pueden hacerse conductoras mediante una serie de adiciones. También en los líquidos no conductores se da la posibilidad de aumentar la conductividad mediante adición y mezcla de unos aditivos antiestáticos. Por ejemplo, se puede aumentar la conductividad de la gasolina mediante adición de alcohol, de oleato de magnesio, de ácido acético, etc.

Como medios antiestáticos pueden utilizarse también disoluciones a las que vienen adicionadas sales, poliglicoles, jabones higroscópicos y similares.

#### POR CONTROL DE LA HUMEDAD AMBIENTAL

En materiales no buenos conductores, la carga estática tiene tendencia a permanecer estacionaria en la vecindad del lugar donde se generó. Afortunadamente, en la mayoría de los materiales las acumulaciones se pueden evitar si existe sobre la superficie una película conductora que descargue la energía a tierra. La película conductora más común es la humedad, que se vuelve conductora por las impurezas de la superficie. Cuando la humedad es elevada,

el vapor de agua se adhiere a la superficie; por eso el problema de la electricidad estática es notablemente menor que cuando la humedad relativa es baja. Las pulverizaciones antiestáticas, señaladas en el apartado anterior, producen la misma clase de película, sólo que duran más que el agua común.

Así pues, el peligro de la electricidad estática es mayor cuando la humedad relativa es baja. La humedad relativa exterior es por lo general más alta durante el verano que durante el invierno. La humedad interior de los edificios y talleres, en el invierno, es por lo común muy baja, y más todavía si hay calefacción, a menos que haya humidificación artificial.

La teoría indica que cuando la humedad es alta, se formará una ligera película de humedad invisible sobre todas las superficies, que facilita la conductividad eléctrica, la cual drena las cargas estáticas cuando se forman. Dicha película de humedad, puede ser tan ligera que resulta imperceptible al tacto, siendo suficiente para impedir las acumulaciones estáticas.

Una humedad relativa del 60 al 65 por ciento será, por lo general, suficiente, pero la humedad mínima necesaria para tener una cierta seguridad, puede variar dentro de unos márgenes considerables, bajo diferentes condiciones. (En la Ordenanza vigente de Higiene y Seguridad en el Trabajo artículo 57- se indica la necesidad de que se mantenga la humedad relativa "sobre el 50%" en lugares con ambiente inflamable).

Este sistema de limitación de las acumulaciones estáticas ha sido utilizado con éxito diverso. En teoría, si la humedad es alta, existirá una ligera película de humedad en todas las superficies proporcionándoles la suficiente conductividad eléctrica como para eliminar las cargas estáticas a medida que se generan.

Una de las desventajas de la utilización del control de la humedad ambiental está en el posible efecto perjudicial que el alto grado de humedad pudiera tener tanto sobre la máquina o instalación en sí, como para el producto que está siendo procesado. Si se mantiene una humedad relativa superior al 60% (a 21° C), es posible que se pueda eliminar la electricidad estática, pero el alto porcentaje de humedad resulta frecuentemente perjudicial para ciertos procesos de fabricación.

La humedad deseada se obtiene por medio de humidificadoras especiales de ambiente, o inyectoras de vapor, colocados en calentadores con ventila-

dor de impulsión. La humedad relativa se mide con un higrómetro que da el porcentaje en forma directa.

## IONIZACIÓN DE LA ATMÓSFERA PRÓXIMA AL MATERIAL.

En ciertos casos, en los que no es posible disipar la carga estática de los materiales que lo acumulan por otros medios, se puede intentar ionizar la atmósfera que los circunda para que así, haciendo conductor al aire, se absorba la energía y la diferencia de carga de la chispa potencial acumulada entre estos cuerpos. La ionización separa a los electrones orbitales de sus átomos, dejando, por una parte, a los átomos positivamente cargados, y por otra, a los electrones cargados negativamente.

Como es sabido, en un campo eléctrico -espacio que hay entre dos cuerpos de potenciales eléctricos distintos- los iones positivos son atraídos hacia el cuerpo que está cargado negativamente y los iones negativos son atraídos hacia el cuerpo que está cargado más positivamente. Los iones negativos son, consiguientemente, absorbidos por el cuerpo positivo y los iones positivos atraen electrones del cuerpo negativamente cargado.

La ionización puede producirse: 1) Haciendo pasar aire a través de campos eléctricos intensos creados por neutralizadores de inducción, o por neutralizadores a alto voltaje, a fin de arrastrar a los electrones orbitales libres de los componentes del aire con la ayuda de gradientes de potencial elevados, o bien 2) pueden usarse fuentes radiactivas para expulsar a los electrones fuera de la órbita, por la ionización creada por partículas alfa. (Aunque a veces, se puede hacer también con partículas beta).

La ionización se puede lograr asimismo aprovechando el hecho que cuando se crea un campo eléctrico entre un objeto puntiagudo y una superficie relativamente grande, el gradiente de potencial entre el punto y la superficie no es uniforme. El potencial (en voltios) desciende (o aumenta de acuerdo con la polaridad) muy rápidamente en la vecindad de la parte en forma de punta y con mucha menos rapidez cerca de la superficie. Este elevado gradiente de potencial tenderá a ionizar el aire en la vecindad del objeto puntiagudo formando el llamado efecto corona (descargas de baja potencia distribuidas circunferentemente, alrededor de la punta u objeto puntiagudo). Los iones, de la misma polaridad que la punta, serán atraídos hacia la superficie y se producirá una trans-

misión de energía entre la punta y la superficie. El pararrayos es un ejemplo de esta clase de dispositivo ionizante.

En resumen diremos que aunque el aire no es por lo general buen conductor de la electricidad -sobre todo cuando está seco- pero que cuando se ioniza tienen la conductividad suficiente para impedir la acumulación de cargas estáticas. Esta ionización puede producirse por descargas eléctricas o por sustancias radioactivas, o por la presencia de campos eléctricos.

Las llamas de distintos gases, también pueden producir ionización y resultan eficaces para eliminar las cargas estáticas en determinadas situaciones tales como en las máquinas impresoras pero, como es obvio, su uso no resulta adecuado en presencia de vapores o de polvos inflamables.

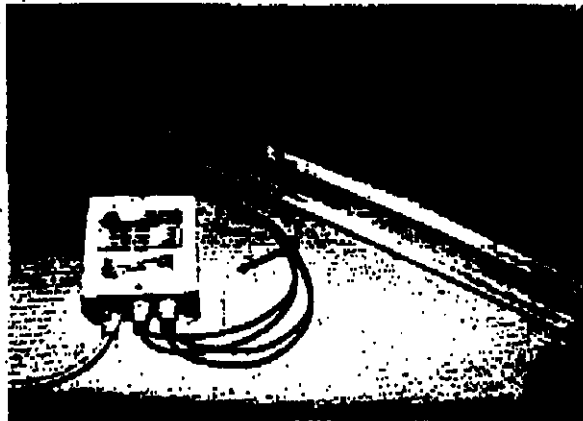
No obstante todo lo que venimos diciendo, hay que resaltar que la utilización de los neutralizadores, debe hacerse con reservas, por los peligros inherentes a ellos en atmósferas inflamables o explosivas.

Entrando ya en su explicación concreta, diremos que la ionización puede obtenerse con el empleo de neutralizadores de cargas estáticas que funcionan suministrando una abundante provisión de iones positivos y negativos al aire que se encuentra entre el neutralizador y el material cargado electrostáticamente. Este proceso se denomina ionización del aire. Existen entre otros, tres tipos de neutralizadores electrostáticos: de alta tensión, de inducción y radioactivos.

### a) El neutralizador de alta tensión.

El neutralizador de alta tensión se presenta, la mayoría de las veces, bajo la forma de una "barras neutralizadora" dotada de puntas metálicas, o de un hilo, conectados a alta tensión alterna, rodeados de una envoltura metálica con sección de U, puesta a tierra.

La ionización del aire se consigue artificialmente gracias a la tensión aplicada, cuyo valor puede variar entre 5.000 y 15.000 volts. Es importante señalar que la corriente de cortocircuito de alimentación por alta tensión está limitada a algunas décimas o centésimas de miliamperio, para que no exista el riesgo de electrocución de los hombres que lo manipulan (ya ha sido dicho que la electrocución, en los casos más desfavorables, sólo se puede producir con corrientes superiores a varias decenas de miliamperios).



Los iones así producidos siguen las leyes físicas del campo eléctrico mixto que resulta del creado por la carga a suprimir y del debido a la alta tensión (siendo este último en general de intensidad muy superior a la del primero).

La carga global es así rápidamente neutralizada. Contrariamente al neutralizador por inducción, estos aparatos pueden neutralizar cargas relativamente bajas, siendo la ionización independiente del campo creado por estas cargas. Esta ionización produce descargas radiantes (efecto corona).

La eficacia de un neutralizador de esta clase puede aumentarse, aún más, por la incorporación de una soplante de aire.

Al ser generadores de alta energía generan más de la que disipan: no es conveniente utilizarlos en ambientes inflamables pues pueden iniciar la ignición.

**b) El neutralizador por inducción. (ionización de puntas).**

Al contrario del neutralizador por alta tensión, con el que la ionización del aire se obtiene porque, previamente, se comunica corriente alterna a las puntas de la barra neutralizadora -es decir, consumiendo energía externa-, estos neutralizadores crean por inducción en las inmediaciones de las puntas neutralizadoras, de las que también están dotados, un campo eléctrico aprovechando precisamente como fuente de energía las cargas del objeto que pretendemos neutralizar. O sea, se genera un campo entre esas cargas y las puntas metálicas del ionizador por inducción (que están conectadas a tierra).

Este ingenioso sistema se puede utilizar la mayoría de las veces, pero hay que tener cuidado con las mezclas gas/aire que presentan energías de encendido pequeñas o con ciertos explosivos peligrosos.

Cuanto mayor sea la electrificación del objeto cargado mayor será el campo y, por tanto, más grande la ionización de la atmósfera circundante con lo que se neutralizan, en gran parte, las cargas y así vuelve a comenzar el ciclo.

No obstante las cargas, por la misma dinámica de su proceso no se eliminan completamente aunque, por lo general, sí se reducen de manera suficiente.

**c) El neutralizador radioactivo.**

Generalmente utiliza isótopos de radio o polonio para la ionización del aire. En este caso, son emitidas partículas  $\alpha$  por el núcleo de radio, polonio y otros isótopos radioactivos que se van desintegrando en forma paulatina (también hay otros que emiten partículas  $\beta$ ). El alcance de ionización por la emisión de partículas alfa en el aire es reducido y se limita a una distancia eficaz de 7/8 cm. aproximadamente.

A pesar de que los fabricantes tienen, en general, bien resueltos y neutralizados los peligros de la radioactividad para las personas que los manejan, no resultan muy útiles ya que, aunque se puedan utilizar en lugares con ambiente inflamable pues no producen fuentes de ignición, no resultan prácticos ni económicos para los grandes volúmenes de productos inflamables normalmente manejados en la industria moderna. Si que tienen utilidad en trabajos que ofrezcan grandes peligros de electricidad estática y en zonas de trabajo de pequeñas o moderadas dimensiones.

Existen también en el mercado aparatos que combinan las acciones de uno y otro tipo de neutralizador. Por ejemplo, los que combinan los sistemas de inducción y radioactivos.

Hay neutralizadores en forma circular para ser utilizados en las industrias de transformados de plásticos (por ejemplo en la fabricación de bolsas y botellas u otras piezas moldeadas o estiradas). Asimismo, hay pistolas difusoras y boquillas sopladoras de aire ionizado (para usar en imprentas, sistemas de pintado a presión, piezas moldeadas, etc).

## CARGAS ELECTROSTÁTICAS DE LAS PERSONAS.

Desgraciadamente, las personas pueden cargarse fácilmente tanto por su movimiento o roce con el medio exterior como por la influencia de ciertos campos eléctricos. Algunos vestidos, con una conductividad insuficiente, favorecen la carga. El contacto con objetos susceptibles de carga puede producir la transmisión a las personas. Por la influencia de campos eléctricos pueden producirse cargas electrostáticas sobre las personas que se encuentran en la proximidad de objetos cargados eléctricamente. En cualquier caso, es condición necesaria para que se pueda generar una carga que la persona esté aislada eléctricamente. Por ejemplo, que las suelas de sus zapatos sean de materiales no conductores (goma, plástico) o que esté sobre suelas con un recubrimiento de material no conductor. La carga de las personas puede llegar a ser tan elevada que el acercamiento a un objeto conductor (por ejemplo a una pieza metálica de la instalación) puede producir una descarga de chispa. Esto puede ser muy peligroso si cerca existiese una mezcla explosiva (gas-aire o vapor-aire) u otros materiales explosivos.

Paradójicamente, este mismo fenómeno si se produce en un ambiente donde no haya mezcla inflamable o carga explosiva, no tendría más importancia que la molestia, en el momento de saltar la chispa, que sintiese la persona afectada. Una vez más queda claro la relatividad del peligro de la electricidad estática, que no sólo depende de la generación de la chispa sino, sobre todo, de las características del "medio" donde se produzca. Donde se manejen, por ejemplo: Sulfuro de Carbono, Explosivos, Acetona, Eter Etilico, etc., habrá mucho más peligro que en la mayoría de los otros procesos industriales.

Además, la acumulación de cargas estáticas depende mucho de las características físicas del individuo, sobre todo de su piel y de la sudoración y, más en general, de si la piel está seca o húmeda. Por otro lado, el cuerpo humano es, relativamente, un buen conductor de la electricidad pero cada día se suele vestir y calzarse con materiales que no sólo son malos conductores sino que además generan bastante electricidad estática. Esto es evidente al analizar las fibras modernas, los plásticos, los tejidos industriales, etc. Son buenos, confortables, resistentes, económicamente asequibles, pero malos para el control de la electricidad estática. En estas condicio-

nes el cuerpo humano, un relativamente buen conductor, rodeado de aislantes (los vestidos y los zapatos), se comporta como un condensador eléctrico de elevada capacidad que, además, actúa como un generador de electricidad estática. ¡O sea, genera electricidad estática y tiende a ir acumulando! El cuerpo humano es capaz de acumular cargas estáticas de hasta 10.000 Voltios en períodos secos. Estas características si se dan conjuntamente son fatales para ciertos procesos y habrían de ser obviados.

## MATERIALES Y PRENDAS DE PROTECCIÓN ELECTROSTÁTICA PARA LAS PERSONAS.

Independientemente de las protecciones a las instalaciones señaladas anteriormente (Interconexión y Puesta a Tierra, incremento de la Conductividad, control de la Humedad Ambiental e Ionización para ciertos procesos con materiales combustibles o explosivos es necesario, además, dotar de una protección integral a las personas que allí trabajen para evitar que sean fuentes de chispas electrostáticas. Entre los materiales y prendas más comúnmente usados destacaremos:

### CALZADO CONDUCTOR Y SUELOS ANTIESTÁTICOS.

El uso de zapatos conductores, combinado con la utilización de suelos también eléctricamente conductores, en las zonas donde se manejen los materiales peligrosos, son los medios más comunes para controlar dichos peligros.

Los zapatos comunes, con suela de cuero, sobre todo si hay humedad suficiente, pueden originar una conductividad elevada. No obstante, no hay que fiarse de esto en el caso de personas que tengan una piel seca, o cuando se usa goma u otros materiales aislantes conjuntamente con la suela de cuero. Por ello a veces, se usan remaches metálicos que atraviesan en su totalidad la suela del zapato para aumentar su conductividad. Estos remaches deberán ser entonces de metal blando, no férreo, para evitar el peligro de que produzcan chispas. Habría que decir también que los zapatos conductores resultan eficaces solamente cuando son usados sobre un suelo con buena conductividad.

La resistencia máxima, admitida por la ASA (American Standard Association) para los zapatos conductores es de 450.000 Ohmios. Para los suelos

conductores 250.000 Ohmios. Los suelos conductores más comunes son: cemento antichispas, óxido-ruro de magnesio, leetas de asfalto conductor y plaquetas de goma conductora.

#### VESTIDOS.

En principio habría que decir que, por regla general, los vestidos comerciales normales no suelen aportar grandes peligros en los locales con riesgo de explosión, siempre que las personas lleven calzado conductor adecuado y la resistencia eléctrica del suelo no supere los máximos señalados en el párrafo anterior.

En ciertos casos especiales, tales como en aquellas actividades con materiales muy explosivos o en instalaciones de envasado de éter, es necesario evitar el uso de prendas como rayón, lana, seda, nylon, fibras acrílicas y poliésteres, etc., y cambiarlas por otras de algodón que no presenten estos problemas.

#### GUANTES.

Si no se emplean guantes conductores en las zonas peligrosas, pueden producirse riesgos de ignición al poderse cargar un objeto conductor aislado, al tomarlo, por el guante. (Por ejemplo, una herramienta metálica). Por consiguiente la resistencia eléctrica de los mismos no deberá ser superior de la señalada para el caso del calzado.

#### RESUMEN:

A pesar de lo dicho, en el punto 1 en el que, para simplificar y entender el fenómeno, se ponía el ejemplo de la generación de electricidad estática con dos sustancias distintas y no conductoras, que se unían y separaban para producir cargas estáticas, la verdad es que el fenómeno es mucho más general y corriente y se presenta con muchísima frecuencia en la naturaleza: lo que sucede es que sus efectos, a veces, por la pequeñez de sus cargas, no se manifiestan exteriormente y tienen que ser detectados con la ayuda de aparatos pero, repetimos, es un proceso general y que se repite continuamente. (Véanse en el ANEXO III, como ejemplo, algunos problemas y accidentes originados últimamente por la electricidad estática).

En concreto, y para que se vea el alcance de la misma diremos que:

La electricidad estática puede ser generada por

la fricción entre dos materiales no conductores o por la fricción entre dos superficies de las que solamente una es de material no conductor. También es producida por la fricción entre muchas partículas similares de una sustancia, cuando se produce el movimiento de las partículas; por la dispersión de un líquido al formarse muchas gotitas pequeñas y en la formación de polvos. Lo mismo se produce cuando dos materiales en contacto o adhesivos, se separan. También, por la separación de dos capas de un mismo material. Las grandes cargas estáticas que se hacen evidentes en forma de rayos, se acumulan en las nubes y en las masas de aire, como resultado de su movimiento. Las muchas y muy variadas formas de electricidad estática con excesivamente complejas y, aunque son estudiadas por muchos investigadores, no se han comprendido todavía del todo.



Continuidad eléctrica de circuitos, como mecanismo unificador equipotenciales.

Los ejemplos de la generación de electricidad estática se producen en el bombeo o rociado de líquido, en el movimiento de gases y de las máquinas. La electricidad estática se genera también al rozar con el aire en el movimiento de los automóviles, también los neumáticos de goma en los puntos en que abandonan el pavimento. También se genera con el funcionamiento de las correas de transmisión. La mayoría de los materiales pueden desarrollar cargas eléctricas por medio de una acción mecánica, pero solamente aquellos materiales que son pobres conductores de la electricidad o que están bien aislados permitirán que las cargas eléctricas permanezcan estáticas, es decir, que se acumulen en el punto en que se manifiestan al efectuar la conexión a tierra. Los materiales que son conductores eléctricos y que están bien conectados a tierra, disipan las cargas eléctricas al formarse, por lo que cualesquiera carga eléctrica que se pudiese generar en ellos no se puede acumular ni manifestarse.

La acumulación de cargas eléctricas estáticas capaces de originar chispas peligrosas, es favorecida por una atmósfera seca, o inversamente, la disipación de estas cargas es favorecida por una atmósfera húmeda. Cuando el contenido de humedad del aire es bajo, como sucede en invierno, los suelos, máquinas y demás objetos se ponen muy secos y tienden a permitir que se acumule la electricidad estática en sus diversas partes, a menos que se conecten a tierra adecuadamente. En tiempos de gran humedad, los mismos objetos tienden a humedecerse por su superficie debido a la atmósfera, ello aumenta su conductividad y permite que las cargas estáticas se disipen hasta tierra, por lo que sus efectos no se manifiestan al exterior.

Para finalizar añadiremos que todos los problemas de riesgos electrostáticos pueden ser resueltos con mayores o menores dificultades y medios. Los dispositivos y sistemas anteriormente explicados se están aplicando con éxito en procesos que implican la circulación de materiales a través de las variadas etapas de los distintos procesos.

Otros problemas, tales como la neutralización de las cargas estáticas generadas en aviones en vuelo, en vehículos en marcha o en los quirófanos requieren otras técnicas de eliminación especiales.

## ANEXO I.

### ENERGÍA MÍNIMA DE ENCENDIDO.

La energía mínima de encendido de los gases o vapores inflamables es la mínima total de las chispas necesarias para iniciar la combustión. Puede asimilarse a la energía de descarga de un condensador, la cual, a una variación del circuito de descarga (capacidad, tensión, resistencia y distancia entre electrodos) y, asimismo, a una variación de la composición de la mezcla gas/aire o vapor/aire, susceptible de explosión, es suficiente como para producir el encendido de la mezcla explosiva (a una presión total de 1 atm. y a una temperatura de la mezcla de 20°C).

La energía total de las chispas equivaldrá a la energía eléctrica global que puede quedar puesta en libertad en la descarga de las partes cargadas electrostáticamente.

En los condensadores que llevan una carga electrostática "Q" (en amperio-segundos) a una tensión "U" (en voltios) y tienen una capacidad "C" (en faradios), la energía total de las chispas "E" (en joules = watio-segundos) es:

$$E = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} QU \cdot \frac{1}{C} \cdot \frac{Q}{U}$$

Para realizar la medida de la Energía Mínima de Encendido  $E_i$  de un cierto gas (I) se introduce este dentro de una vasija hermética y aislada en el interior de la cual hay un condensador "Standard" cuya capacidad es conocida ( $C_j$ ). Entonces, mediante un reostato se va aumentando la diferencia de potencial entre sus placas hasta llegar a una cierta tensión U, en la que el gas explota. Entonces, la Energía Mínima de Encendido de este preciso gas será.

$$E_i = \frac{1}{2} C_j U^2$$

Para el caso de los productos petrolíferos y según R. LAMOUCHE (3), la energía de las cargas estáticas de donde procede la energía de ignición depende, por lo menos, de las siguientes características:

- 1) Sus características de inestabilidad física (historia anterior del mismo).
- 2) Naturaleza y longitud de las canalizaciones.
- 3) Velocidad de trasvase.
- 4) Polaridad de la carga.
- 5) Temperatura.

A continuación, damos una tabla tomada del trabajo con referencia (12) con las Energías mínimas de Encendido de algunos productos combustibles y disolventes.



# Seguridad

Anilina	2,4.10 <sup>-8</sup>	1-4 Dioxano	5.10 <sup>-15</sup>
Benzoato de Bencilo	1.10 <sup>-9</sup>	Etanol	1,35.10 <sup>-9</sup>
Benzoato de Etilo	1.10 <sup>-9</sup>	Epiclorhidrina	3,4.10 <sup>-8</sup>
Benzoato de Metilo	1,37.10 <sup>-5</sup>	Fenol	(1+3).10 <sup>-8</sup>
Benzonitrilo	0,5.10 <sup>-7</sup>	Formamida	1,98.10 <sup>-6</sup>
Bromobenzol	1,2.10 <sup>-11</sup>	Formiato de Etilo	3.10 <sup>-7</sup>
Bromoformo	2.10 <sup>-8</sup>	Formiato de Metilo	1,92.10 <sup>-6</sup>
Bromuro de Etilo	2.10 <sup>-8</sup>	Gasolina de Lavado (Técnicamente Pura)	10 <sup>-15</sup>
Butanol-1	9,12.10 <sup>-9</sup>	Glicerina	0,6.10 <sup>-7</sup>
Butanol-Terc.	2,9.10 <sup>-7</sup>	Glicol	1,16.10 <sup>-8</sup>
Butanona-2	1.10 <sup>-7</sup>	Isobutanol	8.10 <sup>-8</sup>
Carbonato de Etilo	9,1.10 <sup>-10</sup>	Isopropanol	0,51.10 <sup>-6</sup>
Carburante Diesel (Técnicamente Puro)	10 <sup>-15</sup>	Metanol	1,5.10 <sup>-9</sup>
Clorobenzol	1.10 <sup>-9</sup>	Nitrobenzol	9,1.10 <sup>-7</sup>
Cloroformo	1.10 <sup>-10</sup>	Nitroetano	5.10 <sup>-7</sup>
Cloruro de Etilo	3.10 <sup>-9</sup>	Nitrometano	6,56.10 <sup>-7</sup>
Cresol-O	1,27.10 <sup>-9</sup>	Nitropropano-2	5.10 <sup>-7</sup>
1-2 Dibromoetano	2.10 <sup>-10</sup>	Oxalato de Etilo	7,12.10 <sup>-7</sup>
1-2 Dicloroetano	3.10 <sup>-10</sup>	Piridina	4,0.10 <sup>-8</sup>
Diclorometano	4,3.10 <sup>-11</sup>	Propanol-1	9,17.10 <sup>-9</sup>
N.N Dimetilformamida	1,83.10 <sup>-6</sup>	Tetracloruro de Carbono	4.10 <sup>-18</sup>

## ANEXO III

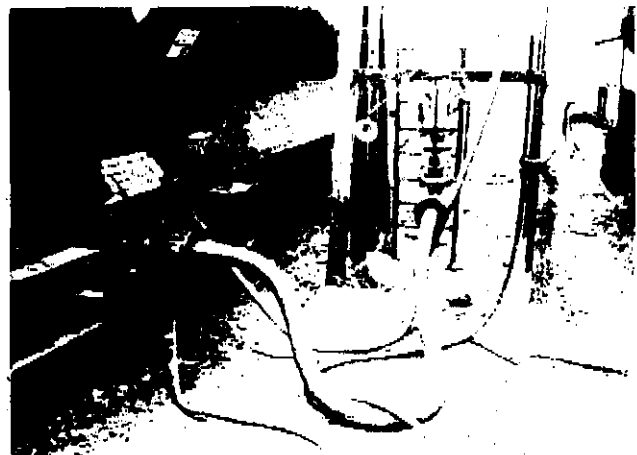
### EJEMPLOS PRACTICOS SOBRE PROBLEMAS CON LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

A continuación van descritos algunos problemas sobre electricidad estática ocurridos en empresas europeas.

- 1) En una refinería española, para limpiar los tanques, que habían contenido productos combustibles, se empleó vapor. Este vapor a 4 ó 5 Kg./cm<sup>2</sup>, aunque, paradójicamente, se utilice para inertizar los tanques, también provoca electricidad estática sobre las mangueras y boquillas que, si no se ponen a tierra, pueden hacer encender los restos petrolíferos de los tanques al producir chispas electrostáticas. Este fue el posible origen de una explosión seguida de incendio en una refinería española en 1973 (3 muertos).
- 2) Es preciso tener mucho cuidado con las mangueras aislantes, de descarga de cisternas de gasolina que, muchas veces, están hechas con productos plásticos o textiles no conductores. Sobre todo habrá que observar una especial prevención si existen partes metálicas, como

abrazaderas, tornillos, etc. colocados sobre su cuerpo aislante, pues desde ellos puede saltar la chispa.

Es aconsejable, asimismo, unir a ese mismo cable de tierra, las masas metálicas de la instalación a la que se está cargando. Ver (3) págs. 77 y s/s.



Puesta a tierra de un vagón cisterna durante su descarga.

Por tanto habrá que poner a tierra no solo la cisterna, sino además, la manguera con todas sus partes metálicas.

- 3) Otro lugar en el que habitualmente se producen chispas electrostáticas es en las oficinas y otros lugares cuyo suelo está recubierto por moquetas de fibras artificiales. Existen, como ya se ha dicho, sustancias en el comercio que, disueltas en agua y aplicadas con pulverizadores sobre la moqueta, palián los efectos de la electricidad estática general. El problema que tienen es que como son sustancias impregnantes, su efecto va disminuyendo con el tiempo y hay que volver a repetir el tratamiento cada 3 ó 6 meses.
- 4) Un problema bastante frecuente es el de los procesos de carga y descarga de sustancias químicas combustibles en los barcos. Las líneas que conducen estos productos están puestas a tierra pero es necesario asegurarse que la continuidad eléctrica no se ve interrumpida por juntas aislantes, abrazaderas u otros elementos que, a veces, pueden no ser conductores. Cuando esto suceda en una línea habrá que poner un conductor (generalmente de hilo de cobre entrelazado, sujeto a cada una de las dos bridas de la tubería). También se deberá usar para estos fines y como control técnico, el uso del telurómetro, conductímetro, megohm, etc.
- 5) Un lugar especialmente peligroso, por su producción de electricidad estática, es el llamado proceso de calandrado del papel pues la tira de papel circula a gran velocidad (a veces hasta 10 m/sg. o sea 36 Km/hora) con frotamiento entre las paredes de los cilindros (calandras) y con el papel seco y caliente. Esta causa fue el posible origen de un incendio de una fábrica de papel catalana en 1970.
- 6) Ocasionalmente la atmósfera de gas combustible y aire, dentro de un tanque, situada por encima del líquido, puede estar en un rango de explosividad superior al límite explosivo más alto, (LES), pero, a medida que la ventilación prosigue (usando eyectores de aire), ésta puede pasar por su campo de explosividad. En tales circunstancias, existen antecedentes de que una chispa electrostática, producida por un eyector de aire, haya podido provocar una explosión. Este es el motivo por el cual los

eyectores de aire deben estar siempre conectados a tierra.

- 7) **Descargando TOLUENO.** Durante la descarga de un camión-cisterna de Tolueno, en una factoría de una importante empresa europea, se produjo, en 1980, la muerte de un empleado de 46 años, debido a las quemaduras profundas producidas en toda la superficie de su cuerpo y a la inhalación de humos. Todo ello debido a la explosión del producto. Esto se produjo cuando el empleado estaba procediendo a tomar una muestra subido encima del camión-cisterna.

Esta explosión fue causada por la **electricidad estática generada** y por que no se observaron las normas de seguridad para este tipo de operaciones. En concreto:

- a) El empleado dejó funcionando el motor del camión durante la descarga y no procedió a pararlo y quitar el contacto.
- b) No bloqueó con calzos o, de otra manera, las ruedas de la cisterna.
- c) No conectó los cables de puesta a tierra de la cisterna a las tomas de tierra adecuadas de la instalación.
- d) No enganchó su cinturón de seguridad, cuando estaba subido encima de la cisterna, a un cable especial "safetiline" del que van provistas estas cisternas, para mayor seguridad de las personas que hacen operaciones encima de ellas.
- e) Debió también cerrar la válvula de descarga antes de proceder a meter un tomamuestras, colocado dentro de un pequeño recipiente metálico, cuando iba a sacar una pequeña porción de muestra por la boca superior. Al no hacerlo así, el tolueno seguía circulando por las tuberías de descarga, por lo que se estaba generando electricidad estática. Al meter el recipiente metálico saltó la chispa. Presumiblemente esta chispa saltó desde la chapa de la cisterna al recipiente metálico y el tolueno se comportó como la sustancia dieléctrica situada entre las placas de un condensador cargado. Este es uno de los **grandes riesgos de la electricidad estática, cuando se descargan productos orgánicos o disolventes.**

# Seguridad

## BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

- 1) CIAS ¿Qué es la electricidad estática? Revista Noticias de Seguridad. Englewood, New Jersey, USA. Junio 1976.
- 2) KNOWLTON, Archer E. "Manual para ingenieros electricistas".
- 3) LAMOUCHE, R. Petrole. Electrostatique et Securité Ed. Tests, Paris 1967.
- 4) L'Electricité Statique. Edición INRS n.º 234 Paris.
- 5) MAÑAS LAHOZ, J.L. "La electricidad estática" Cursos de Prevención a los Inspectores de Trabajo en AMYS (UNESA), Madrid, Abril 1975.
- 6) MAÑAS LAHOZ, J.L. y RODELLAR LISA, A. "Seguridad Básica en la Industria Química y Petrolera". Edic. ASEPEYO. Barcelona 1979.
- 7) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, NFPA Nos. 56, 77, 78 y 404 Boston, USA, 1969.
- 8) NAVARRO REVERTER, J. de la Peña. "Electricidad Estática" Ponencia en el VI Congreso Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo. Vigo, 1971.
- 9) NFPA "Manual de Protección Contra Incendios" Traducido por MAPFRE. Madrid, 1978.
- 10) O'CONNOR, J.J. "Precipitación electrostática y electricidad estática".
- 11) Prevention et Sécurité dans L'Industrie Chimique. Traducción del Alemán al Francés por A. Zundel.
- 12) UNION DE ASOCIACIONES PROFESIONALES de Alemania "Directrices para la prevención del peligro de ignición debido a las cargas electrostáticas". Traducciones COSHIQ (FEIQUE). Madrid 1971.

## Las Brucelosis Prontuario



COLECCIÓN  
TECNICA

### INDICE DE MATERIAS

Evolución histórica  
Importancia social  
Microbiología  
Hábitat ecológico  
Patogenia y clínica del ganado bovino  
Patogenia y clínica del ganado ovino y caprino  
Patogenia y clínica en razas de carneros  
Patogenia y clínica del ganado porcino  
Patogenia y clínica de la especie canina  
Patogenia y clínica en otras especies  
Brucelosis humana  
Inmunidad  
Vacunas  
Hipersensibilidad y alergias  
Diagnóstico biológico  
Profilaxis y lucha contra la enfermedad

### Autores:

**AMADOR GARCIA FERNANDEZ y ARSENIÓ RODRIGUEZ ZAPICO**

Manual de 108 páginas  
Precio de venta 300 pts.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
(Publicaciones)

C/Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID