

Los riesgos de ignición electrostática en las gasolineras

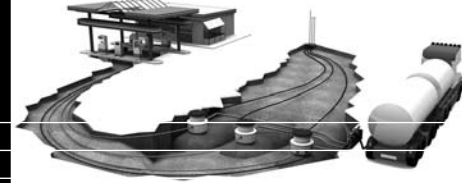


*A examen: riesgos de la red de tuberías enterradas;
un problema potencial aunque evitable para la salud y la seguridad*

Índice

Índice	3
Resumen general	4
Finalidad	6
Electricidad estática: fundamentos	8
Riesgos de ignición electrostática en las gasolineras – Principios I y II	
Principio I	10
Principio II	12
Soluciones	
Reducción de riesgos en tuberías existentes	18
Reducción de riesgos en tuberías existentes (cont.)	20
Eliminación de riesgos	21
Resumen	22
Glosario	24
Referencias	26

Las descargas electrostáticas pueden y de hecho llegan a causar graves accidentes en las gasolineras



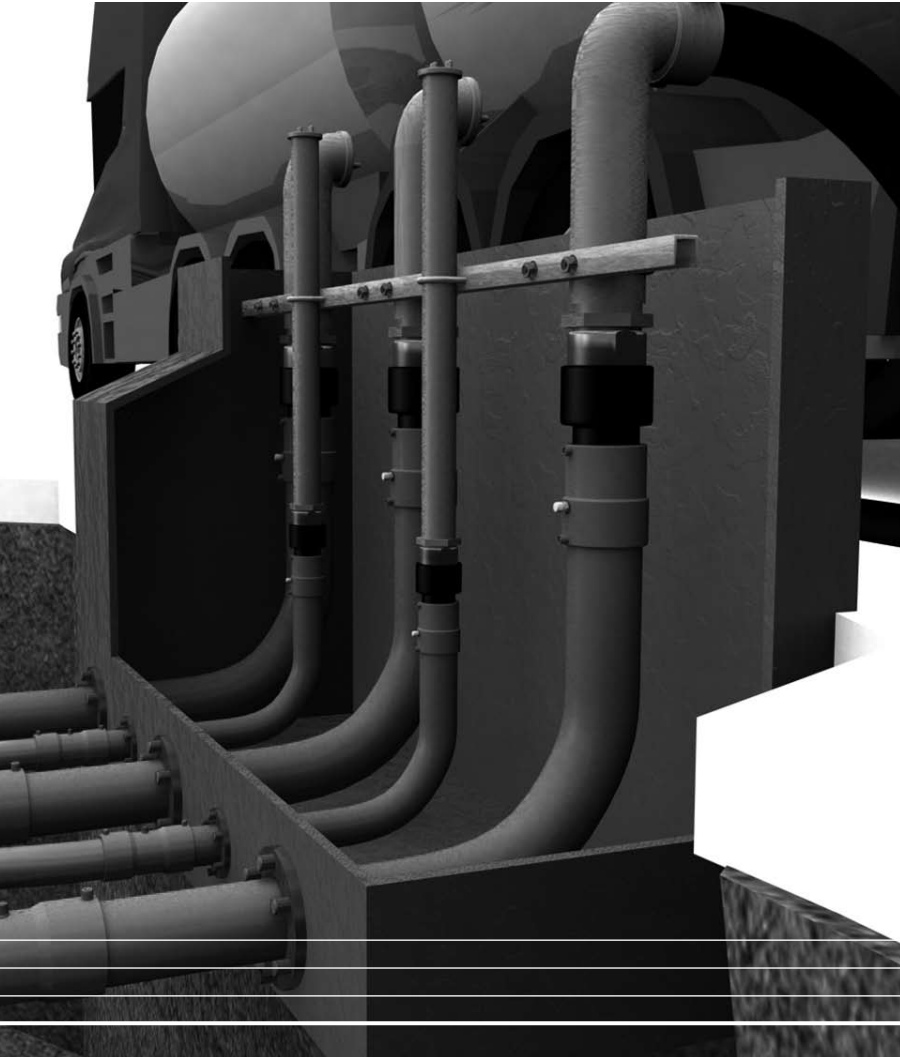
Resumen general

Se sabe que la electricidad estática y las consiguientes descargas electrostáticas (ESD, véase el glosario: Descarga electrostática) ocasionan una multitud de problemas más o menos graves en muchos procesos industriales. Cuando concurren las circunstancias “adecuadas”, la energía de una ESD puede ser suficiente como para iniciar incendios o explosiones. En muchos procesos, por ejemplo, en el repostaje de un avión, se han establecido estrictos reglamentos, normas y procedimientos para reducir los riesgos derivados de las descargas electrostáticas.

El sector de las estaciones de servicio presenta un entorno en el que la formación de atmósferas explosivas es bastante frecuente. También es harto conocido que el trasvase de combustible a través de tuberías de plástico aislante puede producir una acumulación de electricidad estática y la posibilidad de descargas electrostáticas con energía suficiente para causar la ignición de atmósferas explosivas (véase el glosario: *Energía mínima de ignición*). Las descargas electrostáticas pueden y de hecho llegan a causar graves accidentes

en la zona de surtidores de las estaciones de servicios. Sin embargo, la concienciación sobre estos riesgos sigue siendo baja en el sector.

La presencia frecuente de ESD en el interior de las redes de tuberías de combustible también es un factor que contribuye a los daños y roturas de las tuberías, reduciendo su vida útil. Todo ello hace necesario un análisis más exhaustivo para determinar las situaciones de riesgo, cuya posible resolución no es objeto de este documento.



Finalidad

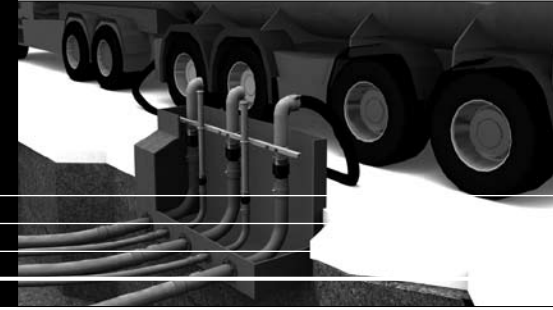
La concienciación y comprensión de los **riesgos para la salud y la seguridad** que entrañan las atmósferas explosivas y la electrostática en el interior y áreas circundantes de las redes de tuberías de repostaje de las estaciones de servicios sigue siendo baja. **Estos conceptos son cruciales en el diseño general, explotación (como el llenado de los tanques subterráneos de almacenamiento) y mantenimiento de la red de tuberías de las estaciones de servicio.** Se han producido accidentes graves, incluidos incendios y explosiones, en las gasolineras de las principales empresas petrolíferas. Cada vez se está prestando más atención a este asunto, aunque se

desconoce el número real de incidentes.

La mayoría de los países han introducido en sus legislaciones normas que abordan directamente este problema. Sin embargo, como se sabe relativamente poco acerca del tema y de los factores de riesgo, muchas estaciones de servicio siguen haciendo caso omiso de estos riesgos, al igual que muchos reguladores, fabricantes de tuberías, etc. El objeto de esta publicación es aportar información científicamente correcta al respecto, tanto teórica como práctica, que sea comprensible para todas las partes pertinentes. El segundo objetivo, aunque no menos importante, es plantear soluciones al problema.

Llenado de los tanques subterráneos de almacenamiento:
un riesgo potencial aunque evitable para la seguridad.

La baja conductividad es la causa del problema



Electricidad estática: fundamentos

La electricidad estática es un fenómeno en el que se transfieren electrones de un cuerpo a otro por fricción o por contacto.

Si se frota dos cuerpos, sobre todo si son aislantes o tienen baja conductividad, puede producirse una separación de carga eléctrica. El cuerpo que pierde los electrones se carga positivamente (electrización positiva), mientras que el cuerpo que gana los electrones adquiere una carga negativa (electrización negativa). Se establece una fuerza de atracción entre ambos cuerpos.

La baja conductividad es la causa del problema

Las propiedades aislantes de los objetos pueden impedir que las partículas cargadas se eliminen, por ejemplo, a tierra (véase el glosario: *Tierra eléctrica/Tierra*). Acaba produciéndose un agudo y continuo desequilibrio de cargas, que llamamos electricidad estática.

Descarga electrostática e impredecibilidad

Un fuerte desequilibrio o separación de cargas supone un gran potencial eléctrico, o tensión (véase el glosario: *Potencial eléctrico*). Como consecuencia, aumenta el riesgo de que el desequilibrio se compense a través de una descarga electrostática (ESD). Existen muchas variables que condicionan el cómo, dónde, y cuándo se producirá una descarga eléctrica y, frecuentemente, algunas de estas variables son impredecibles desde el punto de vista práctico.

Riesgos de ignición electrostática en las gasolineras – Principios I y II

Los potenciales debidos a cargas estáticas cerca de las tuberías de los surtidores de una estación de servicio pueden superar los 15.000 voltios. Es importante comprender que la

estación de servicio puede funcionar año tras año sin que se produzcan problemas graves ocasionados por las atmósferas explosivas y la electricidad estática. Sin embargo, un pequeño

cambio aparentemente intrascendente, tal vez hasta inadvertido, en el diseño del sistema de llenado, el entorno, la composición del combustible, la operativa, etc., puede llegar a desencadenar un incidente en el momento más inoportuno.

En esta publicación se analizan dos de los principales riesgos debidos a la electrostática y se ofrece una breve explicación de dichos riesgos para el caso concreto de la red de tuberías de una estación de servicio. Nos referiremos a ellos como **Principio I y Principio II**.

Principio I: acumulación de carga electrostática entre dos malos conductores y posible aparición de descargas electrostáticas (ESD)

Cuando un mal conductor, como un fluido combustible, circula por el interior de una tubería de material plástico aislante (también un mal conductor) puede producirse una acumulación de electricidad estática. Con frecuencia, en el interior de este tipo de redes de tuberías no conductoras aparecen pequeñas descargas electrostáticas al transportar fluidos combustibles.

Se puede producir acumulación de carga electrostática en el interior de una tubería de material no conductor, por ejemplo, durante el llenado de un tanque de almacenamiento de combustible, o después de esta operación. Cuando el camión cisterna completa el proceso de llenado y se desacopla la manguera, puede producirse una aspiración de aire hacia el interior de la boca de carga. Esto favorece la creación de una atmósfera potencialmente explosiva. Según algunos expertos, una ESD dentro de la tubería podría causar la ignición de la atmósfera explosiva

y una explosión en la boca de carga del depósito (ya se ha producido el caso en algunas compañías petroleras).

Según el Principio I, una ESD capaz de provocar una ignición puede aparecer de dos formas posibles: una superficie plástica con carga negativa efectúa una descarga a una pieza metálica próxima conectada a tierra, o bien, a otra superficie plástica con carga de sentido contrario.

En la actualidad, se desconoce el número real de incidentes.

Principio II: Carga Electrostática de un Conductor Aislado y Posible Aparición de un ESD

Probablemente, la mayor parte de los incendios y explosiones causados por descargas electrostáticas en el interior y en la proximidad de redes de tuberías enterradas se deben a los procesos descritos en el Principio II.

Bajo determinadas circunstancias, un conductor eléctrico, como puede ser una pieza metálica, puede adquirir carga si se encuentra eléctricamente aislado. La carga puede deberse al efecto triboeléctrico (véase el glosario: *Triboelectrificación*) o a cargas por contacto (véase el glosario).

Un ejemplo de esto puede ser una pieza metálica aislada eléctricamente y en contacto directo con una tubería plástica cargada.

El fenómeno de inducción dentro de un campo eléctrico complica aún más el asunto (véase el glosario: *Campo eléctrico e inducción*). Por ejemplo, aparecerá un campo eléctrico alrededor de una tubería de plástico aislante que se ha cargado debido al flujo de combustible. Es posible, entonces, que un conductor aislado dentro del campo eléctrico se cargue por inducción, lo que, en la práctica, abarca cualquier pieza

metálica que no esté conectada a tierra (tapas metálicas, abrazaderas, terminales de manguitos de soldadura, etc.) además del personal.

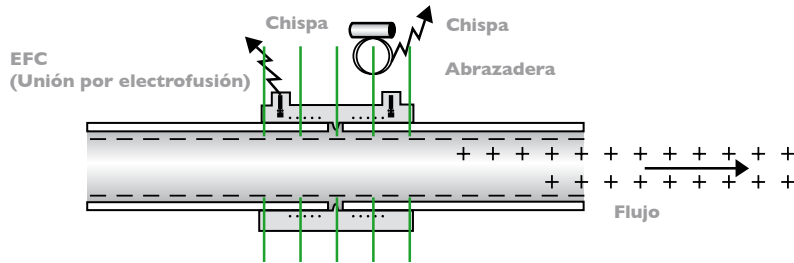
Cuando por alguna de las razones anteriores se carga eléctricamente un conductor aislado y no enterrado, se produce una descarga electrostática entre dicho conductor y un objeto con carga de signo opuesto que se encuentre en su proximidad (por ejemplo, un depósito con puesta a tierra). En el campo eléctrico pueden aparecer altas tensiones y producirse descargas con energía suficiente para provocar una ignición

(respecto a atmósferas explosivas con concentraciones de combustible).

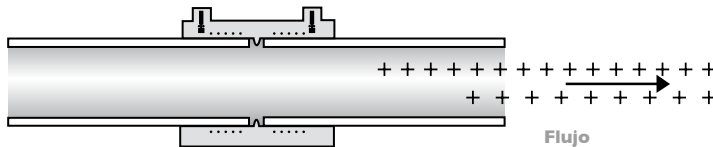
Algunos dispositivos como los parallamas (véase el glosario: *Parallamas*) pueden provocar un aumento en la intensidad del campo eléctrico, elevando el riesgo de una descarga electrostática capaz de provocar una ignición. La presencia de oxígeno y de vapores por derrame de combustible puede también facilitar una atmósfera explosiva que puede ocasionar una explosión o un incendio, siendo la descarga electrostática el origen de la ignición. Las más importantes compañías petroleras han sufrido incidentes de este tipo.

Cada vez se está prestando más atención a este asunto, aunque se desconoce el número real de incidentes.

Principio II



El campo exterior debido a la carga presente en el interior de la tubería carga las piezas metálicas (conductores aislados) dentro del campo, causando descargas electrostáticas capaces de producir una ignición.



No hay campo exterior producido por las cargas en el interior de la tubería conductora.

La acumulación de carga electrostática puede ocurrir únicamente en redes de tuberías que no estén correctamente conectadas a tierra. Una tubería no conductora no podrá conectarse a tierra correctamente.

Parámetros que influyen en la acumulación de carga electrostática dentro de una tubería no conductora

- Conductividad eléctrica de las paredes de la tubería
- Conductividad eléctrica del líquido
- Contenido de impurezas en el líquido
- Aditivos del combustible, como el azufre, pueden afectar el nivel de acumulación de carga electrostática
- Velocidad del flujo: más de 1 m/s es potencialmente peligroso
- Humedad relativa del aire: cuanto menor es la humedad, mayor es el peligro
- Otros factores, como el empleo de parallas, etc.

Soluciones

Primero, se identificarán todas las zonas en las que podrían producirse atmósferas explosivas, incluso ocasionalmente.

A continuación, se implementará un proceso para controlar incluso los riesgos más improbables de ignición.

En ocasiones habrá que acudir a un consultor especializado. Las siguientes medidas son algunas de las especificadas en las normas CENELEC (CLC/TR 50404:2003, *Electrostatics – Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity*, CENELEC, Comité Europeo de Normalización Electrotécnica).

Resumen de las soluciones:

- 1. Reducción** de la ESD en las redes ya existentes de tuberías no conductoras. Normas generales (pág. 18)
- 2. Eliminación** de la ESD al instalar nuevas redes de tuberías o al reemplazar partes de tuberías ya existentes (pág. 21)



Reducción de riesgos en tuberías existentes

Reducción de la ESD en las redes ya existentes de tuberías no conductoras – Normas generales

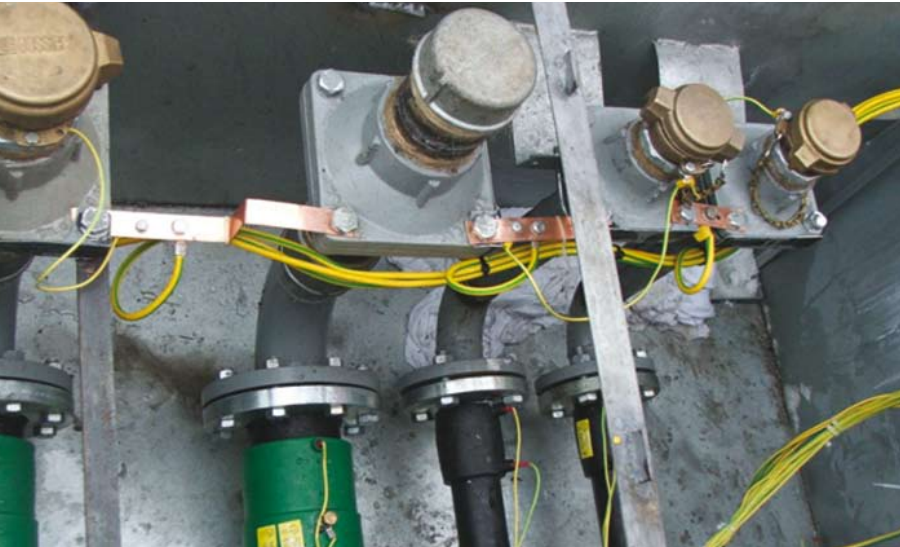
1. Poner a tierra todos los conductores, incluidas las piezas metálicas y las personas:
 - Todos los componentes conductores cercanos a una atmósfera potencialmente explosiva deberán estar conectados a tierra o, si no fuera posible, aislarse completamente con un material no conductor.
 - El personal de servicio que trabaje cerca de una atmósfera potencialmente explosiva y de una fuente potencial de ignición deberá tomar precauciones especiales y evitar cargarse electrostáticamente.
2. Evitar en la medida de lo posible las tuberías no enterradas.
3. Implantar sistemas y procedimientos que reduzcan la posibilidad de acumulación electrostática y de atmósfera explosiva.
4. Aplicar las propiedades dieléctricas, es decir, un espesor suficiente de la pared de la tubería.
5. Evitar en el líquido la presencia de impurezas y composiciones potencialmente peligrosas.
6. Comprobar de forma periódica que la tubería no presenta daños debidos a descargas electrostáticas (p. ej., perforación. Véase el glosario: Perforación)
7. Minimizar el número de diseños, procedimientos y errores humanos peligrosos mediante la aplicación de normas estrictas y la formación de todo el personal implicado.



Si no se toman las precauciones necesarias, puede haber riesgo de ESD durante las tareas de instalación, operación, mantenimiento y reparación de las tuberías (véase CENELEC Code of Practice; CLC, TR 50404:2003, Cláusula 5.5.4.2 "Buried non-conductive pipe").

Con estas medidas se conseguirá un alto nivel de seguridad. Sin embargo, en la práctica, es difícil evitar los errores humanos (p. ej., al poner a tierra multitud de piezas metálicas en varias zonas de surtidores), o los diseños y procedimientos problemáticos.

Reducción de riesgos en tuberías existentes (cont.)



Debe ponerse a tierra las piezas metálicas cercanas a tuberías no conductoras no enterradas.

Existen medidas para prevenir los riesgos electrostáticos si se emplea tubería no conductora. Sin embargo, en la práctica, es difícil evitar los errores humanos (p. ej., al poner a tierra multitud de piezas metálicas en varias zonas de surtidores). Incluso puede existir riesgo en las secciones no enterradas de la tubería de un depósito.

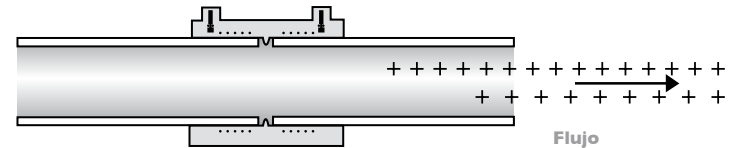
Eliminación de riesgos

Eliminación de la ESD al instalar nuevas redes de tuberías o al reemplazar partes de tuberías ya existentes

Instalar tuberías conductoras con la conductividad apropiada y poner a tierra el sistema completo eliminará los riesgos de ESD descritos en los apartados **Principio I** y **Principio II** (además de eliminar posibles daños y perforaciones de la tubería

causados por la electricidad estática, y la consiguiente reducción de la vida de la tubería).

Las principales soluciones existentes de tuberías conductoras para combustibles son en plástico y acero.



No hay campo exterior producido por las cargas en el interior de la tubería conductora.

Resumen

1. El flujo de líquidos combustibles a través de tuberías de plástico aislantes no conductoras genera una electricidad estática.
2. La electricidad estática en el interior de una tubería de conducción puede producir elevadas cargas en objetos metálicos, como abrazaderas o terminales de manguitos de soldadura.
3. Los objetos próximos a una tubería pueden adquirir una carga elevada aunque no estén, de forma directa o indirecta, en contacto físico con la misma. Los potenciales debidos a cargas estáticas pueden superar los 15.000 voltios.
4. La estación de servicio presenta un ambiente propicio a la aparición de atmósferas explosivas; pueden ocasionarse incendios y explosiones.
5. Las tuberías no conductoras no enterradas y los sistemas de sujeción, incluidos los que se encuentran en el interior del depósito, pueden ocasionar cargas peligrosas y descargas de chispas electrostáticas en atmósferas explosivas.
6. Las chispas electrostáticas, de acuerdo con lo anterior, representan un riesgo de ignición y pueden aparecer durante el llenado de los tanques de almacenamiento o al realizar las tareas de mantenimiento y reparación de las conducciones.
7. Las principales compañías petroleras han sufrido incidentes, con incendios y explosiones, lo que plantea situaciones de riesgo para la seguridad y la salud.
8. En las redes ya existentes de tuberías no conductoras, los riesgos electrostáticos se pueden reducir tomando una serie de medidas.
9. Estas medidas pueden proporcionar un alto nivel de seguridad, pero no se pueden eliminar completamente los riesgos descritos, especialmente si tenemos en cuenta los errores humanos.
10. La acumulación de carga electrostática puede ocurrir únicamente en redes de tuberías que no estén correctamente conectadas a tierra. Una tubería no conductora no podrá conectarse a tierra correctamente.
11. Si se dota a las redes de tuberías conductoras con unas características de conductividad adecuadas, se pueden eliminar fácilmente los riesgos descritos, siempre que todos los componentes del sistema se conecten a tierra correctamente.
12. Una estación de servicio con tuberías no conductoras puede funcionar año tras año sin que se produzcan problemas derivados de las atmósferas explosivas y la electricidad estática. Cambios insignificantes, tal vez hasta inadvertidos, en el diseño del sistema de llenado, el entorno, la composición del combustible, la operativa, etc., pueden y llegan a ocasionar incidentes inesperados.

Glosario

• **Atmósfera explosiva**

Una atmósfera explosiva es una mezcla de aire u oxígeno, en condiciones atmosféricas, con sustancias inflamables en forma de gas, vapor, niebla o polvo, en la que, tras la ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no quemada. Las condiciones atmosféricas son, habitualmente, temperaturas y presiones ambiente, es decir, temperaturas de -20 °C a 40 °C y presiones de 0,8 a 1,1 bares.

• **Campo eléctrico e inducción**

Un campo eléctrico puede describirse como una región de espacio en la que se ejercen fuerzas generadas por cargas eléctricas. Un conductor aislado (por ejemplo, prácticamente cualquier pieza metálica no conectada a tierra) dentro de un campo eléctrico puede cargarse (inducción).

• **Carga por contacto**

El contacto y la separación de materiales pueden generar electricidad estática. Los líquidos o los sólidos muy aislantes, el contacto solidario y la separación rápida de los materiales favorecen la acumulación de carga electrostática.

• **Descarga electrostática (ESD)**

Es la transferencia de carga electrostática entre un material con exceso de electrones y un material con defecto de electrones. Esta transferencia puede manifestarse en forma de descargas de chispas, de cepillo o de otro tipo, dependiendo de las circunstancias específicas.

• **Energía mínima de ignición (EMI)**

Es la energía eléctrica mínima de una chispa capaz de producir la ignición de una mezcla de aire u oxígeno con

un material inflamable determinado, y cuyo valor se determina mediante un procedimiento estándar.

• **Parallamas**

Los parallamas se encargan de interrumpir la propagación de la llama al interior de una tubería o por la misma. Existe el riesgo de que el parallamas aumente la intensidad de un campo eléctrico potencialmente peligroso alrededor de la tubería.

• **Perforación**

Es el fenómeno por el cual se produce un orificio entre la pared exterior y la pared interior de una conducción debido a un defecto del material o a una descarga electrostática, ocurriendo este último caso en presencia de grandes acumulaciones de carga.

• **Potencial eléctrico**

El potencial eléctrico es el nivel de energía asociado a un campo eléctrico, también llamado potencial electrostático, que se mide habitualmente en voltios.

• **Tierra eléctrica/Tierra**

Es la conexión intencionada o accidental de un sistema o circuito eléctrico a la tierra (o un cuerpo conductor que hace las veces de tierra).

• **Triboelectrificación**

Proceso de separación de carga que implica la fricción entre dos superficies de características distintas.

Referencias

- **CENELEC Code of practice**

CLC/PR50404:2003, “Electrostatics – Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity”, CENELEC – Comité Europeo de Normalización Electrotécnica, 2003

- **NORMA EUROPEA**

EN 13463-1, “Material no eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Parte 1: Conceptos básicos y requisitos”, Comité Europeo de Normalización, noviembre de 2001

- **Norma británica**

BS 5958-2:1991, “Code of practice for Control of undesirable static electricity. Recommendations for particular industrial situations”, (publicada en enero de 1992)

- **NFPA 30**

“Flammable and Combustible Liquids Code”, edición 2003, National Fire Protection Association, MA, EE.UU.

- **NFPA 77**

“Recommended Practice on Static Electricity”, edición 2000, National Fire Prevention Association, MA, EE.UU.

- **“Electrostatic Ignition Hazards Associated with Flammable Substances in the Form of Gases, Vapors, Mists and Dusts”**

Autor: M. Glor, Swiss Institute for the Promotion of Safety & Security, WKL-32.3.01 26

- **“Electrostatic ignition hazards arising from fuel flow in plastic pipelines”**

Autor: Graham L. Hearn, Department of Electronics and Computer Science, Electrical Power Engineering Research Group, Universidad de Southampton, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 15, 105–109, 2002

- **Report No. 441**

[En relación con los problemas de electrostática asociados con las redes de tuberías de plástico], Autor: Graham L. Hearn, Department of Electronics and Computer Science, Electrical Power Engineering Research Group, Universidad de Southampton, 20 de abril de 2006

- **“Electrostatics Hazards in Filling Stations”**

(Material de presentación), Autor: Dr. Ulrich von Pidoll, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2006

- **“Testing products and processes with regard to electrostatic hazards”**

Autor: Dr. Ulrich von Pidoll, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2004

- **“Electrostatic fire and explosion hazard avoidance in ATEX”**

(Material de presentación), Autor: Dr. Jeremy Smallwood, Electrostatic Solutions Ltd, febrero de 2006

Referencias

- **“Statisk Elektricitet”**

Autores: Owe Fredholm, K-G Lövstrand,
Svenska Brandskyddsföreningen,
ISBN 91-7144-198-0, 1981

- **“AGA Plastic Pipe Manual for Gas Service”**

American Gas Association, Operations
and Engineering, Washington DC,
Séptima edición, XR0104 junio de 2001

- **“Controlling Static Electricity on Plastic Pipe”**

(Vídeo con documentación impresa),
Southern Gas Association, Dallas, Texas,
octubre de 1990

- **“Fundamentals of ESD”**

ESD Association, Roma, Nueva York, 2001

- **SAE J2260 Surface Vehicle Standard, “Nonmetallic Fuel System Tubing With One or More Layers”**

Society of Automotive Engineers,
elaborado para el Fuel Systems Standards
Committee, Warrendale, Pensilvania,
noviembre de 2004

- **“A Guide to Controlling the Risk from Static Electricity”,**
folleto, The Institute of Petroleum,
Reino Unido

- **AFS 2003:3 “ARBETE I EXPLOSIONSFARLIG MILJÖ”**

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbete
i explosionsfarlig miljö samt allmänna
råd om tillämpningen av föreskrifterna,
ISBN 91-7930-427-3, 2003

- **“Handling Petroleum Products & Static Ignition Hazards”**

Autor: Sullivan D. Curran, Fiberglass
Tank & Pipe Institute, 2006

- **“Earthing”**

Health & Safety Executive, Technical
Measures Document, “Earthing”, Reino
Unido, marzo de 2006

- **“Petrol Filling Stations – Safety Implications of Leaking Drop Tubes & Vapour Retention Devices”**

Health & Safety Executive / Local Authorities
Enforcement Liaison Committee (HELA),
Reino Unido, publicado en enero de 2004,
revisado en enero de 2006

- **“Charge Generation During Filling of Insulated Tanks”**

Autores: Migvia Vidal, John P. Wagner,
William J. Rogers, y M. Sam Mannan,
Mary Kay O'Connor Process Safety
Center, Chemical Engineering Department,
Texas A&M University, College Station,
TX 77843-3122, Publicación: Process
Safety Progress, Vol.21, No.3, septiembre
de 2002

Esta publicación ha sido elaborada por Kungsörs Plast AB en estrecha colaboración con notables expertos en el campo de la electrostática. Kungsörs Plast AB diseña, desarrolla y fabrica soluciones avanzadas de tuberías.

Octubre de 2006