

CONTROL DE RIESGOS DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

PRÉVENTIQUE SÉCURITÉ - Francia

La reglamentación relativa a la protección de los trabajadores susceptibles de estar expuestos a una ATEX (atmósfera explosiva, debido a gases, vapores o polvos) **obliga a los responsables a definir las zonas** (0, 1, 2 y 20, 21, 22) generadas por los productos y los procedimientos implantados en sus instalaciones, y **a realizar un análisis de riesgos residuales de inflamación.**

Este análisis de riesgos debe ser establecido **identificando las fuentes de inflamación** que pueden aparecer en el funcionamiento normal, después de fallos previstos o durante fallos graves dentro de las zonas ATEX previamente definidas.

A este respecto, el responsable puede basarse en la norma **NF EN 1127 - 1 (Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología)** que considera trece fuentes de inflamación e incluye procedimientos generales de diseño y construcción de los dispositivos, permitiendo la supresión de las fuentes de inflamación. Entre esas trece fuentes de inflamación, figura la electricidad estática.

La electricidad estática es una causa relativamente frecuente de accidentes o incidentes, en las industrias con riesgo de incendio o explosión. Los mecanismos que llevan a una descarga electrostática son a menudo poco conocidos debido a un enfoque demasiado teórico, pero también porque dependen de las condiciones del ambiente (la humedad relativa) y de un elevado número de parámetros (materiales, estado de la superficie, velocidad relativa, etc.).

Estos fenómenos pueden aparecer sin pre-

vio aviso. Además, los riesgos no son permanentes, aparecen con los cambios de configuración del sistema afectado. Se puede pasar de una situación segura a una situación peligrosa por cambios mínimos: cambio de material (embalaje, equipamiento, suelo), de montaje, de utillaje, de velocidad de transferencia, de temperatura de trabajo, etc. Como resultado tiene una reputación de fenómeno fugaz imposible de controlar.

El análisis de los incidentes y los accidentes en los que está implicada la electricidad estática muestra que **la aplicación de reglas sencillas y bien definidas (la equipotencialidad y la puesta a tierra) falla a menudo por razones de orden organizativo: la ausencia de reglas claras y aplicables, de procedimientos, de control, de formación del personal.**

Para ello, se ha desarrollado un enfoque global de control de los riesgos electrostáticos, estructurado en tres puntos:

- 1) Identificación de los fenómenos de inflamación.
- 2) Análisis de riesgos.
- 3) Revisión de experiencias.

Para que una descarga electrostática pueda iniciar un medio inflamable (incendio o explosión) es preciso reunir principalmente cinco condiciones:

- *Presencia de un ambiente inflamable.*
- *Creación de cargas electrostáticas.*
- *Acumulación de cargas electrostáticas.*
- *Presencia de un disparador en el cual haya*

un campo electrostático (presencia de dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial).

- Energía de descarga suficiente.

Los dos modos fundamentales de creación de cargas son, cronológicamente:

- El contacto y la separación (o el frotamiento) de dos cuerpos de los cuales al menos uno está aislado;
- Por influencia (o inducción) de un primer cuerpo cargado sobre un segundo cuerpo conductor.

A título de ejemplo, se pueden mencionar las siguientes situaciones:

- Para el primer modo: el desplazamiento de personal sobre un suelo aislante, la manipulación manual de objetos aislantes (bolsas, embalajes), el rellenado o vaciado de bolsas grandes o sacos aislantes, la aspiración de polvos, el derrame de líquidos aislantes en canalizaciones, etc.
- Para el segundo modo: un operario aislado por llevar calzado aislante o por la tierra aislante o cualquier otro conductor aislado (tanque, recipiente, carretilla, compuerta, etc.), y cerca de otro aislante cargado (bolsa, caja, producto, etc.).

La acumulación de cargas electrostáticas sólo puede producirse en los aislantes y en los conductores aislados. Esta acumulación depende esencialmente de **la resistividad eléctrica de los materiales y de la humedad atmosférica**. Dicha acumulación será mayor cuanto mayor sea el aislamiento del material y menor sea la higrometría relativa de la atmósfera (inferior al 50 % a 20 °C).

En muchas situaciones industriales, y concretamente en el sector de la química, el aislante es el producto instalado, ya sea líquido o sólido (polvo, granulados). Es evidente que el respeto de las reglas de diseño limitando el empleo y la superficie de los materiales aislan-

tes que constituyen los aparatos certificados ATEX no es suficiente para controlar estos riesgos.

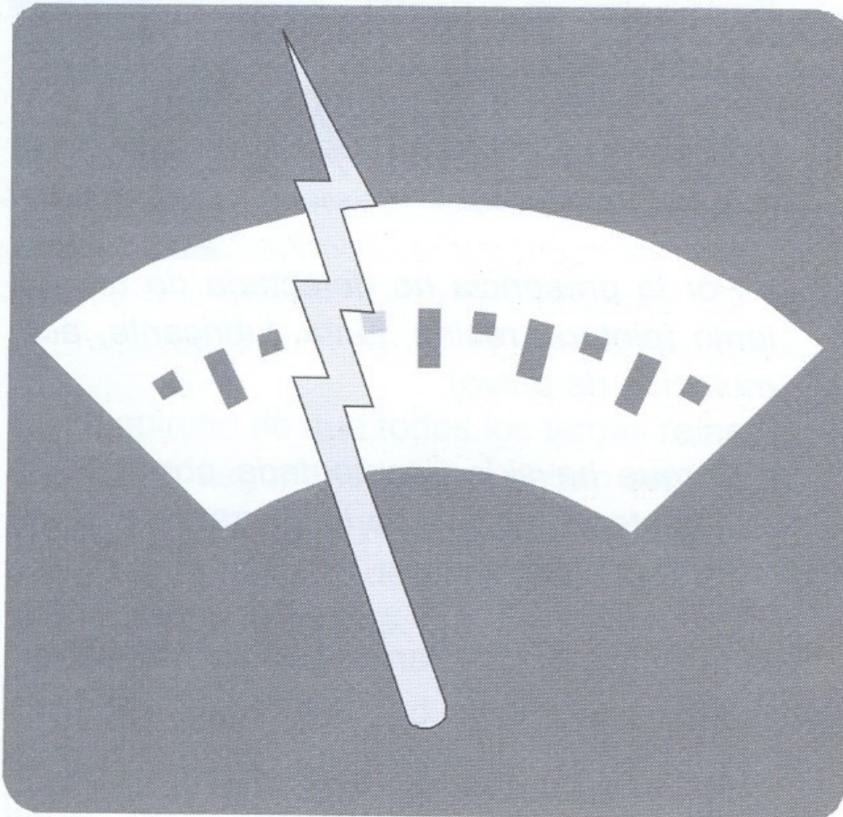
La acumulación de cargas eléctricas crea diferencias de potenciales dentro de un disparador. De acuerdo con la naturaleza y la geometría de los electrodos que constituyen este disparador, pueden dar lugar a diferentes tipos de descargas, con niveles diferentes de energía cuando se alcanza el campo de conducción (hay inicio del disparador):

- Descarga por chispa entre dos electrodos conductores. Es el tipo de descarga más conocido, por ejemplo, una descarga entre un operario y un tanque metálico que no tiene conexión a tierra donde se está vaciando un gran saco (big bag) que contiene un polvo aislante, una descarga entre bridas de canalizaciones no equipotenciales en las que circula tolueno.
- Descarga entre electrodo conductor y un electrodo aislante cargado, por ejemplo una descarga entre un operario y un gran saco (big bag) aislante, una descarga entre una herramienta metálica de toma de muestras en un tanque que contiene un disolvente inflamable cargado.
- Descarga deslizante de la superficie de un aislante de capa fina depositado sobre un conductor, por ejemplo, una descarga en un reactor de síntesis esmaltado.
- Descarga de cono a partir de una pila de polvo cargado por ejemplo, una descarga a partir de un cono formado por gránulos de polietileno en un silo metálico.

En definitiva, si la energía emitida por la descarga alcanza a la **energía mínima de inflamación (EMI)** del medio, se produce incendio o explosión.

A título de ejemplo, el cuerpo humano puede soportar un potencial máximo de 30 kv, y liberar una energía máxima del orden de 40 mJ.

La descarga del cuerpo humano es por lo



tanto temible en numerosas situaciones, debido a la muy pequeña energía mínima de inflamación (**EMI**) de gases y vapores inflamables (típicamente inferior a 1 mJ) y a muchos productos pulverulentos, para los que (**EMI**) puede descender a algunos milijulios.

La metodología del análisis de los riesgos electrostáticos se basa en:

- El conocimiento de los mecanismos implicados.
- La determinación de las características de inflamabilidad de los materiales y su sensibilidad a la electricidad estática mediante ensayos en laboratorios. Las medidas eléctricas afectan a la resistividad de los materiales y su constante del tiempo de descarga.
- La medida in situ, en las condiciones de funcionamiento de la instalación y en parada, de los fenómenos físicos (campo y potencial electrostáticos), de la equipotencialidad de las instalaciones, de la conductividad eléctrica de los suelos y de los materiales de componentes de instalaciones.
- Un análisis del sistema.

Efectivamente, más allá de las recetas de diseño de fabricación de aparatos destinados a

ser empleados en una zona ATEX, el análisis de los riesgos electrostáticos es ante todo un análisis del sistema teniendo en cuenta no solamente los aparatos contemplados en la legislación de ATEX, sino también:

- Las otras instalaciones fijas y móviles no contempladas explícitamente por la reglamentación mencionada anteriormente (canalización fija PVC, PEHD, acero esmaltado) tubos flexibles, compuerta manual, envoltorio, bigbag, suelo conductor, equipo de protección individual, etc.).
- Los productos puestos por el procedimiento industrial (materias primas, productos semiacabados, medios, productos terminados).
- Los hombres (operarios, personal).
- Los procedimientos (la explotación, el mantenimiento, control, compra).

Para una determinada instalación, este análisis es generalmente realizado por un ingeniero, durante una jornada mediante una auditoría electrostática de los puestos de trabajo. Esta auditoría se realiza mediante dispositivos simples y dan un resultado inmediato. Estos aparatos son los **megómetros** (establecen una tensión entre los terminales y miden la corriente de descarga que se produce, así se obtiene la resistencia del aislamiento), para la medida de resistencia eléctrica de aislantes y conductores no metálicos, y tipo molino, para la medida del potencial y campos electrostáticos.

Este análisis lleva generalmente a la recomendación de adoptar medidas de prevención de orden técnico y organizativo, cuyo objetivo **es eliminar, de forma permanente y pragmática, al menos dos de las cinco condiciones que provocan un riesgo de incendio o explosión en un ambiente inflamable.**

Los principios de base de la prevención son:

- La supresión del medio inflamable (inertización, etc.).

- El empleo de materiales conductores para evitar o limitar la creación y acumulación de cargas.
- La interconexión y puesta a tierra de los conductores fijos y móviles, incluyendo el personal, para evitar cualquier acumulación de cargas sobre conductores, y eliminar las descargas por chispa.

Definitivamente, no debe olvidarse que incluso en ausencia de un ambiente inflamable, **la electricidad estática también puede originar:**

- Molestias (hormigueos más o menos acusados), peligro serio (shock eléctrico para energías de algunos cientos de milijulios) para las personas, o de accidente como resultado de un reacción repentina e incontrolada del operario al recibir la descarga.
- Perturbaciones de los procesos industriales: empolvamiento, colmatado.
- Perturbaciones o daños de sistemas electrónicos.

Las numerosas auditorías y estudios electrostáticos realizados han permitido comprobar lo siguiente: aunque la principal regla de prevención consistente en establecer uniones equipotenciales y la puesta a tierra de los elementos conductores es bien conocida, el análisis de las razones de los incidentes y accidentes de origen electrostático muestra que el **80 % de los sucesos son causados por fallos en dichas uniones**. Mayoritariamente descargas por chispa, y pueden liberar energías de varios cientos de milijulios.

Las razones técnicas de estos fallos de enlace son múltiples y pueden clasificarse en dos tipos: la unión está bien realizada, pero resulta ineficiente, o no se ha realizado.

Una unión equipotencial puede resultar ineficaz:

- Por un fallo (unión mal diseñada, realizada,

fijada sobre un aislante).

- Porque ha sufrido una degradación (unión arrancada, desatornillada, oxidada, pinza mal conexionada).
- Por la presencia no detectada de un aislante (pintura, resina, junta, lubricante, acumulación de polvo).
- Porque ha sido desmontada por razones de mantenimiento o de limpieza y no se ha vuelto a colocar.

Una unión equipotencial no se ha realizado:

- Por la presencia no detectada de un conductor (junta metálica, conductor no metálico, operarios, sistema móvil).
- Porque no se ha previsto debido a desconocimiento o a la subestimación de los riesgos.
- Porque, aunque prevista, todavía no se ha realizado.

Estos fallos técnicos pueden intervenir durante toda la vida de las instalaciones: diseño, realización, la explotación y controles. Se puede mencionar por ejemplo para la fase de:

- Diseño: la ausencia de especificaciones o especificaciones inadaptadas.
- Realización: el no respeto de las especificaciones.
- Explotación: la falta de procedimientos o el no respeto de los procedimientos.
- Control: la falta de control o un control ineficaz.

Este informe pone en evidencia que las razones de fallos de las uniones equipotenciales y de la puesta a tierra son de orden técnico, pero también del orden organizativo.