

PARA LA EVALUACIÓN  
Y PREVENCIÓN  
DE LOS RIESGOS DERIVADOS DE

ATMÓSFERAS  
EXPLOSIVAS  
en  
EL LUGAR  
DE TRABAJO

REAL DECRETO 681/2003, de 12 de junio  
BOE nº 145, de 18 de junio



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

PARA LA EVALUACIÓN  
Y PREVENCIÓN  
DE LOS RIESGOS DERIVADOS DE

**ATMÓSFERAS  
EXPLOSIVAS**  
en  
**EL LUGAR  
DE TRABAJO**

REAL DECRETO 681/2003, de 12 de junio  
BOE nº 145, de 18 de junio



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

## PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales.

El 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, encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la elaboración y el mantenimiento actualizado de una Guía Técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las atmósferas explosivas que puedan formarse en los lugares de trabajo.

La presente Guía proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios y a los responsables de prevención la interpretación y aplicación del citado Real Decreto especialmente en lo que se refiere a la evaluación del riesgo por presencia de atmósferas explosivas y en lo que concierne a medidas preventivas y de protección aplicables.

Concepción Pascual Lizana  
DIRECTORA DEL INSHT

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 681/2003, 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.....	8
CAPÍTULO I. DISPOSICIONES GENERALES.....	9
Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.....	9
Artículo 2. Definición.....	12
CAPÍTULO II. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.....	16
Artículo 3. Prevención de explosiones y protección contra éstas.....	16
Artículo 4. Evaluación de los riesgos de explosión.....	17
Artículo 5. Obligaciones generales.....	19
Artículo 6. Obligación de coordinación.....	20
Artículo 7. Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.....	22
Artículo 8. Documento de protección contra explosiones.....	22
Disposición adicional única. Aplicación a los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en los lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas y que ya se estén utilizando	
Disposición transitoria única. Plazo de aplicación de la nueva normativa a los lugares de trabajo.....	25
Disposición final primera. Elaboración y actualización de la guía técnica.....	26
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.....	26
Disposición final tercera. Entrada en vigor.....	26
Anexo I. Clasificación de las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.....	27
Anexo II.A. Disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas.....	34
Anexo II.B. Criterios para la elección de los aparatos y sistemas de protección.....	41
Anexo III. Señalización de zonas de riesgo de atmósferas explosivas conforme al apartado 3 del artículo 7.....	43
III. APÉNDICES.....	44
Apéndice 1. Funciones y cualificación.....	45
Apéndice 2. Documento de protección contra explosiones.....	52

	<b>Pág.</b>
Apéndice 3. Medidas preventivas y de protección .....	68
Apéndice 4. Equipos para uso en atmósferas explosivas.....	78
Apéndice 5. Fuentes de ignición. Electricidad estática.....	89
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	100
Legislación relacionada.....	100
Guías sobre atmósferas explosivas .....	100
Normas técnicas.....	101
Publicaciones del INSHT .....	101
Otras publicaciones .....	101

## I. INTRODUCCIÓN

La presente Guía tiene por objeto facilitar la aplicación del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio (BOE nº 145, de 18 de junio) sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la formación de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Este Real Decreto transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 1999/92/CE, de 16 de diciembre.

El Real Decreto 681/2003 regula la prevención y protección de los trabajadores por exposición al riesgo de explosión, que puede tener su origen en la formación de atmósferas explosivas con apartados similares a los de otras normativas también destinadas a la protección de los trabajadores: evaluación de los riesgos, medidas de prevención y protección contra los mismos, coordinación de actividades, formación e información de los trabajadores. Establece así una serie de obligaciones del empresario con objeto de prevenir las explosiones y de proteger a los trabajadores contra éstas.

Se establecen además algunas obligaciones específicas: la clasificación en zonas de las áreas de riesgo, las características específicas que deben cumplir los equipos instalados o introducidos en las zonas clasificadas y la obligatoriedad de recoger todos los aspectos preventivos que se hayan desarrollado en la empresa en un documento de protección contra explosiones, sin que ello implique la duplicidad de la documentación ya elaborada en virtud de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.

Con el fin de facilitar la utilización de la presente Guía se incluye el articulado del Real Decreto 681/2003, intercalando, cuando se ha considerado necesario, las observaciones o aclaraciones pertinentes. Además, se han incluido una serie de apéndices, donde se desarrollan los aspectos más novedosos como puede ser la clasificación en zonas de las áreas de riesgo, las diversas funciones preventivas que deben cumplirse o la necesidad de utilizar equipos determinados según la clasificación de la zona, con la finalidad de aportar aclaraciones y soluciones útiles para facilitar el cumplimiento de este Real Decreto.

NOTA:

En los recuadros en color se incluye el texto del Real Decreto 681/2003.

## II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 681/2003, 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.

**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.**

### Exposición de motivos

La **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según su **artículo 6**, serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985. En el mismo sentido, en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo.

Concretamente, la **Directiva 1999/92/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito. Mediante este real decreto se procede a la transposición al Derecho español del contenido de esta directiva.

La norma contiene la definición de atmósfera explosiva, que se define como la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada. Se contemplan en la norma, además, una serie de obligaciones del empresario con objeto de prevenir las explosiones y de proteger a los trabajadores contra éstas. El empresario deberá tomar diferentes medidas de carácter técnico u organizativo, siempre de acuerdo con los principios básicos que deben inspirar la acción preventiva, que se combinarán o completarán, cuando sea necesario, con medidas contra la propagación de las explosiones. De carácter específico son la obligación de evaluar los riesgos de explosión y la de coordinar, cuando en un mismo lugar de trabajo se encuentren trabajadores de varias empresas, además de la obligación de elaborar un documento de protección contra explosiones y de clasificar en zonas las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas.

En la elaboración de este real decreto han sido consultadas las organizaciones empresariales y sindicales más representativas y ha sido oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, de conformidad con el **artículo 6** de la **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales y de Ciencia y Tecnología, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 6 de junio de 2003,

Dispongo:

## CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

### Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.

1. Este real decreto tiene por objeto, en el marco de la **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores que pudieran verse expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, según se definen en el **artículo 2**.

El Real Decreto 681/2003 constituye una norma de desarrollo reglamentario de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) para su aplicación en los lugares de trabajo en los que puedan originarse atmósferas explosivas (ATEX) y su objeto es la protección de salud y seguridad de los trabajadores como consecuencia de los riesgos derivados de este hecho.

La protección del patrimonio, la salud pública o el medio ambiente no son por tanto el objetivo de las medidas de prevención y protección establecidas en este Real Decreto.

Este Real Decreto establece, entre otros, los criterios que debe tener en cuenta el empresario, en lo referente a la evaluación de riesgos, la formación e información de los trabajadores y sus representantes, las características de los equipos y medios de protección..., dentro de la obligación general de aplicar los principios de la acción preventiva, para aquellos riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas que pueden formarse en cualquier lugar de trabajo donde se utilicen sustancias inflamables o productos combustibles.

2. Las disposiciones de este real decreto se aplicarán sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas establecidas en la normativa específica que sea de aplicación.

Tal y como establece el art.1 de la LPRL, se considera que es normativa sobre prevención de riesgos laborales, no solo dicha Ley y sus disposiciones de desarrollo<sup>1</sup> o complementarias, sino también todas aquellas normas, legales o convencionales, que establezcan la adopción de medidas preventivas en el ámbito laboral.

El cumplimiento de los requisitos establecidos en este Real Decreto no exime al empresario del cumplimiento, cuando le sea aplicable,

de normativa más rigurosa o específica, bien sea del ámbito de la seguridad industrial, como es el caso de la normativa de los Reales Decretos 379/2001, de 6 de abril y 2016/2004, de 11 de octubre, que aprueban el Reglamento de Almacenamiento de productos químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias entre las que se encuentra la MIE-APQ 1 "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles", productos susceptibles de generar atmósferas inflamables, y el Reglamento de

<sup>1</sup> Entre los que se encuentra este Real Decreto.

instalaciones petrolíferas, RD 2085/1994<sup>2</sup>, o del ámbito de la protección civil, como el RD 1254/1999, de 16 de julio modificado en último lugar por el RD 948/2005, de 29 de julio, que aprueba medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

El RD 1254/1999 se considera en general una norma más restrictiva puesto que obliga, a las empresas que están bajo su ámbito de aplicación, a elaborar un informe de seguridad que contiene la política de prevención de accidentes graves y el sistema de gestión de la seguridad de la empresa y que supone, en determinados aspectos, el cumplimiento de requisitos más estrictos que los establecidos en este Real Decreto y que pueden servir de base, o ser referencia documental, para demostrar el cumplimiento de los mismos.

Por otra parte, el Reglamento de instalaciones petrolíferas, y sus instrucciones técnicas complementarias, establece las condiciones de seguridad de las instalaciones donde se manejan productos petrolíferos. En concreto, la instrucción técnica complementaria (ITC) MI-IP 04 "Instalaciones para suministro a vehículos" establece la clasificación de zonas y presenta una serie de figuras con los detalles típicos de clasificación de los surtidores en función de su construcción. Por tanto, desde el punto de vista de la seguridad de la instalación (no tanto de su utilización), los requisitos establecidos en este Real Decreto se cumplirían en determinados aspectos preventivos y documentales, si se satisfacen los establecidos por la citada ITC, resolviendo la parte correspondiente del documento de protección contra explosiones.

3. Las disposiciones de este real decreto no serán de aplicación a:

- a) Las áreas utilizadas directamente para el tratamiento médico de pacientes y durante dicho tratamiento.
- b) La utilización reglamentaria de los aparatos de gas conforme a su normativa específica.
- c) La fabricación, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte de explosivos o sustancias químicamente inestables.
- d) Las industrias extractivas por sondeos y las industrias extractivas, a cielo abierto o subterráneas, tal como se definen en su normativa específica.
- e) La utilización de medios de transporte terrestres, marítimo y aéreo, a los que se aplican las disposiciones correspondientes de convenios internacionales, así como la normativa mediante la que se da efecto a dichos convenios. No se excluirán los medios de transporte diseñados para su uso en una atmósfera potencialmente explosiva.

A continuación se cita a modo de información y de forma no exhaustiva la legislación que deben cumplir los equipos, actividades, áreas, etc. que quedan excluidas de este Real Decreto.

**La exclusión relativa al punto 1.3. a)** se remite al RD 842/2002, de 2 de agosto, Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e instrucciones técnicas complementarias. Entre ellas está la ITC-BT 38 "Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención". En los lugares de trabajo donde se realicen tratamientos médicos en los que se pueda generar una atmósfera

explosiva, se deberán satisfacer las indicaciones establecidas en la ITC-BT 29 "Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas de locales con riesgo de incendio o explosión".

**La exclusión relativa al punto 1.3. b)** viene fundamentada en la normativa específica existente, y que sobre aparatos de gas se concreta en la Directiva de las Comunidades Europeas 90/396/CEE, de 29 de junio (LCEur 1990, 793), relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos de gas y la transposición de la misma a la legislación española a través del Real Decreto 1428/1992, de 27 de noviembre, sobre aparatos de gas. En

<sup>2</sup> La reglamentación completa actual sobre instalaciones petrolíferas es: RD 2085/1994 de 20 de octubre, desarrollado por: RD 2201/1995 de 28 de diciembre (antigua ITC MI IP 04), RD 1427/1997 de 15 de septiembre (antigua ITC MI IP 03), RD 1523/1999, de 1 de octubre (actuales ITC MI IP 03 y 04), RD 365/2005 de 8 de abril (actual ITC MI IP 05), RD 1416/2006, de 1 de diciembre (ITC MI IP 06), y modificado por RD 1562/1998, de 17 de julio (actual ITC MI IP 02), RD 1523/1999, de 1 de octubre (actuales ITC MI IP 03 y 04).

este Real Decreto se establecen las exigencias mínimas relativas a los aparatos de gas en relación con los dispositivos de seguridad, de control y de regulación para la comercialización y puesta en funcionamiento de los mismos, de forma que en condiciones normales de utilización (utilización de acuerdo al reglamento existente), no pongan en peligro la seguridad de las personas, de los animales domésticos ni de los bienes.

No obstante, en dicha reglamentación se excluyen, en su artículo 1 apartado 2, los aparatos de gas destinados exclusivamente a ser utilizados en procesos e instalaciones industriales. Para los aparatos de gas utilizados en procesos y en instalaciones industriales, la exclusión se refiere a la ITC-ICG 10 "Aparatos de gas" del RD 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias, ICG 01 a 11.

No se excluyen sin embargo los posibles escapes de las conducciones de gases inflamables, cuya emisión a la atmósfera podría dar lugar a la formación de una atmósfera explosiva peligrosa (como, por ejemplo, podría ocurrir en salas de calderas).

**La exclusión relativa al punto 1.3. c)** viene fundamentada en la normativa específica existente, y que en relación con la fabricación, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte se concreta en el RD 230/1998, de 16 de febrero, por el que se aprueba el reglamento de explosivos, en el que se adjuntan veinticinco (25) Instrucciones Técnicas Complementarias correspondiendo las dos últimas (ITC 24 y 25) al transporte de los mismos por ferrocarril y a normas de seguridad en la carga y descarga de explosivos en los puertos.

Respecto a las sustancias químicamente inestables, son aquellas que pueden sufrir descomposición o cambios químicos indeseados durante el

procedimiento normal de manipulación o almacenamiento. Por ejemplo, sustancias que forman fácilmente peróxidos, monómeros que no llevan estabilizadores o inhibidores y que pueden polimerizarse con una reacción fuertemente exotérmica, productos que dan lugar a reacciones de descomposición, compuestos que reaccionan de forma violenta en contacto, principalmente, con el aire y el agua.

Las características de estas sustancias estarán recogidas en la ficha de datos de seguridad y en las frases R y S del etiquetado de acuerdo con el RD 363/1995, de 10 de marzo, modificado en último lugar por el RD 99/2003, de 24 de enero, Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, y sus posteriores modificaciones.

**La exclusión relativa al punto 1.3. d)** viene fundamentada por el hecho de que las industrias extractivas están reguladas por el RD 1389/1997 de 5 de septiembre, que a su vez es transposición de la Directiva 92/104/CEE del Consejo del 3 de diciembre, donde se establecen las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la protección en materia de seguridad y salud de los trabajadores de las industrias extractivas a cielo abierto o subterráneas, y en lo que no se oponga al anterior, por el RD 863/1985 de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, modificado en su artículo 109 por el RD 150/1996, de 2 de febrero, y sus Instrucciones técnicas complementarias de desarrollo.

**La exclusión relativa al punto 1.3. e)** viene fundamentada en las disposiciones correspondientes establecidas para el transporte de mercancías peligrosas: por carretera en el RD 2115/1998 de 2 de octubre, por ferrocarril en los Reales Decretos 2225/1998, de 19 de octubre y 412/2001, de 20 de abril, así como por vía aérea, que se recogen en las Órdenes Ministeriales 2/08/1991, 22/06/1995 y 25/05/1998.

4. Las disposiciones del **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el **apartado 1**, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en este real decreto.

El RD 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP) y su modificación por el RD 604/2006 es de plena aplicación en cuanto a la

organización de la actividad preventiva en sus distintas modalidades, las funciones y actividades que pueden desarrollar cada uno de los sujetos implicados así como la formación que deben tener.

**Artículo 2. Definición.**

A los efectos de este real decreto, se entenderá por atmósfera explosiva la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.

Las explosiones a que se refiere esta definición son explosiones químicas producidas a partir de una reacción de combustión muy exotérmica. Se pueden definir como una combustión rápida que genera gases calientes que se expansionan, dando lugar a una onda de presión (onda aérea) y a un frente de llama que se propaga rápidamente.

La energía liberada en una explosión no tiene por qué ser necesariamente mayor a la producida a partir de una combustión simple, pero esta energía es liberada en un tiempo muy pequeño y por tanto con gran potencia.

En función de cómo se mezcle la sustancia inflamable con el aire, de su concentración y de cómo se produzca la ignición, se puede generar una combustión rápida en forma de llamarada o generarse un frente de llama y las citadas ondas de presión causando la explosión.

Las explosiones a que nos referimos normalmente se propagan en régimen de **deflagración**, es decir, la velocidad lineal de avance de la reacción (frente de llama) es inferior a la velocidad del sonido, y la onda de presión generada avanza por delante del frente de llama o zona de reacción.

La **detonación** es un régimen de propagación de la explosión más severo, la velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido y la onda de presión, denominada "onda de choque" y el frente de llama avanzan acoplados. Este fenómeno es debido al efecto de compresión de la onda de choque, la cual genera una alta temperatura y da lugar a la autoignición de la mezcla inflamable que aún no se ha quemado. Como consecuencia, se requerirán métodos específicos de protección.

La definición de atmósfera explosiva del artículo 2 incluye en general todas las atmósferas inflamables tanto si la explosión se propaga en régimen de deflagración (que será lo más habitual), como si lo hace en forma de detonación.

Otro aspecto que debe cumplirse para que una atmósfera pueda considerarse como explosiva, a efectos

de éste Real Decreto, es el hecho de que la mezcla de las sustancias inflamables con el aire se debe producir en **condiciones atmosféricas**. Estas condiciones se refieren a la presión y temperatura habituales en el ambiente de trabajo. Por ejemplo, dentro del ámbito de aplicación de este Real Decreto, no se consideraría atmósfera explosiva el interior de un recipiente a presión de sustancias inflamables (véanse figuras 1 y 3), pero sí la formada en el lugar de trabajo a causa de escapes o fugas de las sustancias inflamables o combustibles almacenadas a presión o la que existe en el interior de tanques y almacenamientos atmosféricos (véanse figuras 2 y 4).

La información sobre las propiedades relacionadas con la inflamabilidad de las sustancias en los lugares de trabajo puede obtenerse de la información que, obligatoriamente, debe aportar el fabricante o proveedor según la normativa específica<sup>3</sup>. Por tanto, si la sustancia está sometida a dicha reglamentación, se podrá identificar si es inflamable o no en función de las indicaciones que proporcione su etiquetado y las fichas de datos de seguridad.

Cuando se trate de sustancias y preparados que no estén clasificados de acuerdo con la legislación anterior o no se contemple ninguna obligación de facilitar información, el usuario profesional podrá solicitar del productor o suministrador la información necesaria para evaluar los riesgos en virtud de lo dispuesto en el artículo 41 de la LPRL. Si se analizan mezclas cuyos datos de inflamabilidad no sean conocidos, pero que se sospecha que, en las condiciones de utilización, pueden formar atmósferas explosivas, y en cualquier otro caso, puede obtenerse información a partir de:

- Normativa existente sobre transporte de mercancías peligrosas, donde se indican clasificaciones de peligrosidad de los productos químicos y sus correspondientes pictogramas e indicaciones;
- recomendaciones que la Comisión Europea haya hecho públicas sobre los resultados de la

<sup>3</sup> Alguna de la normativa a que se hace referencia es:

RD 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y sus modificaciones posteriores.

RD 255/2003, de 28 de febrero (BOE de 4.3.2003) Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos y sus modificaciones posteriores.

### ALMACENAMIENTO EN CONDICIONES NO ATMOSFÉRICAS

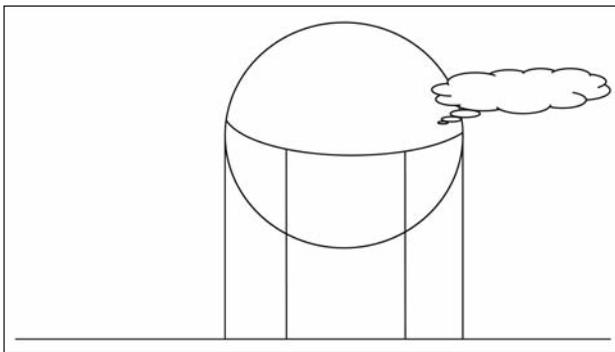


Figura 1 - Por ejemplo: el gas natural licuado se almacena a presión atmosférica y temperatura  $-161^{\circ}\text{C}$ . En su interior no hay aire, luego no es de aplicación el RD 681/2003.

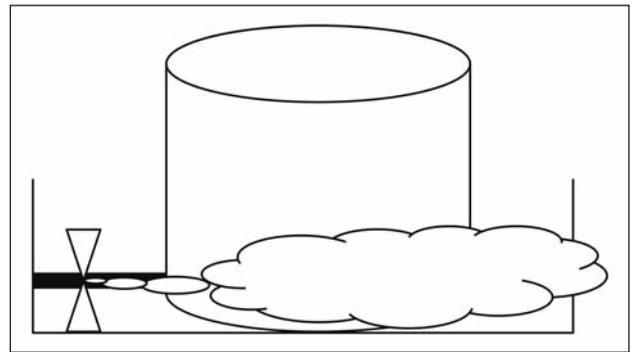
### ALMACENAMIENTO EN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS



Figura 2 - Muchos hidrocarburos se almacenan a temperatura y presión atmosféricas. Por tanto, si la sustancia emite vapores y en el interior hay aire, hay que aplicar el RD 681/2003.



Si se produce una fuga de la sustancia inflamable almacenada en este tipo de tanques, ya sea en forma de líquido que pueda producir vapores inflamables o gases inflamables, existe ATEX. Hay que aplicar el RD 681/2003.



Si se produce una fuga de la sustancia inflamable almacenada en este tipo de tanques, ya sea en forma de líquido que pueda producir vapores inflamables o gases inflamables, existe ATEX. Hay que aplicar el RD 681/2003.

evaluación y estrategia de limitación del riesgo;

- monografías y fichas de datos para sustancias químicas realizadas por distintas instituciones como ONU, OIT, OMS...;
- bibliografía especializada, bases de datos...;
- si se requirieren datos más precisos, se puede recurrir a ensayos normalizados.

Muchos polvos combustibles, tales como harina, piensos, tóner, metales finamente divididos, etc., pueden tener propiedades de explosividad aunque no dispongan de fichas de datos de seguridad. Por tanto, el hecho de no llevar pictograma no excluye el riesgo de estas sustancias. Sus parámetros de explosividad se pueden encontrar también en los tratados de explosiones de polvo.

Para que se forme una atmósfera explosiva es necesario, entre otras condiciones, que la sustancia inflamable esté íntimamente mezclada con el aire. Las sustancias y preparados con propiedades físico-químicas propicias para formar atmósferas explosivas y que pueden mezclarse fácilmente con el aire, son aquellas que se presentan en forma de gases, vapores y nieblas o sólidos combustibles en forma de polvo.

Un gas es un fluido en el cual las fuerzas de atracción entre sus moléculas son tan pequeñas que no adopta ni forma ni volumen fijo, sino que tiende a expandirse todo lo posible para ocupar todo el espacio en el que se encuentra.

Una sustancia gaseosa tendrá las propiedades indicadas en condiciones ambientales de presión y temperatura. Son sustancias gaseosas inflamables: el hidrógeno, gases de combustión incompleta,

gases procedentes de fermentaciones de materia orgánica como el metano, etc. Los gases para su almacenamiento y utilización, normalmente, se encuentran sometidos a presión (incluso pueden estar licuados). Una emisión de gas, que parte de una presión superior a la ambiental, aumenta la velocidad de difusión, lo que unido a su naturaleza facilitará una mezcla íntima del gas con el oxígeno del aire.

En un sentido amplio, el concepto de **vapor** es equivalente al de gas, y muchas veces se utilizan ambos indistintamente. Sin embargo, estrictamente, se reserva el término "vapor" al estado gaseoso que adoptan los líquidos por acción del calor. Todos los vapores de sustancias líquidas combustibles, como carburantes, aceites combustibles, disolventes..., pueden causar atmósfera explosiva.

Al igual que en el caso anterior, estas propiedades favorecen la mezcla íntima de la sustancia con el oxígeno del aire, sin embargo, en este caso, la velocidad de difusión será menor ya que dependerá de las propiedades fisicoquímicas del fluido (punto de inflamación o flash point) y de la temperatura ambiente.

Las **nieblas** se forman, normalmente, por acción mecánica en procesos con líquidos, tales como nebulización, pulverización, inyección, dispersión, etc., en los que pequeñas gotas quedan suspendidas en forma de nube en el aire (véase figura 5). Las nieblas formadas a partir de líquidos inflamables y combustibles son susceptibles de formar atmósferas explosivas, incluso a temperaturas inferiores al punto de inflamación (flash point). Estas gotículas favorecerán la evaporación del líquido que las forma, por tanto, a efectos de medidas preventivas, medios de protección y equipos a utilizar, suelen considerarse como vapor.



Figura 5 - Uno de los procesos donde es normal la formación de nieblas es en pintura por proyección. Si esta pintura o sus disolventes son inflamables, se podría formar una ATEX.

El **polvo** con capacidad de formar atmósferas explosivas, es materia particulada que proviene de sólidos combustibles. La dispersión de estas partículas sólidas en el aire formando una nube de polvo también se produce, normalmente, por acción mecánica externa, como acciones de molienda o cribado, transporte, llenado o vaciado, etc (véase figura 6). Así mismo, malas prácticas como limpieza por soplado o barrido, entre otras, también pueden dar lugar a atmósferas explosivas.

La permanencia en suspensión en el aire de estas partículas dependerá de su densidad, del tamaño de las partículas que lo constituyen, de las condiciones ambientales, etc.

Se incluyen en general todos los polvos formados a partir de materia orgánica (sustancias alimenticias y piensos, sustancias vegetales...), determinadas sustancias químicas (productos farmacéuticos, determinadas materias plásticas...) y aquellos provenientes del procesado y manipulación de algunos metales (aluminio, magnesio...) finamente divididos y especialmente en atmósferas enriquecidas en oxígeno.

En general, sólo los productos que estén en su estado final de oxidación no serán susceptibles de producir o alimentar un proceso de combustión, que puede ser una explosión si se dan las condiciones adecuadas.



Figura 6 - En los procesos de ensacado, trasvase, transporte, etc. de polvos inflamables se pueden formar ATEX.

En el caso de materia particulada, tanto polvos como nieblas, el grado de dispersión en el aire suficiente, para producir una atmósfera explosiva, solo se consigue si el tamaño de las gotículas o de las partículas es suficientemente pequeño para posibilitar el mantenimiento de las mismas en suspensión, ya que en caso contrario se depositarían.

Hay que prestar especial atención a las denominadas **mezclas híbridas**. Son mezclas de aire y sustancias inflamables en distintos estados físicos (materia particulada y gases o vapores inflamables) a temperatura y presión atmosférica. En estos casos, las condiciones de formación de la mezcla explosiva o de su ignición puede variar con respecto a las correspondientes a cada uno de sus componentes por separado, es decir, la explosión se puede producir a concentraciones inferiores a la concentración mínima o al límite inferior de explosividad de cada componente individual.

La mayor parte de gases, vapores y nubes de polvo inflamables son susceptibles de explotar si se inflaman bajo ciertas condiciones:

- **Mezcla del combustible-comburente.** Cada sustancia, ya esté en forma de gas, vapor, niebla o polvo, tiene un **rango de concentración** en el aire dentro del cual la mezcla sustancia inflamable-aire tiene propiedades explosivas, pero, si la concentración es inferior o superior a los extre-

mos (límites) que definen su rango de explosividad, no se produciría la explosión aunque el grado de dispersión fuese propicio.

El rango de explosividad de las sustancias inflamables se obtiene a partir de un ensayo normalizado en condiciones definidas de presión y temperatura, por tanto será propio para cada mezcla de sustancia inflamable con el aire. Además, el valor obtenido varía sensiblemente con la temperatura<sup>4</sup> y la presión y según las condiciones de ensayo, fuentes de inflamación, dimensiones del recipiente, etc.

Estos datos se suelen encontrar en las fichas de datos de seguridad bajo la denominación de LIE (límite inferior de explosividad) y LSE (límite superior de explosividad)<sup>5</sup>. Vienen dados en forma de porcentaje en volumen y/o en masa por unidad de volumen (véase figura 7).

Para el caso de nube de polvo, el rango de concentración explosiva dependerá además de la granulometría (véase figura 8). Normalmente en el lugar de trabajo no se presentará una mezcla homogénea de polvo-aire formando atmósfera



Figura 7 - Rango de explosividad de una sustancia inflamable.

<sup>4</sup> El rango de explosividad se amplía con el incremento de temperatura, de forma que el LIE es menor y el LSE es mayor. Se puede estimar mediante la fórmula siguiente:

$$LIE_t = LIE_{25^\circ C} - (0,8LIE_{25^\circ C} \times 10^{-3})(t-25)$$

$$LSE_t = LSE_{25^\circ C} + (0,8LSE_{25^\circ C} \times 10^{-3})(t-25)$$

La variación es de un 8% ante un aumento de temperatura de 100 °C (Bodurtha, F.T. Industrial Explosion Prevention and Protection. New York, McGraw-Hill Book Company, 1980).

<sup>5</sup> También se encuentran estos datos en bibliografía especializada y en normas técnicas como en la UNE 202007 IN "Guía de aplicación de la norma UNE-EN 60079-10".

explosiva, por tanto, los valores del rango de concentraciones límite explosivas para polvos deberían usarse solamente como referencia<sup>6</sup>

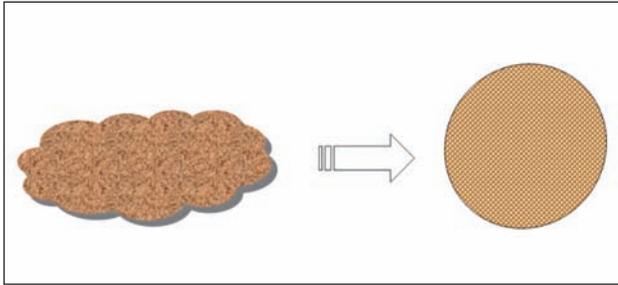


Figura 8 - La explosión de una nube de polvo inflamable dependerá de la concentración del polvo en el aire y del tamaño de partícula que debe permitir el grado suficiente de dispersión en el aire.

- **Fuente de ignición:** La reacción de un producto al explotar es siempre una reacción de oxidación. Para que se inicien estas reacciones se necesita una energía mínima de activación, para que se produzca la inflamación y para que la combustión se propague a la mezcla no quemada. En muchos casos, no son necesarias energías de activación muy elevadas y, una vez desencadenada la reacción, el calor generado suele ser suficiente para que se automantenga la reacción.

La evaluación de los riesgos debe permitirnos conocer si puede darse la concurrencia de los factores necesarios para que se produzca una explosión y sobre cuál de ellos es más fácil actuar para que finalmente no ocurra.

## CAPÍTULO II OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO

### Artículo 3. Prevención de explosiones y protección contra éstas.

Con objeto de prevenir las explosiones, de conformidad con el **artículo 15.1** de la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**, y de proporcionar una protección contra ellas, el empresario deberá tomar medidas de carácter técnico y/u organizativo en función del tipo de actividad, siguiendo un orden de prioridades y conforme a los principios básicos siguientes: impedir la formación de atmósferas explosivas o, cuando la naturaleza de la actividad no lo permita, evitar la ignición de atmósferas explosivas y atenuar los efectos perjudiciales de una explosión de forma que se garantice la salud y la seguridad de los trabajadores.

Estas medidas se combinarán o completarán, cuando sea necesario, con medidas contra la propagación de las explosiones. Se revisarán periódicamente y, en cualquier caso, siempre que se produzcan cambios significativos.

Las medidas preventivas que se realicen y las medidas finalmente adoptadas o planificadas deben ser conformes al orden de prioridades que se establece en los principios generales de acción preventiva definidos en el artículo 15.1 de la LPRL (véase figura 9).

1. En toda acción preventiva, la primera actuación es siempre **evitar los riesgos** impidiendo la formación de la atmósfera explosiva al actuar sobre la fuente, es decir, impidiendo la liberación o difusión de cualquier sustancia inflamable en el ambiente de trabajo o evitando su mezcla con el aire en concentraciones peligrosas. La imposibilidad de que una mezcla inflamable entre en contacto con

una fuente de ignición, que le suministre la energía de activación necesaria para iniciar la reacción, es también un método de control de riesgos siempre y cuando exista un control sobre la atmósfera explosiva que se haya formado. Por tanto, es imprescindible el uso de equipos e instalaciones adecuados<sup>7</sup>, para que éstos no sean fuente de ignición.

2. Se **evaluarán los riesgos** que no puedan evitarse estimando la probabilidad de formación de una atmósfera explosiva, su extensión y duración, la posibilidad de entrar en contacto con una fuente de ignición y las consecuencias finales, según lo indicado en el artículo 4 del presente Real Decreto.

<sup>6</sup> En la bibliografía especializada se encuentran tablas con datos de los parámetros más importantes de explosividad, por ejemplo: Eckhoff, R.K., *Dust Explosions in the Process Industries*, Oxford, Butterworth-Heinemann, 1991, Apéndice Tabla A1.

<sup>7</sup> Ver apéndice "Equipos para uso en atmósferas explosivas".

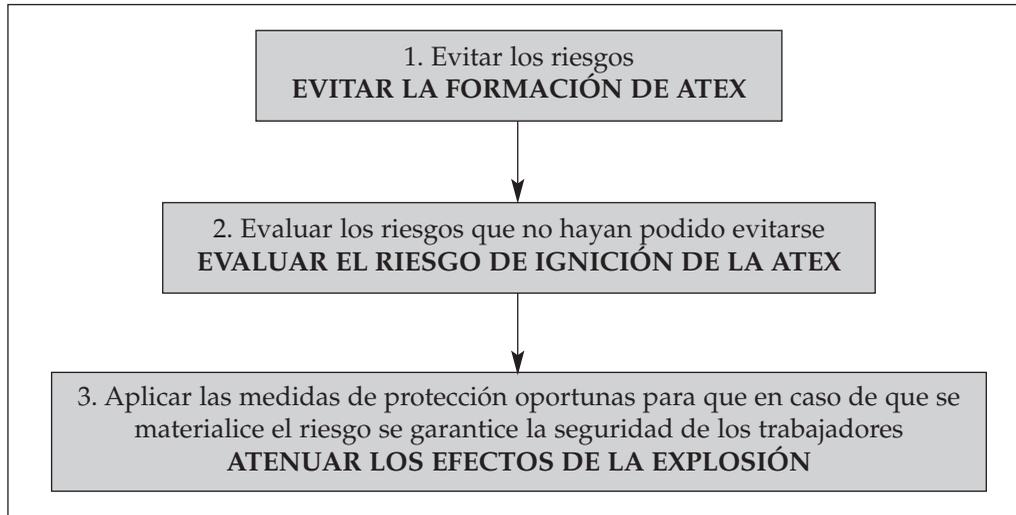


Figura 9 - Principios para la prevención de explosión y protección frente a éstas.

3. Por último, se tendrán en cuenta las **medidas de protección que atenúen los efectos de la explosión** que pueden ir desde la implantación de barreras físicas que eviten los efectos del calor y de las ondas de presión, hasta la orientación de la explosión y sus efectos hacia lugares o espacios donde no causen daños personales y los posibles daños materiales sean minimizados por la interposición de elementos estructurales de baja resistencia (cubiertas, mamparas, venta-

nas...) con el fin de facilitar la liberación de energía.

Todas estas medidas pueden ser de carácter técnico, si actúan modificando los parámetros que originan la formación de una atmósfera explosiva, o de carácter organizativo, si modifican la forma de trabajo.

El anexo II indica medidas preventivas técnicas y organizativas y en el apéndice 2 "Documento de Protección contra explosiones" se exponen algunas medidas de actuación.

#### Artículo 4. Evaluación de los riesgos de explosión.

1. En cumplimiento de las obligaciones establecidas en los **artículos 16 y 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales** y en la **sección 1.ª del capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención**, el empresario evaluará los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, teniendo en cuenta, al menos:

- a) La probabilidad de formación y la duración de atmósferas explosivas.
- b) La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.
- c) Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.
- d) Las proporciones de los efectos previsibles.

Los riesgos de explosión se evaluarán globalmente.

El principio básico frente a los riesgos de explosión debe ser evitar el riesgo de formación de atmósferas explosivas. Por tanto, como indica el artículo 3, las primeras actuaciones irán encaminadas a:

1. Evitar la presencia de sustancias inflamables.
2. Evitar la mezcla de estas sustancias con el aire.

Si ninguna de estas dos opciones fuese viable, existe la posibilidad de que se forme atmósfera explosiva y por tanto hay que evaluar el riesgo.

El artículo 4 indica unos pasos básicos para realizar dicha evaluación:

- a) La probabilidad de formación y la duración de la atmósfera explosiva.

Se analizará la frecuencia con que se produce la mezcla de la sustancia inflamable con el aire, es decir, si se produce de forma permanente, a intervalos definidos o si es improbable que se produzca. Con esta indicación, el artículo 4 presenta una forma de evaluar que se utilizará para la posterior clasificación en zonas (art. 7 y anexo I), ya que se reproduce este concepto.

Respecto a la duración, se debe partir de la base de que no se debe permitir la existencia permanente de una atmósfera explosiva. Por tanto, se deben contemplar las medidas necesarias, como sistemas de detección continua y medidas de control, para que la duración y el volumen del escape siempre sean mínimos.

b) *La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.*

Hay que evaluar cualquier fuente de ignición que pueda aparecer en las áreas donde puedan formarse atmósferas explosivas. Estas fuentes de ignición pueden ser fijas (aparatos y equipos fijos situados en zonas de riesgo) o pueden introducirse en las áreas de riesgo en razón de las actividades a realizar (equipos portátiles o medios de manutención y transporte). Estos equipos y medios deben cumplir la normativa que les sea de aplicación y en cualquier caso se debe evaluar su idoneidad respecto al riesgo de explosión. Habrá que evaluar, especialmente, las actividades que se realizan en las áreas de riesgo, los equipos que en éstas intervienen<sup>8</sup> e incluso el uso de herramientas manuales.

Las descargas electrostáticas pueden darse tanto por las condiciones de desarrollo del proceso como por carga acumulada por los trabajadores, por ello tendrán que evaluarse todas las circunstancias en que puedan producirse dichas descargas electrostáticas<sup>9</sup>.

c) *Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.*

De manera general, las fases de la evaluación del riesgo comprenderán:

- Identificación de las sustancias susceptibles de formar atmósfera explosiva.

- Análisis de instalaciones, procesos industriales, equipos, etc., especialmente los puntos y actividades donde las sustancias inflamables que intervienen se pueden mezclar con el aire formando atmósfera explosiva. Al analizar la presen-

cia de sustancias inflamables, se considerarán tanto las materias primas utilizadas y los productos finales como las posibles sustancias inflamables intermedias que puedan producirse durante el proceso.

- Interacciones entre equipos, instalaciones, procesos y actividades que puedan dar lugar a mezcla de sustancia inflamable con el aire.

d) *Las proporciones de los efectos previsibles.*

Para minimizar los efectos de la explosión se evitará que pueda propagarse a lo largo de la instalación, ya que se aumenta la probabilidad de provocar incendios y otras explosiones aumentando los efectos dañinos y destructivos. Evaluar los efectos particulares de una explosión puede requerir cálculos complejos, por tanto hay que tender siempre a evitar que éstos puedan ser multiplicativos al afectar a equipos y procesos adyacentes propagándose a zonas donde se hayan establecido puestos de trabajo.

Esta evaluación de riesgos debe contemplar todas las actividades que se realicen en la empresa, tanto las actividades rutinarias de proceso como las actividades periódicas, tales como limpieza, mantenimiento, revisiones... Igualmente, la evaluación de riesgos contemplará todas las fases de la actividad: arranque, régimen de trabajo, parada, disfuncionamientos previsibles así como posibles errores de manipulación.

La evaluación debe ser global valorando en su conjunto los equipos existentes, las características de construcción de los mismos, las materias utilizadas, las condiciones de trabajo y los procedimientos así como las posibles interacciones de estos elementos entre sí y con el entorno de trabajo.

El riesgo de explosión es siempre un riesgo grave, ya que las consecuencias en caso de materializarse son graves o muy graves. Por eso, este riesgo debe estar controlado y las medidas preventivas a tomar deberían tener un carácter prioritario.

La evaluación de riesgos debe mantenerse actualizada y revisarse periódicamente, especialmente antes de comenzar cualquier nueva actividad y/o proceso o antes de reanudar la actividad en caso de haber realizado modificaciones y/o reformas en una planta o proceso existente, incluyendo el hecho de que se introduzcan nuevas sustancias o fórmulas diferentes.

<sup>8</sup> Ver apéndice 4 "Equipos para uso en atmósferas explosivas".

<sup>9</sup> Ver apéndice 5 "Fuentes de ignición. Electricidad estática".

En el apéndice 2 “Documento de protección contra explosiones” se profundiza sobre determinados aspectos de la evaluación de riesgos derivados

de atmósferas explosivas y en el apéndice 1 “Funciones y Cualificación” se dan indicaciones sobre quién debe realizar la evaluación de riesgos.

2. En la evaluación de los riesgos de explosión se tendrán en cuenta los lugares que estén o puedan estar en contacto, mediante aperturas, con lugares en los que puedan crearse atmósferas explosivas.

Cuando no se pueda evitar la presencia de atmósfera explosiva o no esté confinada y controlada, se debe prestar especial atención a los lugares que están o pueden quedar comunicados con las áreas de riesgo a través de aberturas, ya que por su propia naturaleza las sustancias que forman la atmósfera explosiva pueden desplazarse acumulándose en zonas no protegidas. Por ejemplo:

Si el gas o vapor es menos denso que el aire, tenderá a ascender acumulándose en falsos techos, por ejemplo, o filtrándose a través de rejillas y conductos. Si es más denso, tenderá a descender acumulándose a ras de suelo.

Los derrames de líquidos inflamables deben ser controlados y eliminados evitando su filtración en materiales porosos y acumulación en zonas poco accesibles.

El polvo es siempre más denso que el aire, por tanto tiende a depositarse. En ausencia de ventilación o de procesos externos, las partículas más finas permanecerán más tiempo en suspensión. El polvo puede acumularse en cualquier parte dentro del volumen ocupado por la nube. Hay que evaluar toda la zona afectada incluyendo los puntos menos accesibles como pueden ser canaletas de cables, estanterías en altura, parte superior de los equipos, etc., ya que en estas zonas puede acumularse el polvo que se encuentra en suspensión.

**Artículo 5. Obligaciones generales.**

Con objeto de preservar la seguridad y la salud de los trabajadores, y en aplicación de lo establecido en los **artículos 3 y 4**, el empresario tomará las medidas necesarias para que:

- a) En los lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que puedan poner en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores o de otras personas, el ambiente de trabajo sea tal que el trabajo pueda efectuarse de manera segura.
- b) En los ambientes de trabajo en los que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que puedan poner en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores, se asegure, mediante el uso de los medios técnicos apropiados, una supervisión adecuada de dichos ambientes, con arreglo a la evaluación de riesgos, mientras los trabajadores estén presentes en aquéllos.

Del cumplimiento de los artículos 3 y 4 del presente Real Decreto se desprende que se habrá hecho todo lo posible para eliminar el riesgo o bien que habrá sido controlado y evaluado, adoptando las medidas preventivas necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Sin embargo, pueden darse circunstancias en las que sea necesario garantizar que las condiciones ambientales seguras se mantienen en el momento de desarrollar el trabajo. En estos casos será necesario prever una supervisión de dichas condiciones antes de comenzar los trabajos.

Se debe establecer:

- *Cuándo se va a realizar la supervisión del ambiente:* se requerirá una supervisión del ambiente cuando se vayan a realizar actividades que, por su naturaleza o por los equipos que implica, pueden generar o aumentar el riesgo de explosión. Es decir, para realizar una actividad que implique fuentes de ignición en un área donde puede formarse una atmósfera explosiva, se necesita constatar que efectivamente no hay atmósfera explosiva en el ambiente y que no se producirá hasta que no se hayan restablecido las condiciones

de seguridad. Otro caso en que sería necesario verificar las condiciones ambientales es cuando para garantizar la seguridad hay que limitar la temperatura o cualquier otro parámetro ambiental, en cuyo caso habrá que supervisar que el límite efectivamente se mantiene. Igualmente se deben supervisar las condiciones ambientales siempre que se modifiquen las condiciones de las áreas susceptibles de presencia de atmósferas explosivas.

- *Cómo se realiza la supervisión del ambiente:* normalmente la supervisión va a consistir en el control de las condiciones ambientales que se consideran seguras respecto al riesgo de explosión. Puede consistir en: detección de sustancia inflamable en el ambiente y sus concentraciones, control de temperatura, control de condiciones de ventilación, etc. La mayoría de las veces se requerirá realizar mediciones o vigilancia de paneles de control.

En el caso de riesgo de formación de atmósfera explosiva por nube de polvo, normalmente, la supervisión consistirá en la verificación de que no existen capas de polvo que puedan ponerse en suspensión, verificación de estanqueidad, limpieza, etc.

En cualquier caso se establecerá un procedimiento que indique en qué va a consistir la supervisión (por ejemplo, si es puntual o continua), cómo se va a realizar (equipos con los que se va a realizar, número de mediciones, etc.), quién debe

efectuarla y los resultados válidos para poder realizar la actividad.

- *Procedimiento de actuación:* los resultados de la supervisión deben garantizar que la operación se va a realizar en condiciones seguras. El ambiente de trabajo seguro frente al riesgo de explosión se puede concretar en diferentes aspectos:

- No existe atmósfera explosiva, ni se puede formar.
- El trabajo se realiza con la garantía de que no se producirá la inflamación de una posible atmósfera explosiva
- La posible inflamación de la atmósfera explosiva no causará daños a los trabajadores

El procedimiento de actuación dependerá de los resultados obtenidos de la supervisión.

La necesidad de supervisar el ambiente de trabajo, así como las prescripciones para su realización, debe estar recogida en la evaluación de riesgos. Normalmente la necesidad de realizar la supervisión del ambiente irá acompañada de medidas organizativas de prevención incluyendo permisos de trabajo que garanticen, entre otras cosas, que se ha realizado o se está realizando la supervisión del ambiente mientras se desarrolla la actividad.

Sobre la supervisión del ambiente de trabajo, se detalla más información en el apéndice 1 "*Funciones y cualificación*".

## Artículo 6. Obligación de coordinación.

Cuando en un mismo lugar de trabajo se encuentren trabajadores de varias empresas, cada empresario deberá adoptar las medidas que sean necesarias para la protección de la salud y la seguridad de sus trabajadores, incluidas las medidas de cooperación y coordinación a que hace referencia el **artículo 24** de la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**. Sin perjuicio de ello y en el marco de lo dispuesto en el citado artículo, el empresario titular del centro de trabajo coordinará la aplicación de todas las medidas relativas a la seguridad y la salud de los trabajadores y precisará, en el documento de protección contra explosiones a que se refiere el **artículo 8**, el objeto, las medidas y las modalidades de aplicación de dicha coordinación.

Los diferentes tipos de relaciones que se pueden dar entre empresarios que coincidan en un mismo centro de trabajo están regulados por el RD 171/2004, de 30 de enero, que desarrolla el artículo 24 de la LPRL. En él se establece la obligación general de coordinación a través de un intercambio de información sobre los riesgos específicos de las actividades de cada empresario concurrente

que puedan afectar a los trabajadores de las demás empresas. La forma de coordinación será más o menos compleja dependiendo de la peligrosidad de dichas actividades, del número de trabajadores y de la duración de la concurrencia, llegando incluso a tomar la opción de designar a personas encargadas de esa función y establecer instrucciones de trabajo por escrito.

Capacidad del empresario	Obligaciones de Información y Coordinación con empresas concurrentes
Gestión del centro de trabajo	Información a los concurrentes sobre: - riesgos asociados a sus actividades - riesgos asociados al lugar de trabajo Si la actividad contratada o subcontratada se realiza en el centro de trabajo y es parte de su actividad: - vigilancia del cumplimiento de la normativa de PRL
Titular del centro de trabajo	- precisar las medidas y las modalidades de coordinación en el documento de protección contra explosiones - coordinar posteriormente su aplicación, referida a aquellas actividades concurrentes con riesgo de explosión <sup>10</sup>

Se resume en el siguiente esquema:

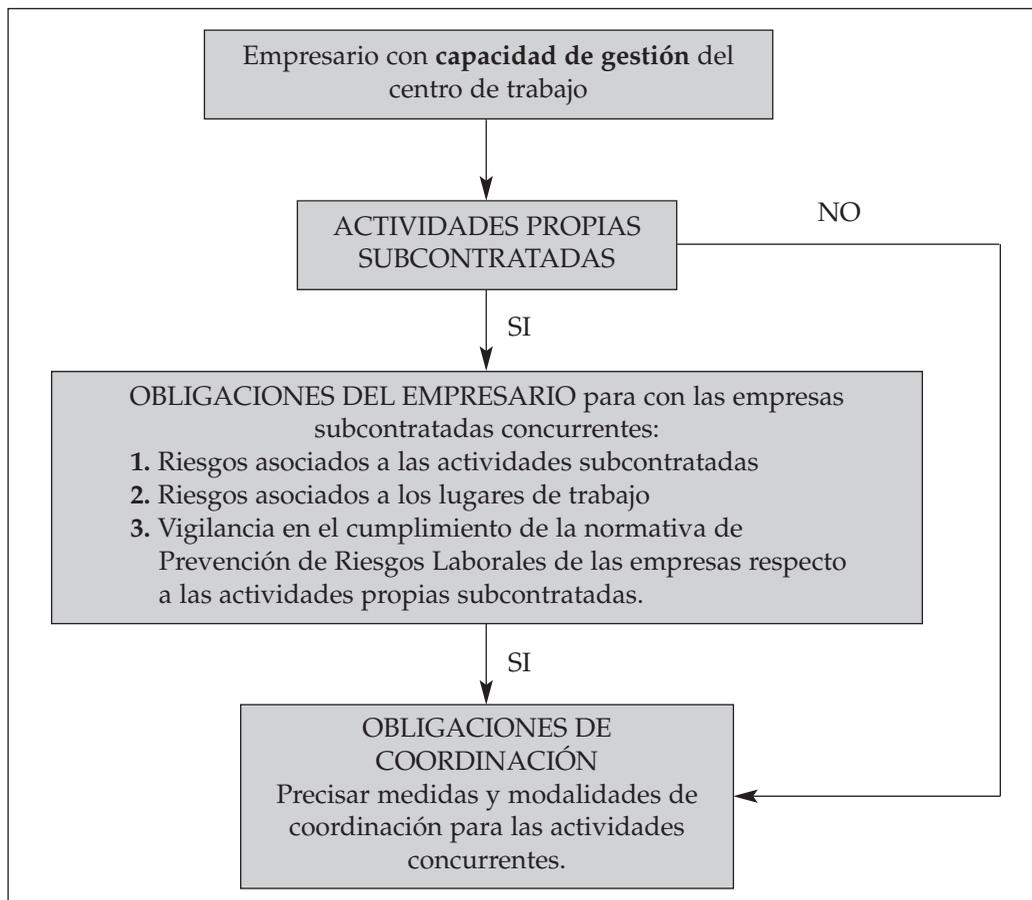


Figura 10.

En cualquier caso, la Guía técnica para la Integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa, elaborada

por el INSHT, hace referencia a la forma de integrar el cumplimiento de las disposiciones vigentes en el tema de coordinación de actividades empresariales.

<sup>10</sup> Estas obligaciones son las mismas que se establecen en el artículo 8 "Instrucciones del empresario titular" del RD 171/2004. Puede resumirse en la obligación que tiene cada empresario de recopilar la información relativa a las actividades que sean peligrosas por el hecho de darse una concurrencia de trabajadores de diferentes empresas, para posteriormente elaborar e implantar las instrucciones que se consideren necesarias para la prevención de los riesgos y protección de los trabajadores.

En general, en lo referente al riesgo de explosión, será importante coordinarse sobre:

- Las zonas en que existe o se puede formar una atmósfera explosiva. Actividades a realizar y entorno en el que se van a realizar.
- Las medidas preventivas y de protección a adoptar cuando se realicen trabajos o se manipulen sustancias capaces de generar una atmósfera explosiva.
- Las medidas preventivas y de protección a adoptar si se van a realizar trabajos en caliente o actividades susceptibles de generar fuentes de ignición.
- Los equipos que se deben utilizar y procedimientos de trabajo a cumplir cuando se realicen

actividades en zonas clasificadas por riesgo de explosión.

- Cuantas otras medidas estén previstas en la evaluación de riesgos.

Las consecuencias del riesgo de explosión son siempre graves cuando afectan a los trabajadores, por tanto esta información se debería facilitar **por escrito**, antes del inicio de la actividad y ante cualquier modificación que deba ser tomada en cuenta para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Este deber de coordinación será de aplicación a todas las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en el centro de trabajo, existan o no relaciones jurídicas entre ellos.

#### Artículo 7. Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.

1. El empresario deberá clasificar en zonas, con arreglo al **anexo I**, las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.
2. El empresario deberá garantizar, en las áreas a que se refiere el **apartado 1**, la aplicación de las disposiciones mínimas establecidas en el **anexo II**.
3. Sin perjuicio de lo establecido en el **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, los accesos a las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que supongan un peligro para la salud y la seguridad de los trabajadores deberán señalizarse, cuando sea necesario, con arreglo a lo dispuesto en el **anexo III**.

El objetivo de la clasificación de zonas es delimitar las áreas en que se pueden formar atmósferas explosivas para tomar las medidas preventivas consecuentes en cuanto a equipos a utilizar en dichas áreas, actividades permitidas y procedimientos de trabajo a seguir.

Esta clasificación, como ya se adelantaba en el artículo 4 al evaluar los riesgos, tendrá en cuenta, entre otros aspectos, la probabilidad de formación y duración de la atmósfera explosiva, según los conceptos del anexo I.

En el anexo II se presentan medidas adecuadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que se aplicarán a las zonas clasificadas y de acuerdo con los resultados de la evaluación de riesgos.

El RD 485/1997 se aplica para señalización de seguridad y salud en el trabajo, referida a zonas, locales, vías, recorridos, peligros derivados de la actividad o la propia instalación, los medios de protección, emergencia, socorro y salvamento de los lugares de trabajo, permitiendo una información común, independiente del centro de trabajo en que se desarrolle la actividad. Además de la señalización indicada en el mismo, el RD 681/2003 en su anexo III presenta una señal específica sobre el riesgo de explosión.

Esta señal se colocará en las zonas con riesgo de atmósfera explosiva siguiendo los criterios del art.4 del RD 485/1997 y su guía de desarrollo elaborada por el INSHT.

#### Artículo 8. Documento de protección contra explosiones.

En cumplimiento de las obligaciones establecidas en el **artículo 4**, el empresario se encargará de que se elabore y mantenga actualizado un documento, denominado en adelante documento de protección contra explosiones. Dicho documento de protección contra explosiones deberá reflejar, en concreto:

- a) Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión.
- b) Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos de este real decreto.
- c) Las áreas que han sido clasificadas en zonas de conformidad con el **anexo I**.
- d) Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos establecidos en el **anexo II**.
- e) Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen teniendo debidamente en cuenta la seguridad.
- f) Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el **Real Decreto 1215/1997**, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras.

El documento de protección contra explosiones se elaborará antes de que comience el trabajo y se revisará siempre que se efectúen modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes en el lugar de trabajo, en los equipos de trabajo o en la organización del trabajo. El documento de protección contra explosiones formará parte de la documentación a que se refiere el **artículo 23** de la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**, y podrá constituir un documento específico o integrarse total o parcialmente con la documentación general sobre la evaluación de los riesgos y las medidas de protección y prevención.

### ¿Qué es el Documento de Protección contra Explosiones?

El documento de protección contra explosiones (DPCE) es una recopilación de las actuaciones preventivas realizadas por la empresa que tiene por objeto reflejar el conjunto de medidas adoptadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo de explosión.

Es obligación del empresario evaluar los riesgos y adoptar las medidas preventivas y de protección precisas para evitar daños a los trabajadores. Concretamente este Real Decreto exige la evaluación de los riesgos de explosión en su artículo 4, la clasificación de zonas de acuerdo con el anexo I y la adopción de las medidas oportunas indicadas en el anexo II.

### ¿Qué debe reflejar?

El art. 8 indica los aspectos mínimos que debe reflejar el DPCE. Aunque tal y como se expresa, puede inducir a preparar un documento específico, separado del resto de actividades preventivas realizadas en la empresa, donde se recojan los apartados que se indican, tal y como se aclara al final del artículo, el DPCE **no tiene por qué constituir un documento independiente** puesto que muchas de las acciones a que obliga ya se habrán realizado y estarán convenientemente reflejadas y documentadas siguiendo las obligaciones generales de prevención. Por ejemplo, una empresa con riesgo de explosión ya debería tener evaluado dicho riesgo antes de la entrada en vigor del RD 681/2003 y la elaboración del DPCE.

A continuación se analizan los aspectos específicos que debe reflejar el DPCE:

a) *Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión:* la evaluación del riesgo de explosión responde a la obligación general de evaluación de riesgos presentes en el lugar de trabajo. El presente Real Decreto obliga específicamente, en su artículo 4, a realizar la evaluación del riesgo de explosión. Este apartado del DPCE puede referirse a dicha evaluación que a su vez podría estar ya incluida en la evaluación general de riesgos realizada por el empresario en cumplimiento de la LPRL.

b) *Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos de este Real Decreto:* el principal objetivo del presente Real Decreto es garantizar la seguridad y salud de los trabajadores expuestos al riesgo de explosión, por tanto, en este punto, se indicarán las medidas preventivas y de protección adoptadas para minimizar los riesgos de explosión que no hayan podido ser evitados. Estas medidas preventivas también podrían estar ya incluidas en la planificación de la actividad preventiva general de la empresa. Si fuese éste el caso, el DPCE podría hacer referencia a ellas sin necesidad de duplicar la información.

c) *Las áreas que han sido clasificadas en zonas de conformidad con el anexo I:* se remite al cumplimiento del artículo 7 y del anexo I de este Real Decreto. Este requisito es una novedad en el campo preventivo. Hasta el momento no era obligatorio ninguna actuación preventiva que obligase a clasificar en zonas el lugar de trabajo y recogerlo en un documento.

Es obligatorio identificar los lugares de trabajo donde se pueden formar atmósferas explosivas y clasificar estas áreas en zonas, según la naturaleza de la sustancia que la provoque (gas, vapor, niebla o polvo), y en función de la frecuencia y

duración de la atmósfera explosiva según indica el anexo I.

El RD 842/2002, REBT, en su ITC-BT 29, define el mismo concepto de clasificación de zonas para evitar el riesgo de explosión por fuentes de ignición de origen eléctrico. Dicha clasificación, aunque puede servir de orientación, no exime de las obligaciones del RD 681/2003 que abarca el riesgo de explosión sea cual sea la sustancia que lo origine y la fuente de ignición que pueda iniciar la inflamación de la atmósfera explosiva. Por tanto, pueden existir en la empresa áreas peligrosas por la presencia de atmósferas explosivas y fuentes de ignición, que no sean de origen eléctrico y que no hayan sido clasificadas según el REBT.

d) *Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos establecidos en el anexo II:* el anexo II detalla las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas. Puede no ser necesario aplicar todas las medidas indicadas pero sirven de referencia al empresario a la hora de seleccionar las medidas preventivas adecuadas a su situación particular. Estas medidas preventivas ya podrían haber sido consideradas formando parte de la planificación general de prevención de la empresa. En ese caso, al igual que en puntos anteriores, no tendría que repetirse en el DPCE y podrían simplemente estar referenciadas.

e) *Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen teniendo debidamente en cuenta la seguridad.*

f) *Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el Real Decreto 1215/1997, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras:* estos dos aspectos hacen referencia a condiciones generales de seguridad.

Junto con todas las medidas de prevención y protección frente al riesgo de explosión, se debe garantizar la seguridad general de los lugares de trabajo (RD 486/1997) y la seguridad en la utilización de los equipos (RD 1215/1997) mediante la aplicación de medidas específicas así como de un sistema de mantenimiento y revisiones adecuado.

El RD 1215/1997 establece en el punto 11 apartado 1 "Condiciones generales de utilización de los equipos de trabajo" que en ambientes especiales, caso de las atmósferas explosivas, no se emplearán equipos de trabajo que en dicho entorno supongan un peligro para la seguridad de los trabajadores. Esta aseveración supone que los equipos no deben limitarse sólo a cumplir una serie de criterios en cuanto a su fiabilidad cons-

tructiva, sino que deben ser adecuados para ser utilizados específicamente en las zonas clasificadas por riesgo de explosión. Las medidas aplicadas así como los criterios seguidos, para garantizar la seguridad de los equipos no sometidos a legislación específica (RD 400/1996), deberán estar expresamente detallados en el DPCE.

Además, como parte de la evaluación de riesgos, en el documento de protección contra explosiones, y siempre que no figure en otra documentación de la empresa a la que se pueda hacer referencia, deberá reflejar también:

- La metodología de evaluación del riesgo por atmósferas explosivas.
- La planificación de puesta en marcha de las medidas preventivas.
- La validación de dichas medidas en cuanto a eficacia, posibles riesgos residuales...
- El contenido y planificación de la formación que deben recibir los trabajadores involucrados.
- El seguimiento y revisión periódica de la evaluación realizada, así como de las medidas preventivas adoptadas, de acuerdo con posibles modificaciones de actividad, reformas del lugar de trabajo, incorporación de nuevos trabajadores, evolución de la tecnología...
- Los procedimientos de trabajo a aplicar para realizar determinadas actividades en las zonas clasificadas.
- Las actividades que requerirán permisos de trabajo antes de acometerse, en las zonas clasificadas.
- Identificación de los trabajos o tareas ligadas a actividades de riesgo especial que den lugar a la presencia de los recursos preventivos.

El DPCE debe adaptarse a las condiciones operativas existentes en cada caso y, como parte de la documentación preventiva de la empresa, debe cumplir los requisitos generales exigidos por la legislación preventiva en cuanto a su realización, su mantenimiento y revisión, la consulta y participación de los trabajadores...

### **¿Cuándo debe realizarse el documento de protección contra explosiones?**

Siempre que existan sustancias inflamables en la empresa en forma de gas, vapor, niebla o polvo y puedan mezclarse con el aire en cantidades peligrosas existe riesgo de explosión y por tanto es necesario que dicho riesgo sea evaluado y controlado.

**Disposición adicional única. Aplicación a los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas y que ya se estén utilizando.**

1. Los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas, que ya se estén utilizando o se hayan puesto a disposición para su uso por primera vez en una empresa antes del 30 de junio de 2003, deberán cumplir a partir de dicha fecha el **apartado A del anexo II**, sin perjuicio de lo establecido en el **artículo 1.2** de este real decreto.
2. El **apartado B del anexo II** no será de aplicación a los equipos de trabajo a que se refiere el **apartado 1** de esta disposición adicional.

El apartado B del anexo II indica que, salvo que se disponga otra cosa en el DPCE, los aparatos y sistemas de protección en las áreas en que puedan formarse atmósferas explosivas deberán ser conformes a lo dispuesto en el RD 400/1996, relativo a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

El RD 681/2003 permite la continuidad del uso de aparatos no conformes al RD 400/1996 si ya se estaban utilizando antes del 30 de junio de 2003. Estos aparatos y sistemas deben cumplir la reglamentación que les sea de aplicación y en cualquier caso deben ser evaluados para garantizar su adecuación a las zonas clasificadas donde vayan a ser instalados. Aparte de cumplir los requisitos indicados en el apartado A del anexo II se debe evaluar que dichos aparatos y sistemas no generen atmósfera explosiva, que no sean fuente de ignición y en su caso poder detener o limitar la explosión a un nivel de seguridad suficiente en caso de que se produjese.

Respecto a la legislación aplicable a estos aparatos se puede citar la siguiente:

Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre. Dicta las disposiciones de aplicación de la

Directiva 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. Anexo I. Art. 1.5.7 *“Riesgos de explosión: la máquina deberá diseñarse y fabricarse a fin de evitar cualquier riesgo de explosión provocada por la misma máquina, o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias que produzca o utilice la máquina.*

*Para ello el fabricante tomará las medidas oportunas: evitar concentraciones peligrosas de productos, impedir la inflamación de la atmósfera explosiva, limitar las consecuencias de la explosión, si ésta llega a producirse, con el fin de que no tenga efectos peligrosos para el entorno”.*

ITC MI-BT 029 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Instalaciones eléctricas en locales con riesgo de incendio y explosión.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (BOE de 7.8.1997).

Para realizar la evaluación de estos aparatos y sistemas puede ser de ayuda seguir los requisitos generales del punto 1 del anexo II del Real Decreto 400/1996.

**Disposición transitoria única. Plazo de aplicación de la nueva normativa a los lugares de trabajo.**

1. Los lugares de trabajo que contengan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas y que ya se hayan utilizado antes del 30 de junio de 2003 deberán cumplir las disposiciones mínimas contenidas en este real decreto a más tardar tres años después de dicha fecha.
2. El plazo de tres años a que se refiere el apartado anterior no será de aplicación a las modificaciones, ampliaciones y remodelaciones de los lugares de trabajo que contengan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, efectuadas después del 30 de junio de 2003, que deberán cumplir las disposiciones de este real decreto desde la fecha de su entrada en vigor.

Actualmente el RD 681/2003 es de plena aplicación.

**Disposición final primera. Elaboración y actualización de la guía técnica.**

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el **artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el **Reglamento de los Servicios de Prevención**, elaborará y mantendrá actualizada una guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

En particular, dicha guía deberá proporcionar información orientativa que pueda facilitar al empresario la elaboración del documento de protección contra explosiones al que hace referencia el **artículo 8** de este real decreto.

**Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.**

Se autoriza al **Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales** y al Ministro de Ciencia y Tecnología, previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este real decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos, en función del progreso técnico y de la evolución de las normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de protección frente a los riesgos derivados de las atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

**Disposición final tercera. Entrada en vigor.**

El presente real decreto entrará en vigor el 30 de junio de 2003.  
Dado en Madrid, a 12 de junio de 2003.

JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno  
y Ministro de la Presidencia  
MARIANO RAJOY BREY

## ANEXO I

## CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS EN LAS QUE PUEDEN FORMARSE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

**Observación preliminar**

Esta clasificación en zonas se aplicará a las áreas en las que deban tomarse las medidas establecidas en los **artículos 3, 4, 7 y 8**.

Las medidas establecidas en los artículos 3, 4, 7 y 8 son en su conjunto coherentes con la aplicación de los principios preventivos establecidos en el artículo 15 de la LPRL.

En un primer análisis, es suficiente determinar en qué áreas se utilizan sustancias inflamables o combustibles en procesos u operaciones, que hagan posible que pasen al ambiente en una cantidad tal que permita la formación de una atmósfera explosiva. Si se conoce además la frecuencia con la que se produce, se habrá realizado de forma intuitiva una clasificación de áreas (sin delimitación de su extensión).

Esta primera clasificación no conllevaría, en principio, la aplicación de las medidas establecidas en el Anexo II, ni posiblemente su inclusión en las áreas definitivas del DPCE, sino que su utilidad sería únicamente a efectos de establecer las zonas susceptibles de ser desclasificadas o modificada su clasificación mediante la implantación de

medidas preventivas obvias (como la sustitución de sustancias o compuestos, implantación de extracción localizada, garantizar una ventilación natural suficiente...) que, aunque puedan ser complejas, evitarían tener que realizar la clasificación de áreas resolviendo este problema desde el momento inicial.

La clasificación final de zonas será consecuencia de los resultados de la evaluación de riesgos, habida cuenta que antes de proceder a clasificar una zona o puesto de trabajo se habrán considerado todas las posibilidades de eliminación del riesgo y en su defecto la disminución de la probabilidad y frecuencia de la posible existencia de ATEX, como se ha comentado en el párrafo anterior.

Las zonas que, por la naturaleza y características de explosividad de los productos empleados y por los condicionantes del proceso, no se pueden eliminar completamente son las que se deben clasificar.

**1. Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.**

Se consideran áreas de riesgo, a los efectos de este real decreto, aquéllas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.

Se consideran áreas que no presentan riesgos, a los efectos de este real decreto, aquéllas en las que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales.

El término "*...no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales...*" indica que el empresario debería evaluar la probabilidad de formación de atmósferas explosivas así como la cantidad de éstas, antes de considerar la clasificación en zonas.

Una zona donde no es posible que se forme una atmósfera explosiva en cantidades tales que requiera precauciones especiales no se considerará zona de riesgo. Se entiende por **precauciones especiales** aquéllas dirigidas al control de las posibles emisiones de sustancia inflamable o com-

bustible, control de fuentes de ignición en las áreas peligrosas y aquellas medidas relacionadas con la instalación, actividades y uso de equipos especiales frente al riesgo de explosión.

Se citan a continuación algunos ejemplos de situaciones en las que la atmósfera explosiva que se formase lo fuese en cantidad no peligrosa:

- Un vertido o derrame accidental de una pequeña botella de disolvente emitiría una cantidad pequeña de atmósfera inflamable y no sería necesario aplicar otras precauciones especiales

aparte de las medidas generales establecidas para el tratamiento del vertido y su eliminación y el control de fuentes de ignición. No se clasificaría como zona peligrosa.

- Sustancias inflamables en pequeños envases para su comercialización no formarían atmósferas explosivas peligrosas en circunstancias normales y por tanto no se requeriría su clasificación como área peligrosa. Sin embargo, sí se clasificarían como área peligrosa los contenedores previs-



Figura 11 - El uso de pequeñas cantidades de sustancias inflamables con las debidas precauciones no formará atmósfera explosiva en cantidades peligrosas.

tos para almacenar grandes cantidades de estos envases.

- Una capa homogénea de pequeño espesor (visible) de polvo inflamable puede formar mezcla explosiva. En el caso de capas de polvo combustible, el área se considera de no riesgo cuando dicha capa es eliminada (generalmente, mediante limpieza que no levante polvo) de forma rápida y eficaz antes de que exista la posibilidad de formación de concentraciones explosivas de polvo inflamable con aire (véase figura 12).

No se puede indicar la cantidad máxima de cada sustancia a partir de la cual puede formar una atmósfera explosiva peligrosa, pues depende de las propiedades de cada sustancia pero, además, para poder determinar esta situación se deben relacionar todos los factores implicados:

- Propiedades fisicoquímicas de las sustancias (LIE).
- Cantidad utilizada por realización del trabajo. Material de reserva.
- Cantidades utilizadas en otras condiciones, mantenimiento, transvases...
- Condiciones de propagación: puede ocurrir que la explosión sea insignificante en cuanto a los daños que puede causar, pero pueda iniciar explosiones mayores.

Las sustancias inflamables o combustibles se considerarán sustancias capaces de formar atmósferas explosivas, a no ser que el análisis de sus propiedades demuestre que, mezcladas con el aire, no son capaces por sí solas de propagar una explosión.

Las capas, depósitos y acumulaciones de polvo inflamable deben considerarse como cualquier otra fuente capaz de formar atmósferas explosivas.

Este párrafo indica en sentido amplio que las sustancias con propiedades inflamables o combustibles pueden formar atmósferas explosivas, al mezclarse con el aire. Las sustancias inflamables con capacidad para formar atmósferas explosivas serán gases, líquidos inflamables y polvos combustibles.

Las sustancias combustibles suelen incluir a los sólidos y a los líquidos capaces de arder, pero con menor facilidad que las sustancias inflamables.

En el caso de líquidos combustibles, éstos adquieren la característica de inflamables y por tanto de mayor peligrosidad cuando se calientan a una temperatura igual o superior al punto de inflamación (ignición, destello o "flash point").

La ignición de la materia sólida se presenta con mayor facilidad cuando ésta se encuentra finamente

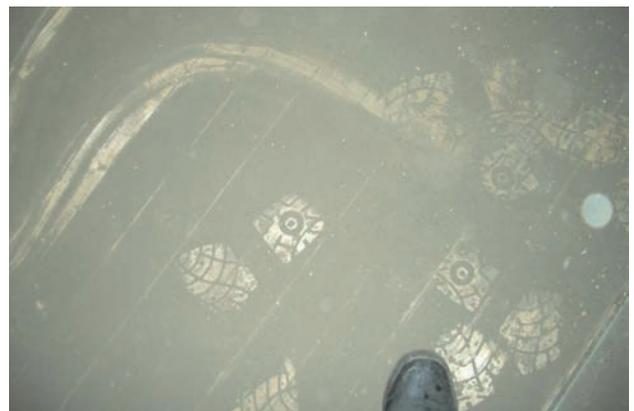


Figura 12 - La existencia de capas finas de polvo depositado puede ser suficiente para formar una atmósfera explosiva peligrosa. Cuanto más fino y seco sea el polvo inflamable, mayor peligrosidad. El polvo depositado debe ser eliminado.

dividida, en forma de polvo, en cuyo caso, si está en suspensión en el aire, puede presentar la característica de polvo inflamable o explosivo aunque no todos los polvos dan resultado positivo en el ensayo de explosión.

A diferencia de los gases y vapores inflamables, en el caso de los polvos inflamables la propagación de la llama no se limita sólo al rango de concentración inflamable. Las partículas de polvo, aunque estén depositadas en forma de capa, siempre contienen cierta cantidad de aire entre dichas partículas permitiendo la propagación de la combustión a través de todo el polvo depositado, aunque sea de manera muy lenta.

Además, el polvo inflamable depositado entraña un potencial de explosión considerable, ya que puede acumularse en cualquier superficie de un área de trabajo pudiendo ponerse en suspensión a partir de ligeras corrientes de aire o como consecuencia de una explosión primaria, provocando en este caso gran número de explosiones en cadena.

Cualquier depósito de polvo apreciable a simple vista debe ser evitado (eliminación mediante limpieza). En caso de que el polvo depositado permanezca, deberá procederse a la clasificación de la zona.

## 2. Clasificación de las áreas de riesgo.

Las áreas de riesgo se clasificarán en zonas teniendo en cuenta la frecuencia con que se produzcan atmósferas explosivas y su duración. De esta clasificación dependerá el alcance de las medidas que deban adoptarse de acuerdo con el **apartado A del anexo II**.

La clasificación en zonas tiene como objetivo principal determinar y delimitar las áreas en que se pueden formar atmósferas explosivas, con el fin de adoptar las medidas necesarias para evitar cualquier foco de ignición que pudiera dar lugar a la explosión.

Esta clasificación es una forma de categorizar la peligrosidad del área, debida a la presencia de una atmósfera explosiva, en función de la mayor o menor frecuencia con que se produce y su permanencia. Esta contingencia vendrá dada por la naturaleza y comportamiento de las fuentes de escape

y por condicionantes del proceso o trabajo analizado.

Una emisión continua de sustancia inflamable al ambiente dará lugar a una atmósfera explosiva de forma permanente.

Cuando la emisión no se produzca de forma permanente se deberá analizar el intervalo y las circunstancias en que se produce la formación de atmósfera explosiva.

En base a estos principios se procederá a la clasificación de zonas según los conceptos que se indican en este anexo I.

A efectos de esta clasificación, se entenderá por condiciones normales de explotación la utilización de las instalaciones de acuerdo con sus especificaciones técnicas de funcionamiento.

Las *condiciones normales de explotación* son aquellas previstas por el fabricante e indicadas en el manual del usuario. Se considerarán también los posibles disfuncionamientos previsibles, tanto los indicados por el fabricante como aquellos que razonablemente se puedan esperar en la utilización del equipo o instalación.

Las condiciones normales de explotación implicarán por tanto el cumplimiento de las indicaciones del fabricante en cuanto a puesta en servicio, utilización, mantenimiento, revisiones... El no cumplimiento de cualquiera de estos requisitos puede invalidar los sistemas de prevención y protección previstos frente al riesgo de explosión.

## Clasificación de zonas

Las áreas con riesgo de formación de atmósferas explosivas se clasificarán en zonas de acuerdo con las definiciones indicadas en el presente anexo.

Para realizar esta clasificación de zonas es necesario conocer:

- Tipo de sustancia que origina la atmósfera explosiva: si es un gas, vapor o niebla o si se forma por materia pulverulenta.
- Existencia de la atmósfera explosiva: si está presente de forma permanente o si la ocurrencia de la atmósfera explosiva será ocasional, debido a circunstancias o actuaciones concretas, y final-

mente si sólo se da esporádicamente de forma no previsible.

- Presencia de la atmósfera explosiva. Se clasificará según la duración de dicha atmósfera. En estos casos, siempre se debe partir de

la premisa de que cualquier atmósfera explosiva que se produzca va a ser detectada y evitada en el menor tiempo posible, por tanto se tratará de minimizar al máximo su permanencia.

#### Zona 0

Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

Por regla general, no es aceptable la presencia permanente de atmósfera explosiva, por tanto, las condiciones de la zona 0 sólo se darán en el interior de recipientes o instalaciones que pueden entrar en contacto con el aire exterior (evaporadores, recipientes de reacción). También se puede presentar en el exterior alrededor de respiraderos y otras aberturas a las que se pueda aplicar la definición anterior.

A continuación se presentan unos ejemplos de emplazamientos que se pueden clasificar como zona 0:

- El interior de recipientes de almacenamiento cerrados que contengan líquidos inflamables. Corresponde a recipientes que no están a presión, en cuyo interior puede entrar aire atmosférico por los tubos de venteo o respiraderos, o por la apertura de tapas o registros en operaciones de llenado y vaciado, etc. También por la misma circunstancia podría considerarse zona 0 el entorno próximo a la salida de los tubos de aireación de los depósitos atmosféricos de líquidos inflamables.

- El interior de aparatos de fabricación o de mezcla cerrados. Corresponde a aparatos a pre-

sión atmosférica que están cerrados sólo durante la operación del proceso. La formación de la atmósfera explosiva tiene lugar de forma similar al caso anterior. El aire inicial y el que penetra al realizar aperturas al ambiente exterior puede crear una situación de atmósfera explosiva.

- Almacenes de piezas recién tratadas con sustancias que puedan desprender vapores inflamables como pinturas, productos de limpieza, etc., cuando no dispongan de ventilación suficiente.

- Siempre que el proceso se realice de forma continuada, se presentará una atmósfera explosiva de forma permanente en:

- El entorno inmediato de puntos de carga y descarga de líquidos inflamables, por encima de su punto de inflamación, en recipientes abiertos al exterior.

- El entorno próximo de puntos de llenado de aerosoles con gases inflamables como el propano o el butano.

- El entorno próximo de puntos de llenado de botellas de gases licuados inflamables.

#### Zona 1

Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.

La definición de zona 1 se asocia a formación de atmósfera inflamable debido a condiciones particulares del proceso o instalación y a actividades que no se realizan de forma continuada. Por ejemplo: en determinadas fases del proceso o puntos de la instalación se emitirá de forma prevista un gas o vapor a la atmósfera que se produce a intervalos definidos. Del mismo modo, la realización de determinada actividad puede originar la formación de una atmósfera explosiva en el momento

en que se realice la actividad. Si ésta se realiza a intervalos definidos, dará lugar a una zona 1.

Se pueden incluir, entre otras:

- La proximidad inmediata de aberturas de llenado y vaciado ocasionales de líquidos inflamables.

- La proximidad inmediata de prensaestopas sin garantías plenas de hermeticidad, por ejemplo: bombas y válvulas con prensaestopas.

- El exterior de recipientes que pueden abrirse ocasionalmente o la proximidad inmediata de aberturas de alimentación, bocas de carga y tomas de muestras.
- Los orificios de salida al aire libre de guardas apaga-llamas hidráulicas (dispositivos con columna de agua que hace la función de una válvula antirretroceso de llama en aparatos con gases inflamables).
- Extremos de los brazos articulados y de las mangas flexibles de carga de vehículos-cisterna y otros recipientes.

- Tapas y registros de carga y válvulas de vaciado de aparatos.
- Válvulas de tomas de muestras y de purgado libre al ambiente.
- Fosos y canalizaciones cerrados sin estanqueidad asegurada.
- Puntos de drenaje de agua de recipientes que contengan líquidos inflamables, que puedan llegar a desprender sustancias inflamables a la atmósfera al sobrepasarse el purgado.

### Zona 2

Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.

La formación de este tipo de zonas se asocia a posibles escapes y fugas no previstos. Debe reservarse a casos donde por las características del proceso o de la instalación se podría producir una emisión de sustancia inflamable a la atmósfera aun en condiciones normales de funcionamiento, pero no es previsible.

La clasificación de un área como zona 2 implica en la mayoría de los casos una evaluación de escenarios de riesgo previstos donde se analicen los posibles disfuncionamientos o accidentes esperables. Según la evaluación y escenarios de riesgo previstos, podrían considerarse zona 2:

- Las áreas en que el escape puede proceder de una avería o situación anormal o accidental: bridas, conexiones, válvulas y uniones de tuberías en las que no es esperable que se produzcan fugas en funcionamiento normal. No constituyen áreas de

riesgo las canalizaciones en tuberías que se mantienen técnicamente estancas, por ejemplo, alrededor de conducciones soldadas. La zona en que hubiera bridas con juntas, en que una fuga se pueda considerar una situación anormal de avería, sería zona 2.

- Mirillas o tubos de nivel de vidrio en condiciones estancas.
- Cierres o sellados de bombas, de compresores, válvulas, etc.
- Aparatos de materiales frágiles (vidrio, cerámica, grafito, etc.), protegidos, en los que accidentalmente podría producirse su rotura.
- Orificios de respiración de membranas de manorreductores (reductores de presión).
- Cubetos de retención en condiciones de seguridad.
- Almacenamientos de productos inflamables de acuerdo con la legislación vigente.

### Zona 20

Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de forma permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

Aunque la concentración explosiva varía para cada tipo de polvo, las nubes de polvo dentro del rango de explosividad suelen ser densas y se ve con dificultad o no se puede ver a su través en distancias superiores a un metro. Esta observación puede ayudar en cierta medida a estimar visualmente la extensión de la zona.

En primer lugar, cabe destacar que, debido a los efectos dañinos que la inhalación de polvo puede

causar sobre la salud de los trabajadores, así como los riesgos en la realización del trabajo en ambientes pulverulentos por la baja visibilidad, no se debe trabajar en ambientes clasificados como zona 20.

Por tanto estas condiciones deben darse únicamente en el interior de recipientes o contenedores de polvo combustible, sistemas de transporte y



Figura 13 - En esta imagen se observa luz entre el polvo pero no se puede distinguir la luminaria que la proyecta.

aparatos o equipos de procesos con polvo combustible. Sin embargo, es importante remarcar

que, si en el exterior de estos equipos está presente de forma continuada o durante largos períodos de tiempo una mezcla explosiva pulverulenta, esta zona deberá también ser clasificada como zona 20.

Por regla general, el interior de instalaciones como molinos, trituradoras, secadoras, mezcladoras, ciclones, tuberías de transporte, tolvas, silos, filtros, equipos de ensacado, etc. sólo se incluye aquí si en ellos se pueden formar mezclas explosivas pulverulentas en cantidades peligrosas de manera permanente, prolongada o frecuente.

Es imprescindible evitar la entrada masiva incontrolada de aire en el interior de equipos que pudieran favorecer la generación de atmósferas peligrosas. Hay que evitar a toda costa que el interior de recipientes pueda encontrarse en situación normalmente explosiva.

#### Zona 21

Área de trabajo en la que es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire.

Se aplica aquí el mismo concepto indicado para la zona 1, es decir, se asocia a formación de atmósfera inflamable debida a condiciones particulares del proceso o instalación y a actividades que no se realizan de forma continuada. En determinadas fases del proceso o puntos de la instalación se producirá de forma prevista una nube de polvo en la atmósfera que se generará a intervalos definidos. Del mismo modo, la realización de determinada actividad puede originar la formación de una atmósfera explosiva en el momento en que se realice la actividad. Si ésta se realiza a intervalos definidos, dará lugar a una zona 21.

Se pueden clasificar como zona 21:

- Zonas inmediatamente próximas a las zonas de acceso a recipientes o contenedores de polvo combustible, cuando estas son abiertas ocasionalmente y en funcionamiento normal el polvo se pone en suspensión.
- Zonas próximas a los puntos donde pueda existir un escape en funcionamiento normal que

ponga en suspensión en la atmósfera polvo combustible (fuente de escape).

- Puntos de llenado y de vaciado ocasional de material pulverulento, puestos de trasiego, estaciones de descarga de vehículos, alimentación o vertido de cintas transportadoras, etc. En caso de tratarse de lugares de trabajo habituales y con continua generación de polvo, en los que se carece de extracción localizada, se clasificarían como zona 20.

- Zonas donde existe acumulación de polvo y en las que, en condiciones normales de explotación, por dispersión por ejemplo, de forma ocasional se forman concentraciones explosivas de polvo/aire (plantas desmotadoras de algodón, talleres de confección, industrias de procesado de madera tales como carpinterías, ebanisterías, etc.).

Por otra parte, desde el punto de vista higiénico, no se puede trabajar efectivamente en una zona 21, salvo en momentos puntuales y con la protección adecuada, lo que requiere sistema de extracción localizada en los puntos previsibles de emisión.

#### Zona 22

Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante un breve período de tiempo.

Una zona se clasificará 22 cuando exista la posibilidad de formación de nubes de polvo exteriores a puntos del sistema de contención (recipiente contenedor). Estas nubes de polvo en suspensión no se darán en condiciones normales de explotación.

Ejemplos de zona 22 pueden ser:

- Áreas en torno a instalaciones que contienen polvo, cuando puedan producirse fugas de polvo por puntos no estancos y pueda emitirse o mantenerse en suspensión.

- Equipos que manipulen polvos combustibles y trabajen a presión positiva, como los sistemas de transporte neumático, que podrían ejercer sobrepresiones en sistemas de resistencia débil y dar lugar a fallos (fugas) en juntas de uniones o

en recipientes, ocasionando nubes de polvo combustible.

- Zonas donde existe acumulación de polvo y en las que, en condiciones normales de explotación, no es probable que se formen concentraciones explosivas de polvo/aire.

- Zonas externas cercanas a recipientes de almacenamiento, sacos, bolsas, etc. donde puede existir derrame del polvo combustible por sobrellenado o rotura del recipiente.

- Talleres de molienda, en los que el polvo puede escapar de los trituradores y luego depositarse.

- Filtros no encapsulados y las bolsas debajo de ellos que se pueden rasgar o quedar sueltas (por ejemplo, filtros de mangas).

- Conexiones flexibles entre elementos de un equipo.

ANEXO II

A. Disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas

**Observación preliminar**

Las disposiciones de este anexo se aplicarán:

a) A las áreas clasificadas como zonas de riesgo de conformidad con el anexo I, siempre que sean necesarias según las características del lugar de trabajo, del puesto de trabajo, del equipo o de las sustancias empleadas o del peligro causado por la actividad relacionada con los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

El anexo II indica una serie de medidas que contribuyen a garantizar la seguridad de los trabajadores en aquellas zonas en las que no se ha podido eliminar el riesgo de formación de atmósfera explosiva y que, por tanto, se habrán clasificado según el anexo I en función de su frecuencia de aparición y duración.

De entre las medidas propuestas por el anexo II, se deben aplicar aquellas que se consideren apropiadas de acuerdo con la evaluación de riesgos. Por tanto, el cumplimiento de las medidas propuestas en el presente anexo no exime de la evaluación de riesgos y de la aplicación de otras medidas previstas en el desarrollo de la planificación preventiva.

b) A los equipos situados en áreas que no presenten riesgos y que sean necesarios o contribuyan al funcionamiento en condiciones seguras de los equipos situados en áreas de riesgo.

El RD 400/1996 se aplica tanto a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas como a los dispositivos de seguridad, control y reglaje destinados a utilizarse fuera de dichas atmósferas, pero que son necesarios o que contribuyen al funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección en relación con los riesgos de explosión garantizándose así su seguridad.

Sin embargo, los equipos no afectados por el RD 400/1996 (equipos ya en uso antes del 30 de junio de 2003), situados en zonas clasificadas, habrán sido evaluados garantizando su seguridad para su instalación y funcionamiento en zonas clasificadas. Del mismo modo hay que evaluar y aplicar las medidas convenientes para todos aquellos equipos e instalaciones que contribuyan a la seguridad de los primeros aun estando instalados en zonas seguras.

**1. Medidas organizativas.**

**1.1 Formación e información de los trabajadores.**

El empresario deberá proporcionar a quienes trabajan en áreas donde pueden formarse atmósferas explosivas una formación e información adecuadas y suficientes sobre protección en caso de explosiones, en el marco de lo establecido en los **artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales**.

Particularizando de acuerdo con el presente Real Decreto las obligaciones establecidas en los artículos 18 y 19 de la LPRL, el empresario deberá formar e informar a los trabajadores sobre cómo y en qué lugares surge el riesgo de explosión así como las medidas preventivas, de

protección y de emergencia que se deben observar.

Todo trabajador que acceda a un área clasificada por riesgo de explosión debe ser informado acerca de los riesgos presentes en dicha área y recibir la formación adecuada. En concreto, todos los traba-

jadores que puedan acceder a un área clasificada deberían recibir formación e información sobre:

- El resultado de la evaluación de riesgos y medidas adoptadas sobre el riesgo de explosión.
- Manipulación correcta de las sustancias implicadas.
- Equipos y sistemas de protección a utilizar y manejo adecuado de los mismos.
- Actuaciones prohibidas en la zona (por ejemplo: trabajos en caliente, fumar...).
- Ropa de trabajo, equipos de protección individual, medios de protección colectivos, herramientas y equipos de trabajo permitidos y prohibidos en la zona.

- Rutas a seguir y señales de evacuación.
- Conocimiento suficiente del plan de emergencia para el caso de incendio o explosión.

Además, recibirán formación e información específica sobre las actividades que deban realizar en dichas zonas así como sobre los procedimientos de trabajo que se hayan decidido en la evaluación de riesgos y sobre permisos de trabajo específicos impuestos en dichas áreas.

También habrá que proporcionar la información necesaria al personal presente aunque no sean empleados cuando ésta sea necesaria para garantizar su seguridad.

## 1.2 Instrucciones por escrito y permisos de trabajo.

Cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones:

- a) El trabajo en las áreas de riesgo se llevará a cabo conforme a unas instrucciones por escrito que proporcionará el empresario.
- b) Se deberá aplicar un sistema de permisos de trabajo que autorice la ejecución de trabajos definidos como peligrosos, incluidos aquellos que lo sean por las características del lugar de trabajo, o que puedan ocasionar riesgos indirectos al interactuar con otras operaciones. Los permisos de trabajo deberán ser expedidos, antes del comienzo de los trabajos, por una persona expresamente autorizada para ello.

Una de las medidas preventivas básicas, de tipo organizativo, frente al riesgo de explosión, debería ser la puesta a disposición de los trabajadores de instrucciones por escrito generales o específicas para informar sobre las precauciones y pautas de trabajo a seguir en las actividades que se vayan a realizar en zonas clasificadas, sobre todo en aquellas actividades que puedan agravar el riesgo de explosión. Estas instrucciones deberán ser conocidas por los trabajadores, incluyendo los métodos de trabajo seguros en las zonas clasificadas. Así mismo, la realización de determinadas actividades debería ser autorizada por escrito mediante un permiso de trabajo en el que se establezcan las medidas preventivas necesarias para su realización y se garantice su cumplimiento.

Estos permisos de trabajo deben ser expedidos antes del comienzo de los trabajos y deberán contemplar todos aquellos aspectos que puedan influir en el riesgo de explosión, por tanto debería reflejar:

- Riesgos y medidas preventivas aplicables a la operación.

- Riesgos indirectos que puede ocasionar el trabajo al interactuar con otras operaciones.

- Lugar exacto de la empresa en que deben realizarse los trabajos.

- Indicación clara del trabajo que debe efectuarse.

- Personal que va a intervenir.

- Indicación de los riesgos.

- Medidas de seguridad a adoptar.

- Equipos de protección personal necesarios.

- Inicio y finalización previsible de los trabajos.

- Aceptación, confirmación y comprensión.

- Procedimiento de extensión/relevo de turno.

- Revisión de la instalación para comprobación y reanudación del servicio.

- Comunicación de anomalías.

Al término de los trabajos debe comprobarse si sigue manteniéndose o se ha restablecido la seguridad de la instalación.

Debe informarse a todos los participantes sobre la finalización de los trabajos<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Ver apéndice 1 "Funciones y cualificación".

## 2. Medidas de protección contra las explosiones.

2.1 Todo escape o liberación, intencionada o no, de gases, vapores o nieblas inflamables o de polvos combustibles que pueda dar lugar a riesgos de explosión deberá ser desviado o evacuado a un lugar seguro o, si no fuera viable, ser contenido o controlado con seguridad por otros medios.

La atmósfera explosiva, en caso de formarse, deberá estar lo más alejada posible de cualquier otra instalación o construcción y, sobre todo, de los lugares donde puedan hallarse trabajadores. Si no es así, se puede conseguir mediante sistemas que desvíen o evacuen el escape a zona segura tales como sistemas de extracción localizada.

Una zona segura para la evacuación de atmósfera explosiva debe garantizar que:

- no habrá presencia de trabajadores,
- no habrá instalaciones ni construcciones que pudiesen verse afectadas (o los trabajadores que estuviesen en ella) en caso de explosión. Especialmente si se pudiesen aumentar los efectos de la explosión primaria, generando explosiones en cadena,
- no habrá conductos ni comunicaciones por los que la atmósfera explosiva pueda aparecer en lugares no previstos,
- no habrá fuentes de ignición que pudiesen inflamar la atmósfera explosiva y

- no habrá productos inflamables que puedan incendiarse en caso de explosión.

También debe verificarse que la atmósfera explosiva formada durará el menor tiempo posible, por tanto se recomienda su evacuación al exterior donde se garantice su dilución rápidamente.

Si no se puede desviar a lugar seguro, el escape o emisión debe ser controlado y contenido, es decir, se deben aplicar medidas para detectar y actuar sobre la posible mezcla de sustancias inflamables en el aire en el menor tiempo posible.

Además, se debe limitar el alcance de la atmósfera explosiva aplicando medidas de contención, es decir limitando la extensión y propagación de la atmósfera explosiva. Cuanto más localizada esté y menor volumen ocupe, más fácil será su eliminación.

De este tipo de actuaciones se habla en los apéndices 2 "*Documento de protección contra explosiones*" y 3 "*Medidas preventivas y de protección*".

2.2 Cuando la atmósfera explosiva contenga varios tipos de gases, vapores, nieblas o polvos combustibles o inflamables, las medidas de protección se ajustarán al mayor riesgo potencial.

No siempre es fácil identificar las propiedades de las sustancias y su explosividad, sobre todo en el caso en que haya varias sustancias.

Además, las características de inflamabilidad de la mezcla de sustancias no coinciden con las de las sustancias implicadas, ni se puede asimilar a la de mayor riesgo ya que la mezcla puede ser más peligrosa.

Existen métodos para poder calcular algunas de las propiedades de inflamabilidad y explosividad

de mezclas de sustancias, por ejemplo:

Para las mezclas de varios gases o vapores, se pueden estimar los límites de explosividad aplicando la Regla de Le Chatelier, siempre y cuando se conozcan los límites de explosividad de los componentes.

Siendo  $c_i$  la concentración de cada componente combustible sobre el volumen total de combustibles, el límite inferior de explosividad de la mezcla viene dado por:

$$LIE = \frac{100\% \text{ v/v}}{\frac{c_1}{LIE_1} + \frac{c_2}{LIE_2} + \frac{c_3}{LIE_3} + \dots + \frac{c_i}{LIE_i}} \text{ (% vol)}$$

y el límite superior de explosividad viene dado por:

$$LSE = \frac{100\% \text{ v/v}}{\frac{c_1}{LSE_1} + \frac{c_2}{LSE_2} + \frac{c_3}{LSE_3} + \dots + \frac{c_i}{LSE_i}} \text{ (% vol)}$$

Por ejemplo: aplicado a una mezcla de sustancias inflamables con aire de la siguiente composición:

% v/v		
Hexano	0,8	LIE <sub>1</sub> = 1,1 %
Metano	2,0	LIE <sub>2</sub> = 5,0 %
Etileno	0,5	LIE <sub>3</sub> = 2,7 %
Total inflamables	3,3	
Aire	96,7	

$$\text{Hexano} = \frac{0,8}{3,3} * 100 = 24,2\% = c_1$$

$$\text{Metano} = \frac{2,0}{3,3} * 100 = 60,6\% = c_2$$

$$\text{Etileno} = \frac{0,5}{3,3} * 100 = 15,2\% = c_3$$

$$\text{LIE}_{\text{mezcla}} = \frac{100}{\frac{24,2}{1,1} + \frac{60,6}{5,0} + \frac{15,2}{2,7}} = 2,5\%$$

Para otras propiedades, puede ser necesario recurrir a ensayos específicos para determinar las propiedades de la mezcla.

De cualquier forma, el conocimiento de estas características sólo será necesario si las medidas preventivas están basadas en la limitación o control de estas propiedades.

Aparte de las propiedades fisicoquímicas, el mayor riesgo potencial habrá que considerarlo en función de:

- cantidad de sustancia liberada a la atmósfera: bien por la cantidad de mezcla liberada o por diversas fuentes de emisión de distintas sustancias cuya emisión se pueda producir simultáneamente,
- frecuencia y duración de la atmósfera explosiva,
- formación de mezclas híbridas,
- propiedades de las sustancias.

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.

En el RD 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, en la definición de "riesgo eléctrico" están incluidos expresamente los riesgos de incendios o explosiones originados por la electricidad.

Las instalaciones y equipos eléctricos pueden ser fuentes de ignición efectivas cuando se utilizan en presencia de atmósferas explosivas. Dentro de las fuentes de ignición efectivas relacionadas con

instalaciones y equipos eléctricos se incluyen las descargas electrostáticas.

Los trabajadores, por el simple hecho de moverse en su entorno de trabajo, pueden producir e incluso acumular en sí mismos cargas eléctricas.

Así mismo, los materiales y las condiciones del entorno de trabajo pueden contribuir a la manifestación de este fenómeno. En relación con el entorno de trabajo, se debe tener en cuenta que el anexo III del Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad

y salud en los lugares de trabajo, establece que la humedad relativa del aire estará comprendida entre el 30% y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.

Es especialmente importante evitar que las personas acumulen cargas electrostáticas cuando trabajen en atmósferas potencialmente explosivas para impedir la posible formación de chispas que pudieran ser origen de un incendio o explosión. La forma de conseguirlo es básicamente asegurando que el suelo y el calzado tengan un nivel adecuado de conductividad.

El calzado y la ropa que se suministre a los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, para permitir la disipación de las cargas electrostáticas que pudieran generarse, deben estar certificados de acuerdo con el RD 1407/1992, de 20 de noviembre, cumpliendo, además de otros, con la exigencia 2.6 del Anexo II "EPI destinados a servicios en atmósferas potencialmente explosivas" ("Los EPI destinados a ser usados en atmósferas potencialmente explosivas se

*diseñarán y fabricarán de tal manera que no pueda producirse en ellos ningún arco o chispa de origen eléctrico, electrostático o causados por un golpe, que puedan inflamar una mezcla explosiva*").

El término "antiestático" es con frecuencia mal entendido. Un material antiestático, en el contexto que nos ocupa, es aquel incapaz de retener una carga electrostática significativa cuando está conectado a tierra, lo cual no implica que no se cargue, sino que permite que la carga se disipe a tierra a través de él. Por tanto, calzado o ropa antiestática están referidos a equipos con propiedades disipativas, es decir, conductivas, dentro de unos márgenes.

A pesar del hecho de que la ropa fabricada con materiales textiles sintéticos puede rápidamente cargarse electrostáticamente, no supone, en general, un riesgo de ignición siempre y cuando el usuario esté conectado a tierra mediante calzado y suelo adecuados.

En el apéndice 5 "*Fuentes de ignición. Electricidad estática*" se proporciona más información sobre la ropa y el calzado antiestático.

2.4 La instalación, los aparatos, los sistemas de protección y sus correspondientes dispositivos de conexión sólo se pondrán en funcionamiento si el documento de protección contra explosiones indica que pueden usarse con seguridad en una atmósfera explosiva. Lo anterior se aplicará asimismo al equipo de trabajo y sus correspondientes dispositivos de conexión que no se consideren aparatos o sistemas de protección en la acepción del **Real Decreto 400/1996**, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo **94/9/CE**, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, si su incorporación puede dar lugar por sí misma a un riesgo de ignición. Se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la confusión entre dispositivos de conexión.

El DPCE debe reflejar la evaluación de riesgos y las medidas tomadas para garantizar la seguridad de los equipos y sistemas de seguridad instalados en las zonas clasificadas y aquellos instalados en zonas seguras pero que contribuyan a la seguridad de los primeros.

Fuera del ámbito de aplicación del RD 400/1996 y siempre que no exista normativa específica al respecto, tanto la evaluación, como la instalación, mantenimiento, revisión... de los equipos, instalaciones y sistemas de seguridad será responsabilidad del empresario. Los criterios y medidas adoptadas para la instalación y utilización de dichos

equipos deberán reflejarse en el documento de protección contra explosiones y sólo deben ponerse en funcionamiento si se han cumplido todas las medidas indicadas en el mismo.

La instalación de los aparatos sometidos al RD 400/1996 queda fuera del ámbito de aplicación de dicho Real Decreto, por tanto, siempre que no exista reglamentación específica al respecto, la instalación, utilización, mantenimiento y revisiones quedan bajo responsabilidad del usuario que debería seguir en todo caso el manual de instrucciones proporcionado por el fabricante.

2.5 Se adoptarán todas las medidas necesarias para asegurarse de que los lugares de trabajo, los equipos de trabajo y los correspondientes dispositivos de conexión que se encuentren a disposición de los trabajadores han sido diseñados, construidos, ensamblados e instalados y se mantienen

y utilizan de tal forma que se reduzcan al máximo los riesgos de explosión y, en caso de que se produzca alguna, se controle o se reduzca al máximo su propagación en dicho lugar o equipo de trabajo. En estos lugares de trabajo se deberán tomar las medidas oportunas para reducir al máximo los riesgos que puedan correr los trabajadores por los efectos físicos de una explosión.

La seguridad en áreas potencialmente explosivas únicamente podrá garantizarse por el trabajo seguro del conjunto de las partes involucradas.

Los fabricantes de los aparatos protegidos contra explosiones son responsables de las pruebas de rutina, certificación y documentación, y es necesario que cada equipo cumpla con las pruebas determinadas.

Los instaladores deben observar los requerimientos de instalación y realizar la correcta instalación del aparato para su uso determinado.

Los usuarios deben cumplir los procedimientos de trabajo establecidos.

Cuando se adopten medidas de prevención de explosiones, ya sea actuando sobre la concentración de la mezcla aire-sustancia inflamable, sobre el oxígeno del aire o sobre las fuentes de ignición, se contemplará además, siempre que sea razonable, la posibilidad de que se produzca la explosión, por disfuncionamientos de las medidas adoptadas. En estos casos se deben adoptar las medidas organizativas de emergencia y medios de protección adecuados que contengan, supriman o desvíen la explosión para evitar daño a los trabajadores.

Una de las medidas preventivas esenciales para evitar y controlar la formación de atmósferas explosivas es el correcto mantenimiento preventivo y regular de los equipos y sus revisiones periódicas. En algunos casos esto puede estar regulado por la legislación existente pero, si no es así, debe formar parte de la planificación preventiva.

Entre los aspectos que se deben revisar se encuentran:

- Rango de temperatura en que funciona el equipo: los equipos únicamente podrán ser utili-

zados dentro del rango de temperatura que figure en sus instrucciones.

- Instalación correcta: los equipos y sistemas de protección deben ser instalados siguiendo las instrucciones del fabricante.

- Agentes externos: se deben proteger los equipos de cualquier influencia externa que pueda afectar negativamente a la protección contra explosiones.

- Mantenimiento: se debe prever un mantenimiento regular de acuerdo con las instrucciones del fabricante para garantizar la seguridad de equipos e instalaciones. Antes de realizar cualquier tarea de revisión o mantenimiento se asegurará de que no se forma atmósfera explosiva, al menos durante el proceso.

- Los equipos portátiles: también serán evaluados, mantenidos y revisados según indique el DPCE para su uso en atmósferas explosivas.

Los equipos deben ser instalados y utilizados de acuerdo con la reglamentación específica vigente y las instrucciones del fabricante. Su utilización y manipulación de forma segura estará contemplada como parte de la formación de los trabajadores involucrados, y, cuando así se desprenda de la evaluación de riesgos, la utilización de dichos equipos será conforme a un permiso de trabajo.

Respecto a todo aquello relativo a la seguridad de equipos, se recuerda la obligatoriedad del RD 1215/1997, que indica, entre otros aspectos relacionados con la seguridad de los equipos, condiciones de seguridad para los órganos de accionamiento, puesta en marcha de los equipos, dispositivos de conexión... así como condiciones seguras en la utilización de equipos.

2.6 En caso necesario, los trabajadores deberán ser alertados mediante la emisión de señales ópticas y/o acústicas de alarma y desalojados en condiciones de seguridad antes de que se alcancen las condiciones de explosión.

El RD 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica en su anexo IV las características y requisitos que deben cumplir las señales luminosas y acústicas. Así mismo

la Guía Técnica de Señalización de Seguridad y Salud en el trabajo, elaborada por el INSHT en virtud del citado Real Decreto, puede servir de orientación sobre aspectos concretos de este tipo de señales.

2.7 Cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones, se dispondrán y mantendrán en funcionamiento salidas de emergencia que, en caso de peligro, permitan a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.

El artículo 20 de la LPRL obliga a tener previstas las situaciones de emergencia, para que, en caso de que se produzcan, los trabajadores no sufran daños.

El RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, obliga, en el anexo I-A punto 10, a tener vías y salidas de evacuación señalizadas de acuerdo con el RD 485/1997. Así mismo existe normativa<sup>12</sup> sobre protección contra incendios para la disposición de las salidas y vías de evacuación.

Sin embargo, por las condiciones especiales de desarrollo y propagación de la explosión, el

cumplimiento de la normativa de protección contra incendios para la evacuación de ocupantes puede no ser suficiente para la protección contra explosiones, por tanto, habrá que evaluar si las salidas previstas son suficientes y están dispuestas adecuadamente para su utilización en caso de riesgo de explosión y si los sistemas de alarma actúan con el tiempo suficiente para permitir la evacuación a lugar seguro.

Se debe prever un plan de emergencia en caso de explosión teniendo en cuenta la evacuación de las personas y las actuaciones a llevar a cabo en caso de que se produjese la emergencia.

2.8 Antes de utilizar por primera vez los lugares de trabajo donde existan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, deberá verificarse su seguridad general contra explosiones. Deberán mantenerse todas las condiciones necesarias para garantizar la protección contra explosiones. La realización de las verificaciones se encomendará a técnicos de prevención con formación de nivel superior, trabajadores con experiencia certificada de dos o más años en el campo de prevención de explosiones o trabajadores con una formación específica en dicho campo impartida por una entidad pública o privada con capacidad para desarrollar actividades formativas en prevención de explosiones.

Las consecuencias, en caso de que los trabajadores se vean afectados por una explosión, son siempre graves, por tanto, si es posible que se produzca una atmósfera explosiva, se deberán tomar todas las medidas técnicas y organizativas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores.

El hecho de adoptar medidas técnicas implicará en la mayoría de los casos la instalación de equipos, componentes y elementos de seguridad apropiados para el riesgo de explosión.

En algunos casos, la legislación industrial<sup>13</sup> indica quién debe ser la persona que realice la instalación, incluso el procedimiento de puesta en marcha. Sin embargo, en la mayoría de los casos en cuanto a medidas de prevención y protección contra explosiones no existe legislación al respecto.

Si la instalación la realiza el fabricante, deberá indicar el procedimiento adecuado de control y operación para realizar la puesta en marcha.

Si es el propio personal de la empresa quien ha realizado la instalación, deberá estar formado e informado para proceder a su activación.

Como se ha indicado en apartados anteriores, el DPCE debe reflejar los criterios y procedimientos para la instalación, puesta en marcha y utilización de equipos e instalaciones así como los dispositivos que contribuyan a su seguridad en zonas con riesgo de explosión. Estas operaciones deben estar supervisadas por un verificador con la formación indicada en el presente anexo que verificará también el cumplimiento y buen estado del resto de medidas adoptadas tanto técnicas como organizativas.

Véase el apéndice 1 "*Funciones y cualificación*".

<sup>12</sup> Normas básicas de edificación (NBE-CPI-82, 91 y 96), RD 314/2006, Código técnico de la edificación, Documento básico, seguridad en caso de incendio DB-SI. RD 1942/1993 sobre instalaciones de protección contra incendios, RD 2267/2004 por el que se aprueba el reglamento de protección contra incendios en establecimientos industriales...

<sup>13</sup> Por ejemplo: RD 1942/1993 Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, RD 842/2002 REBT...

2.9 Cuando la evaluación muestre que ello es necesario:

a) Deberá poderse, en caso de que un corte de energía pueda comportar nuevos peligros, mantener el equipo y los sistemas de protección en situación de funcionamiento seguro independiente del resto de la instalación si efectivamente se produjera un corte de energía.

b) Deberá poder efectuarse la desconexión manual de los aparatos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas, siempre que ello no comprometa la seguridad. Tales intervenciones se confiarán exclusivamente a los trabajadores con una formación específica que los capacite para actuar correctamente en esas circunstancias.

c) La energía almacenada deberá disiparse, al accionar los dispositivos de desconexión de emergencia, de la manera más rápida y segura posible o aislarse de manera que deje de constituir un peligro.

Normalmente, las funciones peligrosas<sup>14</sup> del equipo de trabajo se obtienen por establecimiento o elevación de energía y las funciones o condiciones de seguridad se obtienen por anulación o reducción de energía. Sin embargo, muchos elementos de seguridad, no tanto del propio equipo sino de la instalación en general, como detectores de gases, sistemas de ventilación, sistemas de control..., van a depender para su funcionamiento de la alimentación de energía. En estos casos, un corte de energía puede provocar una situación peligrosa bien por el equipo en sí, bien por la disminución de control en los parámetros del equipo

u otras causas. En cualquier caso comporta una disminución en la seguridad. Por ello, en estos casos es necesario, si el sistema no cuenta con ello, establecer mecanismos que garanticen la continuidad de las condiciones de seguridad previstas.

Estos requerimientos deberán ser contemplados al evaluar los riesgos y decidir la idoneidad de los equipos e instalaciones para su uso en zonas con riesgo de explosión.

Los aparatos a los que aplica el RD 400/1996 deben cumplir los requisitos esenciales de seguridad, entre los que se encuentran los citados en este punto.

B. Criterios para la elección de los aparatos y sistema de protección

Siempre que en el documento de protección contra explosiones basado en una evaluación de los riesgos no se disponga otra cosa, en todas las áreas en que puedan formarse atmósferas explosivas deberán utilizarse aparatos y sistemas de protección con arreglo a las categorías fijadas en el **Real Decreto 400/1996**, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo **94/9/CE**, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Concretamente, en las zonas indicadas se deberán utilizar las siguientes categorías de aparatos, siempre que resulten adecuados para gases, vapores o nieblas inflamables, o polvos combustibles, según corresponda:

En la zona 0 o en la zona 20, los aparatos de la categoría 1.

En la zona 1 o en la zona 21, los aparatos de las categorías 1 ó 2.

En la zona 2 o en la zona 22, los aparatos de las categorías 1, 2 ó 3.

La utilización de la categoría de aparatos indicada en cada una de las zonas para las que son apropiados, garantiza que dichos equipos no provocarán atmósfera explosiva, ni serán fuente de ignición efectiva.

<sup>14</sup> Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo. Primera parte. RD 1215/1997. INSHT.

<p><b>CLASIFICACIÓN DE LA ZONA</b> donde se va a instalar o utilizar el equipo</p>	<p><b>CATEGORÍA DEL EQUIPO</b></p>
<p>0 - 20</p>	<p><b>1</b></p>
<p>1 - 21</p>	<p><b>2</b> Pueden utilizarse equipos de categoría 1 por ofrecer mayor seguridad.</p>
<p>2 - 22</p>	<p><b>3</b> Pueden utilizarse equipos de categoría 1 y 2 por ofrecer mayor seguridad.</p>

En ocasiones, bien porque no se comercializan, porque no son del ámbito de aplicación, bien por particularidades de cada equipo, no será posible instalar en cada zona clasificada todos los equipos de la categoría que corresponde. En estos casos, se deben aplicar todas las medidas pertinentes para proceder a la desclasificación de la zona. Si por imposibilidades técnicas o de mercado se utilizan equipos que no tengan la categoría correspondiente a la zona o que no estén fabricados de acuerdo con el RD 400/1996, deberán ser evalua-

dos convenientemente y, en su caso, modificados, adecuados y ensayados para garantizar su utilización segura en dichas zonas, quedando reflejado este hecho en el documento de protección contra explosiones. La responsabilidad del uso de estos equipos en zonas recae de cualquier forma en el empresario.

En el apéndice 4 "*Equipos para uso en atmósferas explosivas*" se dan indicaciones sobre el marcado y la selección de los equipos para uso en atmósferas explosivas.

ANEXO III

Señalización de zonas de riesgo de atmósferas explosivas conforme al apartado 3 del artículo 7



*Zona con riesgos de atmósferas explosivas*

Características intrínsecas:

- Forma triangular.
- Letras negras sobre fondo amarillo, bordes negros (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).

Esta señal indica que existe riesgo de explosión, por tanto es la misma independientemente de la clasificación de la zona y del tipo de sustancia que provoque la atmósfera explosiva.

En este caso la señalización sigue el mismo concepto que todas aquellas encuadradas en el RD 485/1997, de 14 de abril, y por tanto no debe ser considerada más que en términos complementarios al resto de medidas preventivas aplicadas tras la evaluación de riesgos.

Se puede acompañar, si es necesario, de paneles informativos así como de otras señales apropiadas para la zona.

Los criterios de señalización siguen la base indicada en la Guía Técnica del INSHT, del RD 485/1997. En algunos casos, puede ser conveniente señalar la extensión de la zona si con ello se mejora la seguridad de los trabajadores. Sin embargo, en otros, esta actuación conllevaría una concentración excesiva de señales, perdiendo con ello su objetivo.

La señal es de gran utilidad a la entrada de salas donde se pueden formar atmósferas explosivas, tales como almacenamientos de productos inflamables, salas de baterías, envasado de material pulverulento...

### III. APÉNDICES

Se presentan a continuación una serie de apéndices, a los que se ha ido haciendo referencia en el desarrollo del articulado del RD 681/2003, que pueden ayudar al usuario de esta Guía a profundizar sobre algunos temas tratados y a aplicar mejor las obligaciones aquí recogidas.

En el apéndice 1 "*Funciones y cualificación*" se trata de responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué funciones hay que realizar?
- ¿Quién debe realizarlas?
- ¿Qué formación debe tener?

En el apéndice 2 "*Documento de protección contra explosiones*" se dan orientaciones sobre algunos apartados que debe reflejar el DPCE tales como la evaluación de riesgos, la clasificación de zonas y la extensión de las zonas clasificadas.

Además, aunque se mencionan en el apéndice 2, por su extensión e importancia se han desarrollado en apéndices independientes aspectos referidos a las medidas preventivas, los equipos para uso en atmósferas explosivas y las fuentes de ignición.

En el apéndice 3 "*Medidas preventivas y de protección*" se desarrollan algunas medidas preventivas, tanto técnicas como organizativas, y se orienta sobre posibles medidas de protección a aplicar.

En el apéndice 4 "*Equipos para uso en atmósferas explosivas*" se presentan los aspectos a considerar en el momento de elegir o preparar un equipo para su instalación o uso en una zona clasificada por atmósfera explosiva.

En el apéndice 5 "*Fuentes de ignición. Electricidad estática*", se tratan las fuentes de ignición que pueden inflamar una atmósfera explosiva y especialmente se desarrolla, por su alta incidencia, la electricidad estática en cuanto a formas de generación y medidas preventivas.

## APÉNDICE 1: FUNCIONES Y CUALIFICACIÓN

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales establece, en el artículo 14.2, que el empresario, en cumplimiento de su deber de protección de los trabajadores a su servicio, integrará la actividad preventiva en la empresa y adoptará todas las medidas preventivas que sean necesarias. Para ello dispondrá de una organización (servicio de prevención)<sup>15</sup> con los medios humanos y materiales necesarios para llevar a cabo, entre otras cosas, el desarrollo de las actividades preventivas y para asesorarle tanto a él como a los trabajadores y a sus representantes.

La modalidad de la actividad preventiva en la empresa se llevará a cabo según establece el artículo 10 del RD 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP). El empresario puede optar por:

- designar uno o varios trabajadores que se ocupen de la actividad preventiva,
- constituir un servicio de prevención propio
- o concertar dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

En el caso de empresas de menos de seis trabajadores, el empresario también puede optar por asumir personalmente estas funciones, si concurren todas las circunstancias establecidas en el artículo 11 de dicho Reglamento.

Dentro de la empresa, por tanto, las personas encargadas de llevar a cabo la evaluación de los riesgos y el desarrollo de la actividad preventiva especializada deberán formar parte de la modalidad de organización de los recursos preventivos por la que haya optado el empresario, además de tener la formación exigida por el Capítulo VI (funciones y niveles de cualificación) del RSP según el nivel de las funciones que vayan a desempeñar.

Dependiendo de la modalidad elegida, puede ser necesario completar la organización preventiva. Si esto ocurre, habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si el empresario asume personalmente el desarrollo de la actuación preventiva, tendrá que recu-

rrir a alguna de las restantes modalidades de organización preventiva para realizar (artículo 11.2):

- la vigilancia de la salud de los trabajadores (en cualquier caso siempre que sea obligatoria),
- el resto de actividades preventivas que no pueda asumir.

- Cuando no es suficiente la designación por parte del empresario de uno o varios trabajadores para la realización de las actividades preventivas, éstas podrán ser desarrolladas a través de uno o más servicios de prevención propios o ajenos (artículo 12.1).

- Si el empresario ha constituido, voluntariamente o no, un servicio de prevención propio, las actividades preventivas que no sean asumidas a través de éste deberán ser concertadas con uno o más servicios de prevención ajenos (artículo 15.4).

- Las entidades especializadas que actúen como servicios de prevención deben estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en relación con las actividades concertadas, pudiendo sin embargo subcontratar los servicios de otros profesionales o entidades para la realización de actividades puntuales que requieran conocimientos especiales o instalaciones de gran complejidad (artículo 19).

Según lo anterior, cuando un empresario necesite el apoyo de recursos externos para cubrir la totalidad de su actividad preventiva, únicamente lo puede hacer concertando toda o parte de la actividad preventiva con una o varias entidades especializadas que actúen como servicios de prevención y que hayan sido acreditadas como tales por la autoridad laboral.

Como norma general, las funciones especializadas que obliga a realizar el RD 681/2003 únicamente podrán ser realizadas por trabajadores (incluidos mandos intermedios), el propio empresario a veces, trabajadores designados o miembros del servicio de prevención propio o ajeno. Solamente en circunstancias muy concretas, podrá haber en la empresa profesionales o entidades subcontratados por el servicio de prevención para llevar a cabo funciones muy específicas y especia-

<sup>15</sup> Según el Artículo 31.2 de la LPRL se entiende como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

lizadas. En este tipo de riesgos, por ejemplo, se podría subcontratar la realización de los cálculos específicos para la determinación de la extensión de la clasificación de zonas pero en ningún caso la evaluación de riesgos ni la planificación preventiva.

### Relación de funciones a desarrollar en la empresa. Personal que las desarrolla

La relación de funciones a desarrollar en la empresa y el personal encargado de su ejecución, de acuerdo con los artículos del RD 681/2003 y del RSP, sería la siguiente:

a) Personal técnico que realiza funciones para las que se requiere una especialización técnica y que están relacionadas con la elaboración del documento de protección contra explosiones (artículo 8 del RD 681/2003) o partes significativas de éste. Actividades tales como la **evaluación** de los riesgos (artículo 4 del RD 681/2003) o la adopción de medidas de prevención y protección sólo pueden ser realizadas por personal que tenga una formación adecuada (según el Capítulo VI del RSP) al nivel de las funciones que van a desarrollar.

b) Personal que realiza tareas de **supervisión** de los ambientes en los que puedan formarse atmósferas explosivas, mientras los trabajadores estén presentes en ellos (artículo 5.b del RD 681/2003).

c) Personal que realiza funciones de **coordinación** cuando en un mismo lugar de trabajo coincidan varias empresas y esta concurrencia de actividades pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de sus trabajadores (artículo 6 del RD 681/2003).

d) Personal que actúa como **“recurso preventivo”** cuando se realizan actividades consideradas como peligrosas (artículo 22 bis del RSP).

e) Personal expresamente **autorizado para expedir**, antes del comienzo de trabajos peligrosos, permisos para su realización (Anexo II. A. 1. 2 del RD 681/2003).

f) Personal encargado de **verificar** la seguridad general de los lugares de trabajo donde existan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, antes de que vayan a ser utilizados por primera vez (Anexo II. A. 2. 8 del RD 681/2003).

g) Personal que realiza la **desconexión manual** de los aparatos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas (Anexo II. A. 2. 9. b del RD 681/2003).

### a) Personal técnico que realiza funciones relacionadas con el Documento de Protección contra Explosiones (DPCE)

Se puede decir que el DPCE básicamente recoge la evaluación de los riesgos de los lugares de trabajo en los que puedan formarse atmósferas explosivas y las medidas de protección que se han adoptado al respecto. En dicho documento se demuestra que se han aplicado los principios generales de la acción preventiva (artículo 15 de la LPRL) y comprende la documentación que le es exigida al empresario por el RD 681/2003 en cumplimiento del artículo 23 de la LPRL. Concretamente, se exige al empresario una documentación similar a la exigida para el caso de otros riesgos, si bien es verdad que en la evaluación del riesgo de explosión se pueden dar situaciones que sólo es posible resolver mediante la aplicación de métodos experimentales complejos. Los resultados así obtenidos adquieren gran relevancia puesto que en base a ellos se deciden aspectos tales como las características de los equipos a utilizar en las diferentes zonas de los lugares de trabajo.

El DPCE puede constituir un documento específico o integrarse total o parcialmente con la documentación general que tiene el empresario en cumplimiento del artículo 23 de la LPRL. En cualquier caso, la empresa debería estar en condiciones de probar, mediante la documentación pertinente, que los técnicos que han participado en su elaboración poseen la formación adecuada y su vinculación con la empresa.

La evaluación de los riesgos debe llevarse a cabo teniendo en cuenta tanto la probabilidad de formación de atmósferas explosivas como su duración, lo que se traduce en clasificar las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas, en zonas de riesgo. En muchas ocasiones, esta clasificación resulta obvia pero en otras requiere cálculos complejos y la aplicación de modelos experimentales. En este último caso es cuando podría estar justificado que un SPA subcontrate este proceso cuyo resultado es la clasificación de una zona y su extensión.

La subcontratación de profesionales independientes o entidades externas sólo se puede explicar y se permitirá para solucionar cuestiones puntuales y altamente especializadas pero nunca para resolver la actividad preventiva que de ellas depende.

En cuanto a la elección de aparatos y sistemas de protección para uso en una atmósfera potencialmente explosiva, hay que tener en cuenta que el RD 400/1996 regula todo lo relativo a su comer-

cialización, sin establecer los requisitos necesarios para la instalación, puesta en servicio, inspección, etc. tal y como establecen otros reglamentos del ámbito de la seguridad industrial. La categoría de los aparatos y sistemas de protección a utilizar en una atmósfera potencialmente explosiva depende de cómo queden clasificadas las áreas en zonas de riesgo. Puesto que no existe ninguna reglamentación del ámbito de la seguridad industrial que exija una determinada cualificación para la instalación o control de estos sistemas o aparatos, corresponde al empresario decidir quién puede realizar la instalación y mantenimiento de dichos sistemas. Únicamente en el caso de equipos e instalaciones eléctricas a utilizar en atmósferas explosivas quedan regulados estos aspectos en el REBT<sup>16</sup> en el que se establecen los requisitos que deben cumplir las empresas que instalen, mantengan y controlen este tipo de instalaciones.

Por tanto, dada la naturaleza de las actividades que componen el DPCE, únicamente podría ser realizado por personal que pertenezca a la empresa o que tenga con ella vinculaciones a través de un SPA. Actividades como la evaluación de riesgos, la planificación de las medidas de protección y prevención, tanto de naturaleza técnica como organizativa, son propias (y en principio exclusivas) del servicio de prevención. Hay que tener en cuenta, además, que el DPCE debe actualizarse siempre que se efectúen modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes en la empresa, lo que da a entender una necesidad de integrar la prevención en la gestión de lugares, equipos y personas en las zonas donde están presentes estos riesgos. La subcontratación, en estos casos, de profesionales o entidades externas al servicio de prevención, únicamente puede explicarse para solucionar cuestiones puntuales y altamente especializadas pero nunca para resolver la actuación preventiva que de ellas se desprende.

## **b) Personal que realiza tareas de supervisión. Control Ambiental**

El artículo 5.b del RD 681/2003 establece que el empresario debe tomar las medidas necesarias para que, en los ambientes de trabajo en los que puedan formarse atmósferas explosivas en canti-

dades tales que puedan poner en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores, se asegure, mediante el uso de los medios técnicos apropiados, una supervisión adecuada de dichos ambientes, con arreglo a la evaluación de riesgos, mientras los trabajadores estén presentes en aquéllos.

Esta supervisión se identifica con la realización de controles ambientales; éstos normalmente serán en continuo, pero, dependiendo de la causa que produzca la ATEX, la estrategia puede variar. Se trata de detectar precozmente la formación de una atmósfera explosiva que pueda poner en peligro la seguridad de los trabajadores. Tanto la periodicidad como la metodología de dichos controles deben ser consecuentes con los resultados de la evaluación de riesgos.

La planificación de la actividad de supervisión incluirá, por tanto, una estrategia de muestreo, una metodología de medición y un conjunto de medidas a adoptar en función de los resultados que se obtengan. Esta planificación podría plasmarse en la elaboración e implantación de un procedimiento en el que se describiese la operativa a seguir durante la realización de trabajos que requieren este tipo de supervisión. En base a los resultados de la evaluación de riesgos, este procedimiento debería establecer la forma en que se realizan las mediciones (y los equipos a utilizar), su periodicidad, intervalos de seguridad, valores límite y acciones a realizar en caso de que la concentración ambiental se aproxime a éstos o una vez se hayan superado. Las decisiones sobre cualquiera de esas acciones se deben considerar como funciones de nivel superior y por tanto ésta debe ser la cualificación del personal que planifique esta labor de supervisión.

Si la ejecución de este procedimiento no requiere un elevado nivel de cualificación, puesto que en él se establece la estrategia de muestreo y la consiguiente descripción de la operativa a seguir en función de los resultados de las mediciones, su aplicación sólo requiere una formación específica en la utilización de aparatos de medición o lectura de datos monitorizados, aplicando sistemáticamente el procedimiento para el resto de acciones. El nivel de cualificación mínimo exigible al personal que realice esta supervisión será por tanto función del grado de libertad que deje ese procedimiento para la toma de decisiones.

<sup>16</sup> En sus Instrucciones Técnicas Complementarias, entre las que se encuentran:

ITC-BT-3: Instaladores autorizados.

ITC-BT-5: Verificaciones e inspecciones.

ITC-BT-29: Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.

En el caso de que la supervisión “del ambiente” haya sido planificada por completo y únicamente requiera la aplicación sistemática de un conjunto de instrucciones recogidas en ese procedimiento de trabajo, podría ser realizada por un trabajador:

- con los conocimientos, la cualificación y la experiencia requeridas para su puesto de trabajo,
- que tenga la formación preventiva correspondiente (la requerida por los artículos 18 y 19 de la LPRL) y
- con una formación específica adicional en la ejecución de un procedimiento de supervisión aplicable de forma paralela (integrada) al procedimiento de trabajo.

En el caso de que los trabajos a realizar, bien por su naturaleza, por su lugar de emplazamiento o por la concurrencia con otros trabajos, sean considerados como peligrosos y sea necesaria la presencia de un “recurso preventivo” tal y como establece el artículo 22 bis del RSP, éste podrá realizar las funciones de supervisión siempre que, cumpliendo los requisitos indicados anteriormente, ello no suponga un factor de riesgo adicional para él o para el resto de trabajadores.

### c) Coordinación de actividades empresariales

El Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales, establece las disposiciones mínimas que deben poner en práctica los diferentes empresarios que coinciden en un mismo centro de trabajo para prevenir los riesgos laborales derivados de la concurrencia de actividades empresariales.

Un empresario puede optar por diferentes posibilidades (artículos 11 y 13 del RD 171/2004) a la hora de elegir los medios más adecuados y eficientes para coordinarse y cooperar en materia de prevención de riesgos laborales con el resto de empresarios concurrentes. La designación de un coordinador es una de ellas, que además se considera preferente en el caso de que en el centro de trabajo se desarrollen actividades peligrosas.

Las funciones de coordinación de las actividades preventivas pueden ser realizadas por personas de la empresa (de su servicio de prevención o de su organización integrada) o externas a ésta. Puede actuar como coordinador:

- Personal que pertenezca a la organización preventiva especializada de la empresa (trabajador

designado, miembro del servicio de prevención propio o ajeno).

- Trabajadores con los conocimientos y la experiencia necesarios (actividad integrada).
- Personal que pertenezca a empresas dedicadas a la coordinación.

En cualquier caso, la coordinación de actividades preventivas se considera como una función de nivel intermedio.

Las personas encargadas de la coordinación pueden ser los recursos preventivos exigidos en el artículo 32 bis de la LPRL si ello es compatible con el desarrollo de sus funciones y siempre y cuando pertenezca a la empresa en la cual va a desarrollar ambas funciones, según lo establecido en el art. 13.4 del citado Real Decreto.

### d) Recurso Preventivo

En ocasiones, cuando se llevan a cabo operaciones peligrosas en sí mismas o por el hecho de concurrir con otras operaciones, se establece como obligatoria la presencia de personal cuya misión es la de vigilar que los trabajos se realizan conforme a los procedimientos establecidos. Estos procedimientos tendrán integradas las instrucciones técnicas y las medidas preventivas necesarias para controlar los riesgos mientras se lleva a cabo la operación.

Como norma general, se puede decir que, si durante la realización de un trabajo peligroso se considera que la seguridad y salud de los trabajadores depende de su comportamiento, entonces es necesaria la presencia de un recurso preventivo para vigilar que se cumpla con las actividades que se habían planificado para esa tarea en el documento de protección contra explosiones.

La obligatoriedad de la presencia de recursos preventivos queda establecida en el Artículo 32 bis de la LPRL y desarrollado en el Artículo 22 bis del RSP.

Cuando en el apartado anterior analizábamos la vinculación con la empresa del personal que realiza funciones de coordinación, establecíamos que puede contratarse externamente con un SPA o una empresa dedicada a la coordinación. En el caso del recurso preventivo la vinculación que debe tener con la empresa es la de pertenecer a su organización preventiva especializada o integrada. Podrán ser recursos preventivos personas que actúen como trabajadores designados o que sean miembros del servicio de prevención (propio o ajeno en el caso de que haya sido concertado), pero también podrá asignar el empresario esta función (de forma integrada) a trabajadores que conozcan en

profundidad los trabajos a realizar y cuenten como mínimo con la formación preventiva necesaria para desarrollar funciones del nivel básico.

Si comparamos las funciones de coordinación, de recurso preventivo y de supervisión según el nivel de cualificación necesario, cuando se opta porque sean desarrolladas de forma integrada, es decir, por personas de la empresa que no sean miembros del servicio de prevención, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La formación preventiva mínima según la función que se realice será:

- Funciones de coordinación: formación preventiva de nivel intermedio,
- Funciones de recurso preventivo: formación preventiva de nivel básico,
- Funciones de supervisión: no exige un nivel determinado.

2. Atendiendo únicamente al nivel de formación preventiva exigido:

- un coordinador podría realizar funciones de recurso preventivo o de supervisión,
- un recurso preventivo podría realizar funciones de supervisión, pero no de coordinación,
- un supervisor no podría realizar funciones ni de recurso preventivo ni de coordinación.

### **e) Instrucciones y permisos de trabajo**

El apartado A del anexo II del Real Decreto obliga al empresario a proteger a los trabajadores que pueden estar expuestos a atmósferas explosivas, adoptando medidas de protección y organizativas que deben quedar reflejadas en el documento de protección contra explosiones. Entre estas últimas se encuentran la de suministrar a los trabajadores instrucciones de trabajo por escrito (procedimientos) y la implantación de un sistema de permisos de trabajo para controlar las condiciones de ejecución de tareas a realizar en zonas clasificadas como de riesgo.

En general, un procedimiento en el que se recojan las instrucciones acerca de cómo realizar actividades que sean consideradas peligrosas, bien en sí mismas o porque puedan interaccionar con otras operaciones, debe contener (integrar) tanto los aspectos técnicos que componen la tarea a realizar como los requisitos preventivos que le sean aplicables. Este procedimiento, en su vertiente preventiva, debe ser por tanto coherente con los resultados de la evaluación de riesgos y las medidas de prevención y protección que se han adoptado.

Tanto la valoración de los resultados de la evaluación (incluyendo la clasificación de las áreas de riesgo) como la planificación de las medidas de prevención y protección es función del servicio de prevención. Éste será el encargado de determinar en qué operaciones es necesario controlar el comportamiento del trabajador o la secuencia en la que debe actuar, en un conjunto de operaciones concurrentes o encadenadas, y por tanto será función suya estimar la necesidad de elaborar e implantar un procedimiento de trabajo. Este proceso debería abordarse como una actividad integrada y participativa en la que sería deseable la colaboración entre el servicio de prevención y los departamentos implicados.

El nivel de cualificación que debe tener un trabajador cuya función consiste básicamente en la ejecución del procedimiento sería la establecida por los artículos 18 y 19 de la LPRL, es decir, si el procedimiento no deja lugar a la toma de decisiones, no es necesaria una formación especializada (sí específica) en prevención de riesgos laborales.

Por otra parte, la implantación de un sistema de permisos de trabajo pretende controlar si una tarea va a ser realizada conforme al procedimiento establecido. En estos casos, el primer requisito del procedimiento es la obtención, por parte del trabajador, del permiso para realizar la tarea correspondiente. Alguien "ajeno" a la ejecución del trabajo, aunque generalmente perteneciente a la línea de mando, comprueba y acredita que se cumple (o está en condiciones de cumplirse) el procedimiento en lo referente a la cualificación, el momento y las condiciones de seguridad en que se va a ejecutar.

Generalmente, quien conceda el permiso de trabajo será alguien de la propia empresa responsable de la ejecución del trabajo y con autoridad (por su lugar en la organización) para supervisar o controlar esos aspectos de la tarea, contando siempre (previamente) con el asesoramiento del servicio de prevención.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que la concesión de un permiso tiene la misma justificación y objetivo que la obligatoriedad de seguir un procedimiento (instrucciones) o la presencia de un recurso preventivo y no es otro que el de controlar, de una forma u otra, que el comportamiento del trabajador/es es adecuado no sólo desde un punto de vista técnico sino también preventivo. En trabajos considerados como especialmente peligrosos (a efectos de este Real Decreto), y en los que sea obligatoria la presencia de un recurso preventivo, habrá que tener en cuenta que éste va a supervisar las condiciones de ejecución de la tarea y por tanto adquiere, por tener la capacitación adecuada, una

gran relevancia en el funcionamiento del sistema de permisos de trabajo.

Cuando la peligrosidad de un trabajo es consecuencia de que los riesgos puedan verse agravados o modificados por la concurrencia de actividades empresariales, hay que tener en cuenta el papel del coordinador para controlar el momento y condiciones en que una empresa va a realizar un trabajo y el procedimiento para llevarlo a cabo, independientemente del control interno (como el descrito antes) que haya previsto la propia empresa.

#### **f) Personal encargado de verificar la seguridad de los lugares de trabajo**

El Anexo II.A.2.8 del RD 681/2003 establece la obligación de verificar la seguridad general contra explosiones de los lugares de trabajo, antes de ser utilizados por primera vez, y la cualificación de las personas que pueden realizar esta actividad.

Al tratarse de una actividad de comprobación de que las medidas preventivas y de protección que se han adoptado son las previstas en el DPCE y que además están en condiciones operativas, a la hora de establecer la cualificación del personal que realiza estas verificaciones deberían tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si las medidas de protección reflejadas en el DPCE fueron propuestas, en su momento, por personal del servicio de prevención de la empresa con una formación acreditada adecuada para realizar funciones de nivel superior, se entiende que ese mismo personal u otro con una cualificación similar estarían capacitados para llevar a cabo esta función.

- En el caso de ITC-BT-29, personal acreditado por la autoridad industrial (según lo establecido en la ITC-BT-3 y en la ITC-BT-5).

- Aquellos trabajadores con experiencia certificada de dos o más años en el campo de prevención de explosiones o trabajadores con una formación específica en dicho campo impartida por una entidad pública o privada con capacidad para desarrollar actividades formativas en prevención de explosiones también podrán realizar esta actividad.

La experiencia de dos o más años que se requiere para realizar esta función debe ser "certificada" por la empresa o empresas en las que el trabajador ha desarrollado los trabajos en el campo de prevención de explosiones. El certificado que acredita una experiencia debe detallar las funciones realizadas y es el empresario quien debe decidir (asesorado por el servicio de prevención) si la experiencia acumu-

lada capacita a un trabajador en una determinada tarea.

- Igualmente sucede con aquellos trabajadores que, sin contar con experiencia, sí tienen formación en ese campo. Corresponde también al empresario (asesorado por su servicio de prevención), decidir si la formación recibida por el trabajador le acredita para realizar este tipo de actividades. Hay que tener en cuenta que la formación no tiene por qué ser impartida en su totalidad por una sola entidad pública o privada, por lo que la valoración del conjunto de la formación recibida por el trabajador, para saber si le cualifica para realizar esta función, debe ser realizada por el empresario.

La decisión final acerca de qué personal (de entre los relacionados) llevará a cabo la verificación de la seguridad corresponderá al empresario que, con el asesoramiento del servicio de prevención, elegirá en cada caso a la persona con la formación adecuada según la complejidad de la comprobación que haya que realizar.

#### **g) Operaciones de desconexión de los sistemas de protección**

El Anexo II.A.2.9.b del RD 681/2003 establece que, ante la posibilidad de que los aparatos y sistemas de protección que estén incluidos en un proceso automático impidan su funcionamiento cuando se aleja de las condiciones previstas, puedan desconectarse manualmente si ello no compromete la seguridad de los trabajadores.

Este tipo de circunstancias deben haber sido previstas en la evaluación de riesgos, y por tanto la decisión de permitir la continuación de un proceso, cuando se aparta de las condiciones previstas, requiere el conocimiento de los márgenes de seguridad y de la operativa a seguir en este tipo de situaciones para que, finalmente, la seguridad y salud de los trabajadores no se vea afectada.

Evidentemente en este tipo de situaciones, conforme más amplio sea el margen de decisión a tomar por la persona que realiza la desconexión, mayor debe ser su cualificación. Si se han establecido instrucciones muy detalladas respecto al procedimiento a seguir, estas intervenciones podrán ser realizadas por trabajadores con la formación requerida por los artículos 18 y 19 de la LPRL, más una formación específica que le capacita para aplicar estas instrucciones.

Si no existe un procedimiento, y las decisiones a tomar comprometen la seguridad de los trabajadores, puede llegar a ser necesaria la actuación del personal del servicio de prevención con formación necesaria para realizar funciones de nivel superior.

FUNCIONES	ACTIVIDAD	CUALIFICACIÓN
<p><b>DPCE</b></p>	<p>Implica principalmente:                      - Evaluación de riesgos                      - Selección e implantación de medidas preventivas</p>	<p>- Personal perteneciente al SPP<sup>17</sup>.                      - Personal perteneciente al SPA<sup>18</sup>. (Puntualmente el SPA podrá subcontratar algún aspecto que se incluya en el DPCE).</p>
<p><b>SUPERVISIÓN AMBIENTAL</b></p>	<p>Control ambiental durante la realización de trabajos para la detección de la ATEX si puede poner en peligro a los trabajadores.                      Puede implicar la elaboración de procedimiento de medición</p>	<p>- Planificación y elaboración del procedimiento: técnico superior de prevención. (seguridad, higiene).                      - Supervisión: en función del grado de autonomía que permita el procedimiento.</p>
<p><b>COORDINACIÓN</b></p>	<p>Debe existir coordinación entre empresas y trabajadores concurrentes en un centro de trabajo cuando exista riesgo de formación de ATEX. En general, en lo referente al riesgo de explosión, será importante coordinarse sobre:                      - Las zonas en que existe o se puede formar ATEX.                      - Las medidas preventivas a adoptar cuando se realicen trabajos o se manipulen sustancias capaces de generar ATEX y si se van a realizar trabajos en caliente o actividades susceptibles de generar fuentes generadoras de ignición.                      - Los equipos y procedimientos de trabajo a utilizar en zonas clasificadas por riesgo de ATEX.                      - Las actividades a realizar y el dónde se van a realizar.                      - Cuantas otras estén previstas en la evaluación de riesgos.</p>	<p>Si poseen formación en prevención de nivel intermedio, puede realizar la actividad:                      - Personal de la organización preventiva especializada de la empresa (trabajador designado, SPP, SPA)                      - Trabajadores con los conocimientos y experiencia necesarios (actividad integrada).                      - Empresas dedicadas a la coordinación.</p>
<p><b>RECURSO PREVENTIVO</b></p>	<p>Vigilancia, cuando se llevan a cabo operaciones peligrosas en sí mismas o por el hecho de concurrir con otras operaciones</p>	<p>- Personal del SPP o SPA.                      - Trabajadores designados.                      - Personal designado por el empresario por su experiencia en el trabajo a realizar.</p>
<p><b>INSTRUCCIONES Y PERMISOS DE TRABAJO</b></p>	<p>La elaboración del procedimiento de trabajo debe abordarse en colaboración con el servicio de prevención y los departamentos implicados.</p>	<p>- Elaboración del procedimiento: técnicos de prevención con formación de nivel superior en colaboración con los departamentos implicados.                      - Ejecución: arts. 18 y 19 LPRL.</p>
<p><b>VERIFICACIÓN</b></p>	<p>Comprobación de las medidas de protección reflejadas en el DPCE.</p>	<p>- Técnicos de prevención con formación de nivel superior.                      - Personal con experiencia certificada de dos o más años en prevención de explosiones.                      - Personal con formación específica en dicho campo impartida por una entidad capacitada.                      - Personal especificado en la reglamentación de aplicación.</p>
<p><b>DESCONEXIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN</b></p>	<p>Desconexión manual de los sistemas de protección que estén incluidos en un proceso automático si se producen condiciones peligrosas para la seguridad y salud de los trabajadores.</p>	<p>Según las instrucciones establecidas</p>

<sup>17</sup>SPP: Servicio de prevención propio.

<sup>18</sup>SPP: Servicio de prevención ajeno.

## APÉNDICE 2

### DOCUMENTO DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

La evaluación del riesgo de explosión por presencia de atmósferas explosivas integra:

- la identificación de peligros derivados de la naturaleza de las sustancias presentes en los lugares de trabajo y de sus propiedades de inflamabilidad,
- los factores de riesgo que se identifican en su utilización en cuanto a la posibilidad de mezcla con el aire de las sustancias inflamables identificadas,
- la determinación de las zonas peligrosas por formación de atmósferas explosivas,
- el análisis de fuentes de ignición presentes en las zonas clasificadas que pueden inflamar la atmósfera explosiva.

Siguiendo con los principios de la acción preventiva en cada uno de los estadios mostrados se deberán aplicar las medidas preventivas posibles para evitar el riesgo o en su defecto reducirlo hasta niveles seguros.

Para evaluar este tipo de riesgos existen metodologías complejas como HAZOP, árboles de sucesos, árboles de fallos, etc., cuya aplicación requerirá, en la mayoría de los casos, el trabajo conjunto de un equipo multidisciplinar con conocimiento profundo de cada una de las instalaciones a analizar. Estos métodos resultan útiles en instalaciones técnicas complejas.

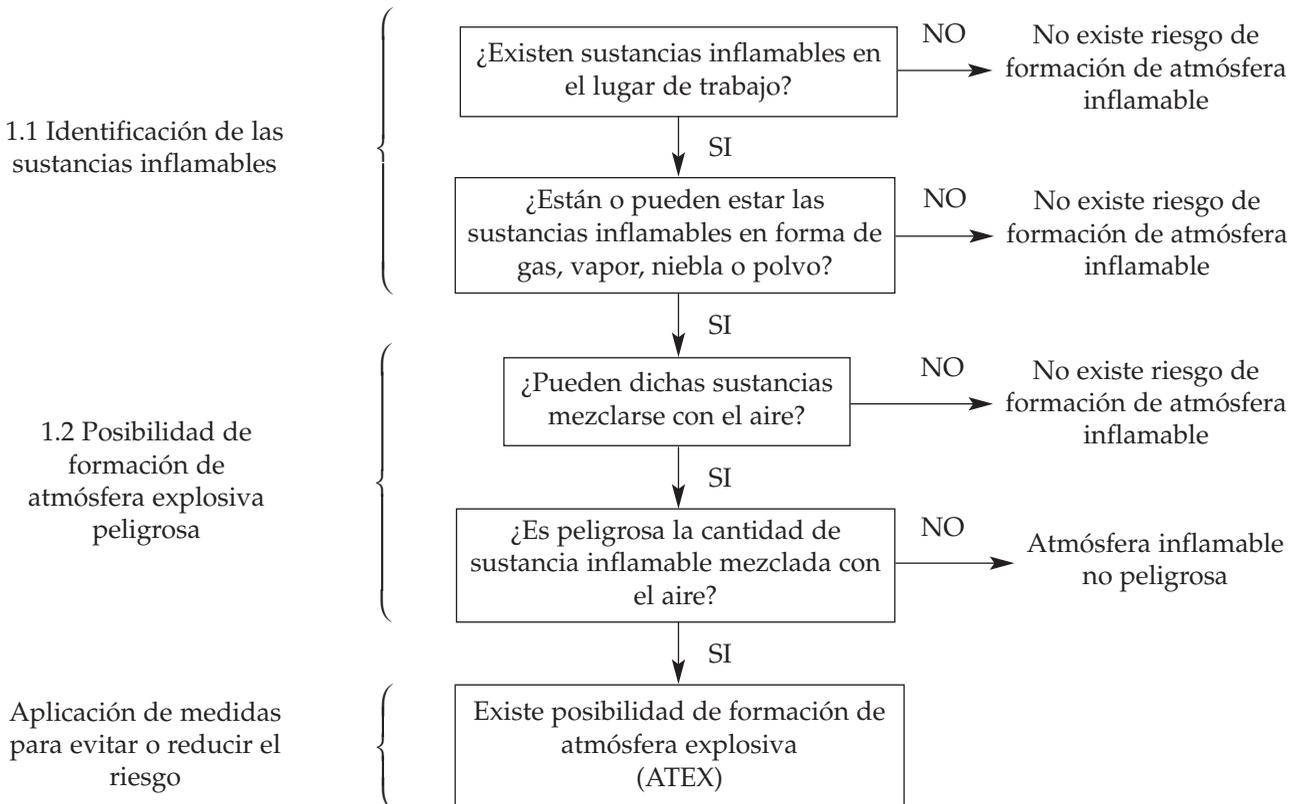
Sin embargo, no es siempre necesario recurrir a métodos complejos. El presente apéndice presenta una serie de actuaciones sencillas y accesibles en la que se analizan de forma sistemática las causas o factores que provocan el riesgo de explosión con el objetivo de eliminarlo en cada una de las etapas evitando así el paso a la siguiente etapa.

En la página siguiente se presenta un diagrama que engloba el conjunto de actividades preventivas que se deben realizar. Se indica en cada paso en qué apartado de este apéndice se desarrolla o se remite al apéndice que lo contempla (véase figura 14).

#### 1. IDENTIFICAR EL RIESGO DE FORMACIÓN DE ATMÓSFERA EXPLOSIVA

Para determinar la posibilidad de que en el lugar de trabajo se puedan formar atmósferas explosivas, es necesario conocer la naturaleza y las propiedades de inflamabilidad de las sustancias presentes así como los puntos en que dichas sustancias en forma de gas, vapor, niebla o polvo puedan mezclarse con el aire.

El procedimiento a seguir sería el siguiente:



Los pasos que se proponen son:

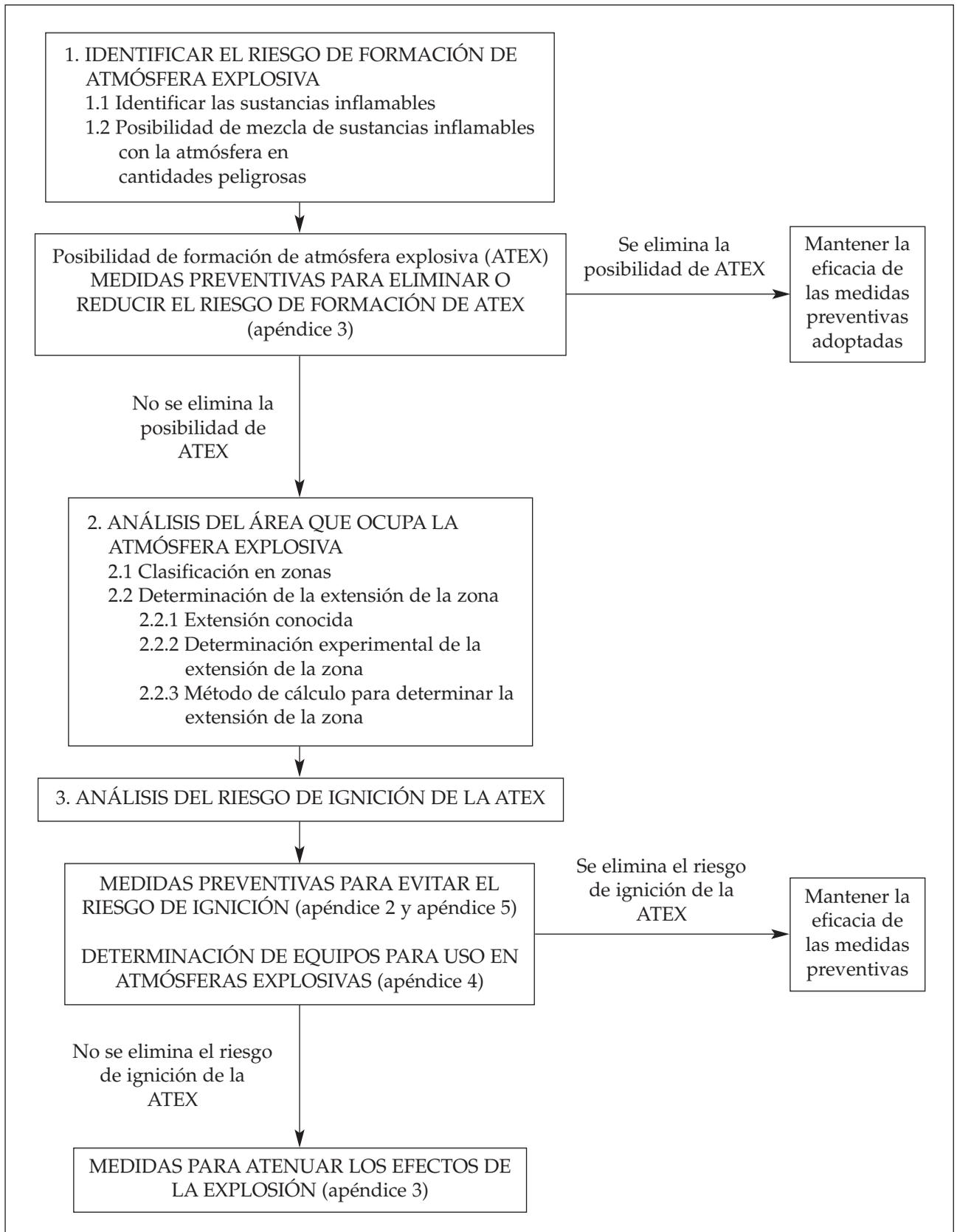


Figura 14.

### 1.1 Identificación de las sustancias inflamables

La presencia de sustancias inflamables responde principalmente a las necesidades del propio proceso, como materia prima, producto final o compuestos intermedios en el proceso de fabricación, o bien no interviene directamente en el proceso pero es necesaria en actividades relacionadas con el mismo (mantenimiento, reparación, limpieza...). Sin embargo, la identificación de las sustancias inflamables debe considerar todas las circunstancias en que éstas pueden aparecer. Por ejemplo<sup>19</sup>:

- se generan como residuo o impureza,
- se utilizan, se forman o se liberan al ambiente en el transcurso de las actividades no ligadas al proceso laboral básico (limpieza, desinfección, obras y modificaciones),
- penetran desde el exterior por alguna vía (ventilación, vehículos),
- además, hay que tener en cuenta que las sustancias inflamables también pueden aparecer de manera involuntaria por reacciones entre determi-

nados materiales o sustancias, por ejemplo en el almacenamiento de soluciones alcalinas o ácidos débiles en recipientes metálicos y

- se pueden generar como producto de degradación de materias primas, productos intermedios o productos acabados durante su almacenaje.

Si la sustancia está sometida a legislación sobre comercialización, la información necesaria para conocer sus propiedades de inflamabilidad y/o combustibilidad se obtiene de:

- La etiqueta del producto: todos los productos químicos peligrosos comercializados deben estar etiquetado de acuerdo con un modelo definido que incluye información sobre su peligrosidad.
- La ficha de datos de seguridad (FDS): ofrece extensa información sobre la peligrosidad de los productos permitiendo el análisis efectivo de los riesgos asociados a la utilización de los mismos.

Concretamente según el modelo definido en el RD 363/1995<sup>20</sup> la información de la FDS debe incluir:

Identificación de la sustancia y del responsable de su comercialización.  
 Composición/información sobre los componentes.  
 Identificación de los peligros.  
 Primeros auxilios.  
 Medidas de lucha contra incendios.  
 Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.  
 Manipulación y almacenamiento.  
 Propiedades físico-químicas.  
 Consideraciones relativas a la eliminación.  
 Informaciones relativas al transporte  
 Informaciones reglamentarias

De acuerdo con el RD 363/1995, algunas de las frases que indican que una sustancia es susceptible de formar una atmósfera explosiva son:

- R10 Inflamable.
- R11 Fácilmente inflamable.
- R12 Extremadamente inflamable.

R15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.

R18 Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.

S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar.

S21 No fumar durante su utilización.

S33 Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.

<sup>19</sup> Guía INSHT "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con los agentes químicos" RD 374/2001, de 6 de abril.

<sup>20</sup> RD 363/1995, de 10 de marzo, modificado en último lugar por RD 99/2003, de 24 de enero. La clasificación, símbolos, pictogramas, frases R y consejos de prudencia S de los preparados peligrosos regulados por el RD 255/2003, de 28 de febrero, y modificaciones, son similares a los establecidos en el RD 363/1995, de 10 de marzo, y modificaciones.

Cualquier otra frase R o S del etiquetado o la ficha de datos de seguridad que a entendimiento del usuario pueda inducir a pensar que dicha sustancia en las condiciones en que se manipula,

almacena o transporta puede liberar gases o vapores inflamables y su mezcla con el aire o que en su caso, finamente dividida, pueda dar lugar a polvos inflamables.

Los pictogramas que las acompañan son<sup>21</sup>:

<p><b>F</b></p>  <p><b>Fácilmente inflamable</b></p>	<p><b>F+</b></p>  <p><b>Extremadamente inflamable</b></p>
<p><b>O</b></p>  <p><b>Comburente</b></p>	<p><i>Una sustancia comburente no formará atmósfera inflamable por sí misma pero favorecerá el mantenimiento y propagación de la llama.</i></p>

A falta de lo anterior, caso de la mayoría de sólidos comercializados, y como se ha indicado en el desarrollo del artículo 2, se puede obtener información relativa a las propiedades físicas y químicas de los agentes químicos en manuales de Seguridad Industrial, de Higiene Industrial, en bases de datos de riesgos de los productos químicos, etc.<sup>22</sup>.

Para el caso de materia particulada, de forma general se debe considerar la posibilidad de que forme atmósfera explosiva toda aquella materia en forma de polvo que provenga de sustancias combustibles y cualquier sólido susceptible de oxidarse (inflamables).

Si es necesario para la aplicación de las medidas preventivas oportunas, se pueden obtener valores concretos de inflamabilidad, combustibilidad o explosividad en base a los ensayos normalizados.

## 1.2 Posibilidad de formación de atmósfera explosiva

La atmósfera explosiva se forma cuando una cantidad peligrosa de sustancia inflamable en forma de gas, vapor, niebla o polvo se mezcla con el aire. Esta circunstancia puede ocurrir porque la

sustancia inflamable se libera al ambiente de trabajo o bien por tratarse de almacenamientos atmosféricos en los que el aire está en el interior del recipiente que la contiene.

En este punto de la evaluación se debe contestar a dos preguntas:

- **¿Puede la sustancia inflamable mezclarse con el aire?**
- **¿Es peligrosa la cantidad de mezcla sustancia inflamable-aire formada?**

### 1.2.1 ¿Puede la sustancia inflamable mezclarse con el aire?

En muchos casos la existencia de estos escapes o emisiones a la atmósfera de sustancia inflamable es evidente, es el caso de recipientes abiertos que contienen líquidos inflamables, zonas de carga y descarga, dispositivos de sobrepresión, uniones no soldadas de tuberías...

En otros casos, habrá que crear escenarios para analizar las posibles circunstancias en que se

<sup>21</sup>  El pictograma E (explosivo) se reserva a las sustancias con propiedades explosivas, que no necesitan formar atmósfera inflamable para reaccionar de forma explosiva. Están excluidas del presente RD.

<sup>22</sup> Guía INSHT "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con los agentes químicos" RD 374/2001, de 6 de abril, BOE nº104, de 1 de mayo. El Apéndice 2 de la citada Guía contiene una relación de fuentes de información.

puede producir la mezcla de sustancia inflamable con el aire, teniendo en consideración todas las circunstancias en las que se produce la actividad laboral, tanto de forma habitual como no habitual incluyendo los disfuncionamientos previsibles.

A continuación se analizan diferentes circunstancias en que debe evaluarse la posibilidad de la mezcla de la sustancia inflamable con el aire:

#### a) Análisis del proceso

Para la formación de atmósferas explosivas por nieblas de líquidos inflamables, se requerirán procesos mecánicos, tales como vertido de líquidos, trasvase, inyección, agitación... en general, movimiento de fluidos.

Las atmósferas inflamables por nube de polvo, generalmente, también se producen por procesos mecánicos, tales como vertidos, mezclas, cribados, moliendas, actividades de conformación de piezas (caso de polvo metálico, madera...). Pero en este caso, no hay que olvidar que el polvo depositado (en capa) puede formar una nube de polvo por presencia de pequeñas corrientes de aire.

Se analizarán las partes de los equipos o instalaciones donde se puede mezclar la sustancia inflamable que contengan con el aire. Cada instalación de trabajo debe ser objeto de un estudio que tendrá en cuenta las diferentes condiciones de funcionamiento.

#### b) Análisis de la actividad

En las actividades en que intervengan o se puedan generar sustancias inflamables, se analizarán los procedimientos de trabajo y condiciones de operación, considerando el modo de manipulación, limpieza, reparación, mantenimiento... Si se realizan actividades con determinadas sustancias que estén reglamentadas, se verificará que dichas actividades se hagan conforme a la legislación de aplicación<sup>23</sup>.

#### c) Análisis de disfuncionamientos

Se analizarán detalladamente, y en particular, los disfuncionamientos razonablemente previsibles, ya que estos forman parte del funcionamiento normal del equipo. Por ejemplo, paradas del sistema de ventilación/aspiración o enfria-

miento, desgaste de aislamientos, bridas u otros sistemas de unión dando lugar a fugas de producto y vertidos accidentales, averías previsibles y partes vulnerables de los equipos, paradas accidentales en la alimentación de producto...

La evaluación de riesgos debe incluir también los posibles disfuncionamientos debidos al factor humano.

#### d) Envasado y almacenamiento de sustancias inflamables

Se puede prever formación de atmósfera explosiva por fugas en envases dañados, derrames accidentales o mala manipulación.

Se analizarán las condiciones de almacenamiento verificando, si fuese el caso, el cumplimiento de la legislación específica que le sea de aplicación<sup>24</sup>.

#### 1.2.2 ¿Es peligrosa la cantidad de mezcla sustancia inflamable-aire formada?

La atmósfera explosiva presentará un peligro para la seguridad y salud de los trabajadores si se forma en una cantidad tal que pueda causar daños a los trabajadores. Por ello hay que identificar las cantidades utilizadas o que intervienen en cada una de las circunstancias en que se ha analizado la posibilidad de formación de atmósfera inflamable.

La cantidad de agente peligroso está relacionada con el riesgo por formación de atmósferas explosivas. En el desarrollo del punto 1 del anexo I de esta Guía se han citado algunos ejemplos genéricos en los que la cantidad de atmósfera explosiva formada puede ser tan pequeña que no sea necesario determinar una zona peligrosa. Se da este caso cuando la ignición de dicha emisión no puede causar daño a las personas en las inmediaciones.

De cualquier forma, para considerar si una zona debe ser clasificada aunque sean pequeñas cantidades, se deberían tener en cuenta aspectos tales como:

- Circunstancias de uso.
- Generación de otras explosiones: la inflamación de una pequeña nube de polvo puede no causar en principio daños a los trabajadores ni afectar al resto de equipos; sin embargo, la onda de presión puede poner en suspensión capas de polvo adyacentes. Esta nube podría inflamarse por el

<sup>23</sup> Por ejemplo: RD 1416/2006 ITC MI-IP 06 "Procedimiento para dejar fuera de servicio los tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos".

<sup>24</sup> Por ejemplo: RD 379/2001 ITC MIE APQ 1 "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles".

pequeño incendio inicial agravando las consecuencias que en principio eran despreciables.

- Condiciones de formación ATEX: la clasificación de zonas se realiza de acuerdo con la frecuencia y duración de la atmósfera inflamable. Si es muy poca cantidad pero se genera muy frecuentemente, la necesidad o no de su clasificación dependerá de la duración, ya que si la atmósfera explosiva formada persiste en el tiempo, la acumulación de pequeños escapes podría generar una gran cantidad de ATEX.

- Equipos y zonas que se puedan ver afectados en caso de que se produzca la ignición: una pequeña explosión sin consecuencias puede generar suficiente energía para calentar equipos adyacentes o incluso dañarlos provocando la formación de atmósferas explosivas no esperadas y generando incendios y explosiones en cadena.

Además, para estimar la cantidad de atmósfera explosiva que se puede formar, será útil el conocimiento de determinadas propiedades fisicoquímicas

de las sustancias. Por ejemplo, son propiedades interesantes a este efecto:

- Punto de inflamación (flash point) para líquidos: si está por debajo de esa temperatura, no emite suficiente cantidad de vapores, con lo cual no se forma atmósfera inflamable.

- Granulometría de polvos: si son partículas grandes, tampoco se forma atmósfera explosiva aunque esté en suspensión.

Este tipo de datos hay que tratarlos con extrema precaución teniendo en cuenta las posibles variables que puedan afectar a la situación segura: posible elevación de la temperatura evaporando el líquido, prolongación del proceso mecánico del material granulado que haga disminuir su tamaño por abrasión, acumulación de material de reserva en la zona de actividad si el trabajo se prolonga...

De esta primera etapa habremos obtenido datos como:

Referencia o nombre de producto  
 Estado físico y grado de división del producto  
 Análisis de los procesos donde intervienen dichas sustancias  
 Zona de trabajo donde se utiliza el producto  
 Cantidad utilizada  
 Frecuencia de utilización  
 Áreas de formación de atmósfera explosiva  
 Áreas de formación de depósitos de polvo  
 Información de sus propiedades de inflamabilidad obtenidas del etiquetado o fichas de datos de seguridad u otras fuentes.  
 Escenarios de riesgo previsible no habituales...

A partir de estos datos iniciales, se presentan a continuación diferentes medidas preventivas a adoptar cuya aplicación evita o simplifica la continuidad de evaluación del riesgo de explosión.

### MEDIDAS PARA EVITAR LA FORMACIÓN DE ATMÓSFERA EXPLOSIVA

Desde el momento en que se identifica que la sustancia inflamable en forma de gas, vapor, polvo o niebla puede mezclarse con el aire en cantidades peligrosas, existe el riesgo de que se forme atmósfera explosiva.

Por tanto, siguiendo los principios de la acción preventiva habrá que aplicar las medidas oportunas para evitar el riesgo.

Antes de seguir evaluando, deben adoptarse todas las medidas posibles para evitar la formación

de atmósfera explosiva. En principio, se trata de aplicar medidas lógicas y muy sencillas que minimizan el riesgo facilitando las actuaciones posteriores de eliminación o control de la atmósfera explosiva.

Existen situaciones que deben ser evitadas, antes de proseguir la evaluación, mediante medidas organizativas que evitarán la formación de atmósfera explosiva o al menos la controlarán para su posterior eliminación. Este tipo de medidas deberán ser consideradas **a priori** antes de acometer la clasificación de zonas.

Las distintas medidas preventivas y de protección, a adoptar, en las diferentes fases del proceso de evaluación del riesgo de explosión por formación de ATEX se analizan con detalle en el apéndice 3. A modo de resumen se adelantan a continuación algunas de las medidas útiles para eliminar el riesgo en su origen, es decir, evitando la formación de atmósfera explosiva:

**SITUACIONES QUE NO DEBEN ESTAR PERMITIDAS Y DEBEN SER SUBSANADAS EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE**



Figura 15 - Los recipientes que contengan sustancias inflamables deben estar convenientemente cerrados.



Figura 16 - Los derrames y acumulación de sustancia inflamables deben ser eliminados inmediatamente con procedimientos adecuados para evitar su filtración.



Figura 17 - La acumulación de polvo debe ser evitada. Un procedimiento de limpieza adecuado puede evitar la clasificación de la zona.

- Sustitución de la sustancia inflamable o combustible por otra que no lo sea.
- Eliminación de los puntos de escape, fuga y en general aquellos puntos en los que la sustancia inflamable/combustible se mezcla con el aire.

La aplicación de estas medidas puede evitar la formación de atmósferas explosivas y por tanto la necesidad de seguir evaluando ya que habría desaparecido el riesgo de explosión.

Sin embargo, muchas veces la aplicación de estas medidas no será posible o no eliminarán por completo el riesgo. En este caso se deben aplicar medidas que reduzcan el riesgo. Por ejemplo<sup>25</sup>:

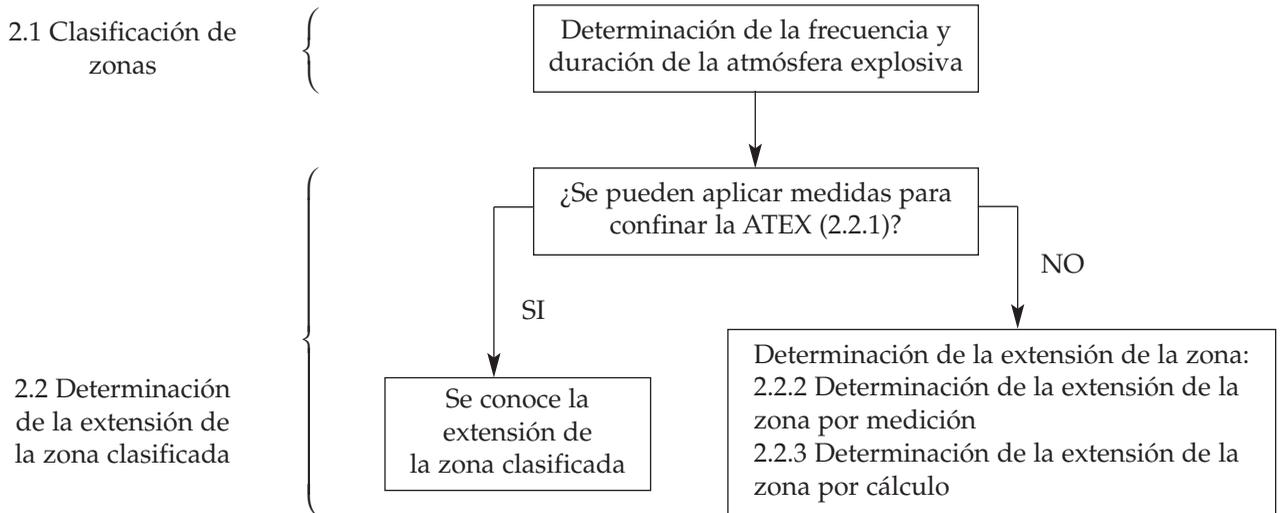
- Utilizar sustancias menos inflamables.
- Aumentar la granulometría de los polvos.
- Trabajar en procesos que no generen polvo.
- Humectación ambiental, cortinas de agua.
- Sistemas de ventilación/aspiración.
- Controlar la concentración de sustancia inflamable en el aire fuera del rango de explosividad.
- Aislar convenientemente las partes vulnerables de la instalación (puntos de emisión, fugas...).
- Medidas organizativas.

La aplicación de estas medidas disminuye pero no elimina completamente el riesgo, por lo que es necesario seguir evaluando.

<sup>25</sup> Todas estas medidas se desarrollan en el apéndice 3 "Medidas preventivas y de protección".

## 2. ANÁLISIS DEL ÁREA QUE OCUPA LA ATMÓSFERA EXPLOSIVA

Los pasos a seguir en esta etapa son los siguientes:



### 2.1 Clasificación de zonas

Las áreas con riesgo de explosión se clasificaran en zonas en función de la frecuencia y la duración de la atmósfera explosiva.

	Sustancia inflamable que origina la ATEX		CARACTERÍSTICAS
	GAS / VAPOR / NIEBLA	POLVO	
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ZONA</b>	0	20	La ATEX está presente de forma permanente
	1	21	La ATEX está presente a intervalos
	2	22	La ATEX está presente de forma accidental

Esta probabilidad irá asociada al tipo de proceso y tipo de actividad. De forma general e intuitiva se puede asociar:

*Presencia permanente de atmósfera explosiva (zona 0, zona 20):* los procesos o actividades en los que gases, vapores, nieblas o polvos inflamables o combustibles se mezclen de forma permanente con el aire no deben estar permitidos en los lugares de trabajo salvo que ello ocurriese en

depósitos cerrados (interior de tanques de almacenamiento atmosféricos, interior de silos...), así, si se presentase esa situación, habría que aplicar medidas tales como: cerrar el depósito, plantear un sistema de aspiración de polvos, sistemas de detección y actuación en zonas no ocupadas o medidas preventivas similares antes de evaluar el riesgo.

*Presencia frecuente no continuada de atmósfera explosiva (zona 1, zona 21):* su aparición está ligada

a actividades concretas y puntuales (procesos de carga y descarga).

*Presencia ocasional de atmósfera explosiva (zona 2, zona 22):* su aparición está ligada a fallos y disfuncionamientos accidentales pero previsibles (fallos de válvulas, bridas...).

Por tanto, la “duración” de la atmósfera explosiva a que se refieren el artículo 4 y el anexo I, en la clasificación de zonas, hay que entenderla en cuanto a la frecuencia de aparición y tiempo de actuación de las medidas preventivas adoptadas.

En función de lo indicado anteriormente y de acuerdo con los conceptos definidos en el anexo I del presente Real Decreto, en este momento se estará en condiciones de clasificar en zonas las áreas de riesgo.

## 2.2 Determinación de la extensión de la zona clasificada

Las medidas preventivas y medios de protección que se presentan en el anexo II se aplican a las

zonas clasificadas, por ejemplo la categoría de los equipos que pueden estar en una zona clasificada.

La actuación prioritaria será limitar a priori la extensión de la zona clasificada mediante la aplicación de medidas que garanticen el confinamiento de la atmósfera explosiva.

En ocasiones esto no es posible o suficiente y se procederá a determinar la extensión de la zona clasificada por otros métodos.

El criterio a seguir es el de máxima distancia desde el foco de emisión de la sustancia inflamable a la cual presenta una concentración igual al LIE. Aparte de otras variables, como corrientes de aire, condiciones de ventilación, humedad, etc., este límite, particular para cada sustancia inflamable, está determinado en condiciones de ensayo conocidas que pueden coincidir o no con las condiciones ambientales del lugar de trabajo. Por tanto no se debe tomar como una barrera que separa una situación segura de una concentración explosiva, sino que, como cualquier otro compuesto peligroso para la salud de los trabajadores,



Figura 18 - Interior de tanques y recipientes que contengan gases y líquidos inflamables en condiciones ambientales.



Figura 19 - Interior de molinos.

Figura 20 - Interior de silos, tolvas...

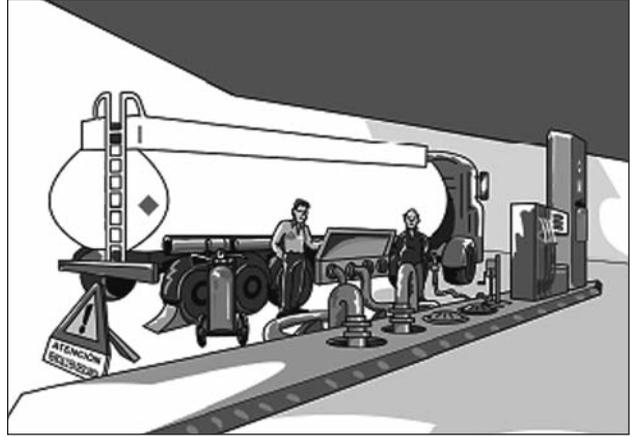


Figura 21 - Operaciones puntuales de carga y descarga de productos inflamables.



Figura 22 - Escenarios previsibles de vertidos en almacenamientos.



Figura 23 - Fallos en bridas, válvulas y elementos de unión.

se debe adoptar un coeficiente de seguridad (sobredimensionamiento), que nos permita asegurar de forma permanente la ausencia de atmósfera explosiva en las áreas adyacentes a las zonas clasificadas.

Para llevar a cabo estas determinaciones se pueden proponer varios métodos: métodos experimentales, basados en la determinación directa mediante mediciones, y métodos teóricos, basados en cálculos empíricos, que se encuentran recogidos en normas nacionales e internacionales.

En cualquier caso y dada la trascendencia del riesgo, sería conveniente que en todos los casos se llevase a cabo la verificación de los valores de extensión de las zonas, mediante la realización de alguna medición.

### 2.2.1 Aplicación de medidas para reducir o confinar la atmósfera explosiva

La actuación prioritaria consiste en aplicar medidas para reducir al mínimo la extensión de la atmósfera explosiva, conociendo así su extensión sin necesidad de aplicar métodos más complejos.

Se trata de soluciones sencillas de aislamiento de procesos que permiten confinar la atmósfera explosiva controlando así su extensión.

Por ejemplo, si un recipiente emite vapores inflamables y por las circunstancias de proceso no puede ser cerrado, se puede confinar en una cabina. Así, los vapores inflamables emitidos por la superficie del líquido ocuparán una zona que, como máximo, será la extensión de la cabina. Luego, la instalación de una extracción localizada de la atmósfera explosiva formada en la cabina evitaría su acumulación y permanencia de dichos vapores inflamables.

Para el caso de polvos, la separación de procesos mediante paneles o pantallas también puede

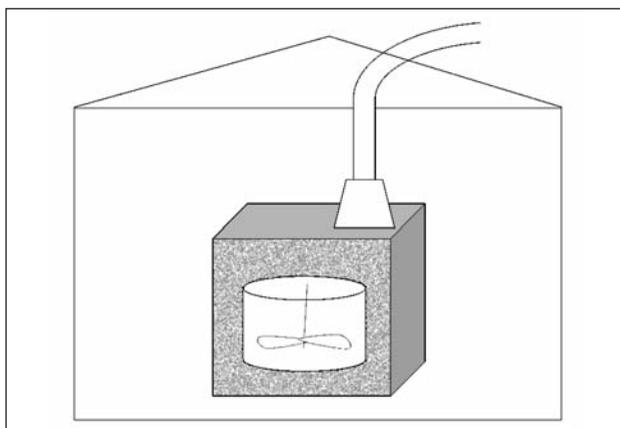


Figura 24.

ser una buena opción para limitar el espacio que ocupa la atmósfera inflamable. Estas medidas deben ir acompañadas de un procedimiento de limpieza adecuado para evitar la acumulación de depósitos de polvo en la zona.

Una vez confinada la atmósfera explosiva, las medidas a aplicar para su eliminación se limitarán al área establecida. De esta forma se consigue controlar la atmósfera explosiva y reducir el coste de las medidas a aplicar.

### 2.2.2 Cálculo de la extensión de la zona mediante procedimiento de medición ATEX por gases y vapores inflamables:

Se propone a continuación un sistema de determinación de la extensión de las zonas mediante un proceso experimental basado en mediciones de la concentración de la sustancia inflamable en el ambiente.

Los aspectos concretos de este sistema deben ser desarrollados por la persona o equipo que va a evaluar el riesgo pero en líneas generales debe responder a cuatro cuestiones previas:

- a) Dónde medir
- b) Cómo medir
- c) Con qué medir
- d) Cuándo medir

#### a) Dónde medir

Zonas 0 y 1:

Según el concepto preventivo, llegados a este punto las zonas 0 y 1 ya habrían tenido que ser controladas y no sería necesario determinar la extensión de la zona. Sin embargo, si por circunstancias excepcionales o específicas del proceso no hubiera sido así, se procederá a medir la concentración de la sustancia inflamable en el ambiente. Las zonas clasificadas como 0 o 1 se asocian a emisiones permanentes o al menos frecuentes, por tanto se pueden realizar las mediciones a partir del punto de escape o emisión.

Zona 2:

La generación de atmósferas explosivas que den lugar a zonas 2 es, por definición, poco previsible. Así pues, la presencia de inflamables que puedan generar este tipo de zonas hay que situarlo en potenciales fugas accidentales, ya sea por fallos en la estanqueidad de las instalaciones (fugas esporá-

dicas en bridas, válvulas, cierres, etc.), o por accidentes previsibles aunque no esperados (roturas de cierres de envases, pequeños derrames, etc.).

En algunas ocasiones y siempre y cuando sea posible, ya que puede comportar peligros adicionales, se puede determinar hasta dónde se extiende la atmósfera explosiva recreando la posible fuga o emisión<sup>26</sup> para realizar las mediciones de la concentración de la sustancia inflamable en el aire.

En la mayoría de las situaciones no será viable recrear situaciones que den lugar a zonas 2. En estos casos para determinar la extensión de la zona, si ello fuese necesario para aplicar las medidas preventivas oportunas, se deberá recurrir a otro tipo de métodos.

## b) Cómo medir

Se establece una estrategia de muestreo, a partir del foco de emisión. Dado que la atmósfera explosiva ocupará un volumen en el espacio, se pueden fijar de forma radial en los tres ejes del espacio (siempre que sea posible la difusión del inflamable o inflamables en todas las direcciones) los puntos de medición a distancias determinadas, de manera que nos permitan conocer el decrecimiento de las concentraciones del inflamable a medida que nos alejamos del foco. Con estos datos conoceremos de manera bastante precisa la extensión de la atmósfera.

Para determinar esta estrategia con mayor exactitud, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones:

- Densidad de la sustancia inflamable respecto al aire: una sustancia menos densa que el aire tiende a ascender acumulándose en mayor cantidad en las zonas por encima del foco de emisión. En este caso habrá que incrementar las mediciones en la parte superior. Lo contrario ocurrirá si la sustancia es más densa que el aire. El volumen de la atmósfera inflamable crecerá alejándose del foco hacia la parte superior o inferior tanto más cuanto mayor sea la diferencia de densidad con el aire.

- Las corrientes de aire hacen que la distribución de la atmósfera inflamable no sea homogénea. Si existiesen corrientes de aire en la zona a medir, estas se podrían detectar mediante la utili-

zación de tubos fumígenos adecuados, procediendo a intensificar las mediciones en dicha dirección y comprobando la posible acumulación de los gases o vapores en zonas muertas.

Una vez determinada la distancia a partir del foco y en las direcciones posibles de propagación, en que el inflamable presenta concentraciones iguales al LIE, se debe adoptar un criterio de seguridad con el fin de limitar la extensión a partir de la cual no es esperable que se presenten atmósferas explosivas.

El criterio a adoptar puede variar en función de las características del proceso, del tipo de instalación, del tipo de sustancias, del personal implicado... Para minimizar el riesgo por atmósfera explosiva, en los puntos que se van a considerar como límite de zona ATEX, se puede adoptar el criterio de disminuir el LIE hasta un porcentaje que se considere seguro<sup>27</sup>.

El número de mediciones también será función de las características específicas del proceso, instalación, sustancias implicadas, personal afectado... y sobre todo de si son o no son esperables fluctuaciones importantes en la concentración, bien sea por el propio proceso, bien por variaciones en los sistemas de protección tales como la ventilación (sobre todo si se trata de ventilación natural)<sup>28</sup>.

## c) Con qué medir

La detección de gases y vapores inflamables se puede efectuar de distintas formas en función de los objetivos buscados y las características del medio a evaluar.

Los equipos de medición de tipo cualitativo o semicualitativo (tipo tubos colorimétricos), no son adecuados para la determinación de la extensión de zonas. Los equipos de lectura directa mediante detectores de gases combustibles simples o múltiples se denominan comúnmente explosímetros. Existen en el mercado diferentes tipos de sensores, cada uno de ellos con aplicaciones específicas, por lo que el empleo de unos u otros requiere un estudio previo para la selección del equipo más adecuado a cada situación.

La mayor parte de los sensores no son específicos para un determinado gas, sino que son sensi-

<sup>26</sup> Por ejemplo, en el caso de fugas de válvulas, es posible reproducir un escape abriendo la válvula.

<sup>27</sup> En la UNE-EN 1127-1 se propone el 25% del LIE.

<sup>28</sup> La norma UNE-EN 689 aconseja la realización de al menos 30 mediciones, con equipos de lectura directa para establecer estadísticamente como representativos los valores obtenidos.

bles a un grupo o familia de gases. Para seleccionar un sensor o un sistema de detección de gases y conseguir el resultado óptimo es necesario considerar:

- Tipo de gas que se quiere detectar. Esto permitirá la correcta selección del sensor para evitar las interferencias entre gases y la correcta calibración del aparato para mayor exactitud en las medidas.

- Parámetros de ajuste respecto al gas de calibrado si fuese necesario.

- Tiempo de respuesta de los sensores e incertidumbre de medida del aparato.

- Condiciones ambientales de la zona en que se va a utilizar:

- Ventilación: habrá que realizar las mediciones en las condiciones normales de trabajo y por tanto con los sistemas de ventilación habituales, independientemente de que se planteen también escenarios de riesgo por mal funcionamiento de alguna parte del sistema de ventilación.

- Temperatura<sup>29</sup>: los aparatos están previstos para ser usados en un rango de temperaturas. Fuera de dicho rango deberá utilizarse un equipo previsto para ello según indicaciones del fabricante. Además, una temperatura elevada modificará el rango de explosividad de las sustancias (disminuirá el LIE y aumentará el LSE). Estas situaciones interferirán en la correcta detección de gases y vapores inflamables.

- Presencia de otras sustancias que puedan alterar el funcionamiento de los sensores

- Enriquecimiento o empobrecimiento en oxígeno de la atmósfera estudiada...

Es imperativo respetar las especificaciones del fabricante para la utilización<sup>30</sup>, seguir estrictamente sus instrucciones, así como el mantenimiento y control periódico de su calibración.

#### d) Cuándo medir

Las mediciones se llevarán a cabo en la situación más desfavorable que se pueda presentar en

la zona a estudiar. Es decir, en el periodo de máxima emisión (si se conoce en función del proceso o de la operación realizada en la zona), mínima ventilación (natural y forzada) que pueda producirse en condiciones normales de trabajo y elevada temperatura ambiental.

Se medirá, inicialmente, para el establecimiento de la extensión de las zonas, y posteriormente siempre que se produzcan modificaciones en las condiciones iniciales en que se llevó a cabo dicha determinación.

Además, se realizarán mediciones periódicas en función de las características concretas de las zonas clasificadas con el fin de controlar el mantenimiento de los límites de zona inicialmente establecidos<sup>31</sup>.

#### ATEX por materia particulada:

Para el caso de formación de atmósfera explosiva por nube de polvo, la extensión de la zona clasificada se determina por observación del volumen de la nube pulverulenta, teniendo en cuenta que la extensión de la zona clasificada abarcará también toda el área que ocupen las capas de polvo depositadas (véanse figuras 25 y 26).



Figura 25 - La extensión de la zona clasificada por nube de polvo se puede determinar por simple observación.

<sup>29</sup> Del art. 2 la atmósfera explosiva se entiende en condiciones atmosféricas. En el art. 4 de la Guía Europea de la Directiva 94/9/CE transpuesta en el RD 400/1996 considera las condiciones atmosféricas una temperatura en el rango de -20 °C a 60 °C y un rango de presión entre 0,8 bar y 1,1 bar.

<sup>30</sup> Ver apéndice 4 "Equipos para uso en Atmósferas Explosivas".

<sup>31</sup> La Nota Técnica de Prevención NTP n° 553 indica criterios sobre la periodicidad de las mediciones para agentes químicos.



Figura 26 - La extensión de la zona clasificada por polvo debe extenderse a todas las áreas donde haya polvo depositado, ya que éste puede ponerse en suspensión.

### 2.2.3 Determinación de la extensión de la zona mediante procedimiento de cálculo ATEX por gases y vapores inflamables:

Los métodos para determinar la extensión de las zonas clasificadas mediante procedimientos de cálculo utilizan los estudios y teorías de la mecánica de fluidos.

La norma UNE-EN 60079-10 y su guía de aplicación, UNE 202007 IN, recogen fórmulas y procedimientos para determinar la extensión de la zona clasificada. Para su aplicación es necesario conocer o calcular una serie de valores tales como la tasa de escape de la sustancia inflamable, la ventilación o su factor de ineficacia... Muchas veces, el valor exacto de algunos de estos parámetros es difícil de definir y se debe recurrir a estimaciones o valores bibliográficos.

Estos procedimientos deben aplicarse cuando ya se han tomado todas las medidas preventivas posibles para eliminar o limitar la atmósfera inflamable según se han ido indicando en los puntos anteriores. Para zonas 0 y 1 tras la aplicación de los métodos y medidas preventivas propuestas, no debería ser necesario utilizar este procedimiento salvo en circunstancias excepcionales. Por tanto la aplicación específica de este método, por las características propias del concepto (no previsible o esperable, asociado a incidentes...), debería reservarse a áreas clasificadas como zona 2.

Existen otros métodos de cálculo y fórmulas de aplicación avalados por organismos de reconocido prestigio.

Si se comparan los diferentes métodos de cálculo existentes, se obtendrán valores diferentes, lo que recalca la necesidad de conocer exactamente los parámetros y valores experimentales que adopta cada uno de los métodos seleccionados.

En caso de aplicar estos procedimientos deberán tomarse los datos requeridos para los cálculos, lo más cercanos posible a la realidad, incluso haciendo ensayos si fuese necesario. Además, habría que prever condiciones de seguridad por la posible incertidumbre asociada al método.

### ATEX por materia particulada:

En este caso no se propone ningún método numérico para la determinación de la extensión de las zonas clasificadas como 20, 21 o 22.

La norma UNE-EN 61241-10 propone una extensión promedio de 1m para zonas clasificadas por riesgo de formación de atmósferas explosivas por presencia de polvo. Deben tenerse en cuenta las características del producto y la presencia de capas de polvo.

Llegados a este punto se conoce:

Áreas de riesgo de formación de atmósfera explosiva  
Clasificación de dichas áreas en zonas

## 3. DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE IGNICIÓN

El riesgo de explosión por atmósfera explosiva se va a materializar cuando la misma coexista con una fuente de ignición con capacidad para inflamarla.

Cada zona clasificada deberá examinarse para determinar las fuentes de ignición que puedan estar presentes y considerar su relevancia frente a la atmósfera explosiva.

A continuación se presenta una tabla con las fuentes de ignición que enumera la norma UNE-

EN 1127-1 y ejemplos de zonas, equipos, procesos, actividades...donde pueden aparecer. Aunque los ejemplos se han dado de modo genérico, en general hay que considerar:

- Instalaciones fijas en el interior de zonas clasificadas.
- Equipos móviles, herramientas y dispositivos que se puedan introducir puntualmente en las zonas clasificadas.
- Fallos y disfuncionamientos previsibles que se puedan producir.
- Actividades que se van a realizar en el interior de la zona clasificada.
- Cualquier otro que a juicio del evaluador pueda aparecer en el funcionamiento normal de la actividad. (Ver tabla en página siguiente).

No todas estas fuentes de ignición van a aparecer en el lugar de trabajo. Por eso se debe evaluar qué fuente de ignición puede aparecer y bajo qué condiciones.

Como se ha venido indicando, la primera actuación una vez identificadas las fuentes de

ignición presentes en la zona clasificada, será el tratar de evitarlas, por tanto habrá que analizar la causa de la presencia de la fuente de ignición:

- forma parte del proceso
- se introduce en la zona clasificada para realizar determinadas actividades
- se presenta de forma accidental

para adoptar las medidas adecuadas para su control y/o eliminación.

En el apéndice 4 "*Equipos para uso en atmósferas explosivas*" se analizan en profundidad, por su posibilidad de actuar como foco de ignición, las características que deben reunir, desde el punto de vista de utilización, los equipos tanto eléctricos como mecánicos que se encuentren en el interior de las zonas clasificadas.

En el apéndice 5 "*Fuentes de ignición. Electricidad estática*" se analizan diferentes aspectos de las fuentes de ignición que se pueden presentar en los lugares de trabajo, con un análisis detallado de la electricidad estática.

FUENTES DE IGNICIÓN	CONDICIONES DE APARICIÓN
Superficies calientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficies calientes fácilmente reconocibles: calentadores eléctricos, radiadores, cabinas de secado, tuberías de vapor, material fundido, procesos en caliente...</li> <li>- Otras: piezas de maquinaria, frenos y embragues a fricción (tanto de vehículos como de unidades de proceso), bujías y cojinetes dañados, materiales humeantes, soldaduras recientes...</li> </ul>
Llamas y gases calientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llamas desnudas: sopletes de soldadura, calentadores, encendedores...</li> <li>- Gases de combustión: motores de combustión interna, vehículos...</li> </ul>
Chispas de origen mecánico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al golpear herramientas metálicas entre sí, con otros metales, con hormigón...</li> <li>- Choques en los que están implicados metales ligeros (como aluminio y magnesio) y sus aleaciones.</li> </ul>
Arcos y chispas eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motores y equipos eléctricos en malas condiciones.</li> <li>- Apagado y encendido de circuitos.</li> </ul>
Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallos en instalaciones eléctricas.</li> <li>- Corrientes de retorno en instalaciones generadoras de potencia, como trenes eléctricos y grandes instalaciones de soldadura.</li> <li>- Efectos de inducción (cerca de instalaciones eléctricas con corrientes elevadas o transmisiones de radiofrecuencia elevadas).</li> </ul>
Electricidad estática	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulación de fluido por una tubería, transmisiones de correas, transporte neumático de materiales pulverulentos...</li> </ul>
Rayo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descarga de rayos.</li> <li>- Corrientes transitorias asociadas a la descarga del rayo que originan calentamientos, descargas y chispas.</li> <li>- Tormentas con ausencia de rayos: pueden inducir tensiones importantes en aparatos y equipos de protección.</li> </ul>
Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia de $10^4$ Hz a $3 \cdot 10^{12}$ Hz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia o sistemas de alta frecuencia o sistemas de radiofrecuencia (emisores de radio, generadores RF médicos o industriales para calentamiento, secado, endurecimiento, soldado, oxicorte...).</li> </ul>
Ondas electromagnéticas de $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $3 \cdot 10^{15}$ Hz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radiación entre el infrarrojo y el ultravioleta cuando se concentra.</li> <li>- Convergencia de la radiación solar.</li> </ul>
Radiación ionizante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son fuentes de radiación X y gamma. Medidores de espesores, contadores de partículas y gammagrafías.</li> </ul>
Ultrasonidos	<p>La absorción de ultrasonidos puede provocar el calentamiento local.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidores de caudal.</li> <li>- En líquidos sometidos a ultrasonidos se forman cavidades que al colapsar producen altas temperaturas.</li> </ul>
Compresión adiabática y ondas de choque	<p>La compresión adiabática tiene lugar sin intercambio de calor con el exterior, elevando la temperatura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escapes de gas a través de orificios y en la apertura rápida de grifos y la subsiguiente compresión, como, por ejemplo, en un manorreductor cerrado, válvula cerrada o soplete obturado.</li> </ul>
Reacciones exotérmicas y autoignición de polvos	<p>Reacción de sustancias en función de sus propiedades.</p>

## APÉNDICE 3: MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCIÓN

En este apéndice se van a tratar las medidas a aplicar frente al riesgo de explosión. Sin embargo, se reitera la necesidad de aplicar a priori unos principios generales que pueden eliminar o reducir los riesgos por atmósferas explosivas:

- Concepción y organización de los sistemas de trabajo

- Evitar las superficies de evaporación abiertas (baños, tanques, recipientes)
- Reducción de las cantidades de los agentes inflamables presentes
- Reducción al mínimo de la duración de las emisiones
- Suministro de equipos adecuados así como procedimientos de trabajo

En general se puede hacer la siguiente clasificación:

MEDIDAS A ADOPTAR FRENTE AL RIESGO DE EXPLOSIÓN	
MEDIDAS PREVENTIVAS	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
Evitar la aparición de Atmósferas Explosivas	Atenuar los efectos de la explosión
Evitar la ignición de la Atmósfera Explosiva	

Si las medidas preventivas no eliminan totalmente el riesgo, deberán adoptarse junto con las medidas de protección.

### MEDIDAS ORGANIZATIVAS

En la práctica, las medidas técnicas se complementarán con medidas organizativas que permitan, mediante la adecuada organización de actividades y fases de trabajo, reducir al mínimo el número de empleados expuestos al riesgo o incluso evitar la exposición de trabajadores al riesgo de explosión.

La planificación del mantenimiento y las revisiones periódicas son medidas imprescindibles en la prevención y protección frente al riesgo de explosión, independientemente del tipo de medidas técnicas que se hayan tomado.

Otra medida básica, obligada en la LPRL y especificada en el punto 1 del Anexo II del presente Real Decreto, es la formación e información de los trabajadores. Esta formación permitirá que el trabajo se realice de forma segura y se completará cuando sea necesario con:

*Instrucciones de trabajo por escrito y modos operativos de ejecución:* se elaborarán disposiciones y normas de comportamiento relacionadas con actividades que comporten un riesgo especial o que agraven un riesgo existente y de cuya correcta realización pueda depender la seguridad de los trabajadores. Estas normas deben ser vinculantes y

especificar detalladamente la forma de realización, el equipo a utilizar, equipos de protección necesarios y cualquier otra medida necesaria para garantizar la seguridad de los trabajadores. Se comprobará que los trabajadores a los que vayan dirigidas estas instrucciones comprenden y conocen teórica y prácticamente cada uno de los requisitos exigidos.

*Cualificación adecuada y suficiente de los trabajadores:* para determinadas actividades, como trabajos en tensión, es la legislación la que indica la cualificación requerida por el trabajador, como ocurre, por ejemplo, en el RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas de protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. En el apéndice 1 “*Funciones y cualificación*” se orienta sobre cada una de las figuras que aparecen en este Real Decreto. En otras ocasiones debe ser el empresario el que defina y valide la experiencia y formación requerida por el trabajador para desarrollar una determinada actividad.

*Permisos de actividades con fuegos, llamas o cualquier otra fuente de ignición, validados por personal designado competente:* los permisos de trabajo deberán incluir como mínimo: el lugar exacto donde debe realizarse el trabajo, las personas implicadas (quién realiza, quién vigila, quién valida...), las medidas de prevención y protección y las instrucciones a seguir... (véase ejemplo en página siguiente).

*Vestimenta de trabajo de materiales que no produzcan electricidad estática...:* en el punto 2.3 del Anexo II se ha hablado de la ropa y calzado para evitar la

Ejemplo de permiso general de trabajo para la realización de trabajos en emplazamientos con riesgo de explosión

<b>PERMISO DE TRABAJO EN EMPLAZAMIENTO ATEX</b>	
Fechas:                      Inicio:    /                      /                      Finalización:    /                      /	
Emplazamiento y/o instalación: .....	
Responsable de los trabajos: D/D <sup>a</sup> .....	
Trabajo, tarea u operación a realizar en el emplazamiento: .....	
Riesgos específicos: ..... ..... .....	Medidas preventivas adoptadas: ..... ..... .....
Riesgos indirectos (interacción con otras operaciones): .....	Equipos de protección individual a utilizar: ..... .....
Personal que interviene en el trabajo, tarea u operación:	
D/D <sup>a</sup> ..... <div style="text-align: right; padding-right: 20px;">Firma: .....</div>	D/D <sup>a</sup> ..... <div style="text-align: right; padding-right: 20px;">Firma: .....</div>
D/D <sup>a</sup> ..... <div style="text-align: right; padding-right: 20px;">Firma: .....</div>	D/D <sup>a</sup> ..... <div style="text-align: right; padding-right: 20px;">Firma: .....</div>
Personal de relevo de turno / extensión de turno:	
D/D <sup>a</sup> ..... Fecha y hora del relevo/extensión:        / <div style="text-align: right; padding-right: 20px;">Firma: .....</div>	D/D <sup>a</sup> ..... Fecha y hora del relevo/extensión:        / <div style="text-align: right; padding-right: 20px;">Firma: .....</div>
Todos los arriba firmantes aceptan, confirman y comprenden los riesgos, medidas preventivas y equipos de protección individual aplicables al trabajo cubierto por este permiso.	
<input type="checkbox"/> Trabajos realizados <input type="checkbox"/> Instalación comprobada <input type="checkbox"/> Comprobación y reanudación del servicio en el emplazamiento de realización de los trabajos <input type="checkbox"/> Anomalías detectadas	
Descripción de las anomalías detectadas: ..... .....	
Referencia del parte de anomalías (si existe):	
<input type="checkbox"/> Permiso cancelado	
Firma del responsable de los trabajos:	

electricidad estática y en el apéndice 5 “Fuentes de ignición. Electricidad estática” se indican éstas y otras medidas para evitarla.

**Programa de limpieza:** se ha hablado del mantenimiento y las revisiones periódicas como una de las medidas básicas de prevención frente al riesgo de explosión. Del mismo modo y como se ha indicado a lo largo del desarrollo del presente Real Decreto, la limpieza es también una de las medidas preventivas básicas para evitar la formación de atmósferas explosivas por polvo pero también para evitar sobrecalentamientos de maquinaria, permanencia de derrames...

**Realización de controles, supervisión y vigilancia de trabajos y/o zonas de riesgo:** se incluyen aquí los temas ya tratados sobre las supervisiones ambientales, la vigilancia de los trabajos, las revisiones requeridas por los permisos de trabajo previas a su realización...

**Señalización de las zonas de riesgo:** se señalará de acuerdo con lo expuesto en el Anexo III. Se pueden prever también señalizaciones temporales, como acordonar zonas mientras se realizan trabajos puntuales.

Al término de los trabajos debe comprobarse si sigue manteniéndose o se ha restablecido la seguridad de la instalación.

Debe informarse a todos los participantes sobre la finalización de los trabajos.

### MEDIDAS PARA EVITAR, LIMITAR O CONTROLAR LA ATMÓSFERA EXPLOSIVA

El riesgo de explosión desaparece cuando se evita la formación de atmósferas explosivas. Esto se consigue actuando sobre cualquiera de los parámetros que intervienen en su formación:

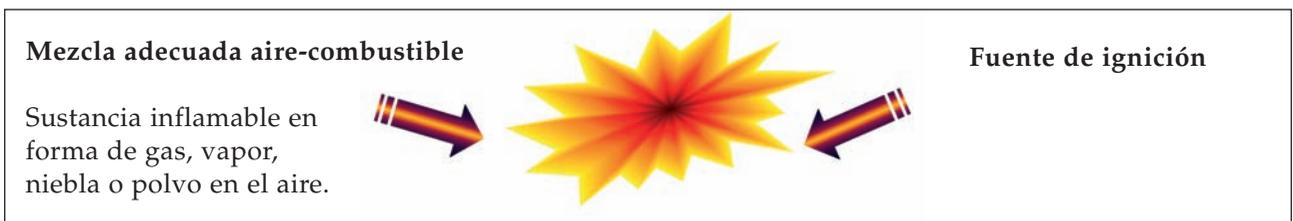


Figura 27.

Por ejemplo:

#### Actuación sobre las sustancias inflamables:

**Eliminación o sustitución de la sustancia inflamable:** para eliminar el riesgo, la mejor solución implica reemplazar las sustancias inflamables por otras que no lo sean. Por ejemplo: sustituir los productos disolventes o de limpieza inflamables por soluciones acuosas.

En la práctica es difícil de conseguir, aunque sí se puede lograr reemplazar la sustancia peligrosa por una menos peligrosa. Por ejemplo: utilizar sustancias menos volátiles, con menor tensión de vapor.

**Reducir la cantidad de sustancias peligrosas al mínimo:** es decir, limitar la cantidad de sustancias inflamables a cantidades tales que la inflamación de la atmósfera explosiva no tendría consecuencias peligrosas. Por ejemplo, se puede limitar utilizando recipientes de menor capacidad, justo la necesaria para la realización del trabajo. Si bien esta medida no eliminará el riesgo, es una forma sencilla de reducirlo y facilitar así su control.

**Actuar sobre la granulometría de los polvos combustibles:** pasar de trabajar con materiales pulverulentos a trabajar con materiales granulados. A mayor tamaño de grano, menor posibilidad de formación de atmósfera explosiva. Debe vigilarse que las manipulaciones del grano no den lugar a una reducción del tamaño de las partículas, por ejemplo por abrasión.

**Trabajar en procesos húmedos:** la humectación del polvo o la utilización de productos pastosos en vez de pulverulentos evitan la formación de nubes de polvo. Esta medida debe considerarse cuando sea viable y siempre que los productos a tratar no reaccionen con el agua generando sustancias inflamables, como el caso de ciertos productos metálicos que pueden desprender hidrógeno en presencia de humedad.

#### Actuación sobre la concentración de la mezcla combustible-aire:

Aun sin necesidad de conocer el rango explosivo de la sustancia, se debe tratar de minimizar la cantidad de combustible mezclado con el aire.

*Captación de vapores o polvos:* la extracción localizada es una medida preventiva especialmente válida para prevenir las atmósferas explosivas por nubes de polvo, ya que, en este caso, la ventilación general por dilución sólo serviría para aumentar la cantidad de polvo en suspensión, levantando los depósitos de polvo acumulado y generando turbulencias.

La aspiración debe situarse lo más cerca posible del foco de emisión evitando así que los vapores y polvos inflamables se dispersen pudiendo alcanzar concentraciones peligrosas.

Los sistemas de aspiración deberán ser adecuados para su instalación y/o utilización en las zonas clasificadas. También debe ser segura la zona donde se vayan a evacuar las sustancias inflamables tras su aspiración.

El uso de este sistema es habitual que vaya incorporado a máquinas para madera y en herramientas portátiles como sierras de mano o taladradoras, que pueden producir polvo (véase la figura 28).

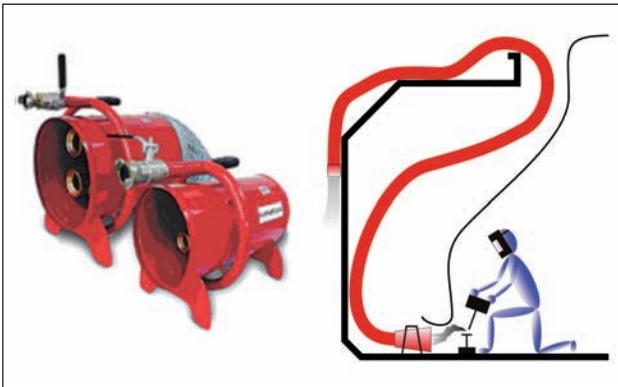


Figura 28 - Ventilador/aspirador de polvo y gas/vapor para zonas 0 y 20, aplicable en transporte neumático.

*Ventilación general por dilución (válido para gases, vapores y nieblas):* se trata de aportar una cantidad suficiente de aire limpio para diluir la atmósfera explosiva evitando que la concentración de inflamable alcance el LIE.

Para determinar el caudal necesario de ventilación, hay que conocer la cantidad de sustancia inflamable emitida, la localización de la emisión y algunas propiedades de la sustancia, como su densidad. Aún así en muchas ocasiones no se podrá evitar la formación de la atmósfera explosiva en su totalidad, sólo controlar la extensión de la zona.

Al igual que para el caso anterior, los equipos de ventilación deben ser adecuados a la clasificación de la zona donde se van a colocar.

El lugar donde se van a dirigir las sustancias inflamables deberá estar libre de riesgo, preferiblemente en un espacio exterior seguro, alejado de zonas ocupadas por personal o donde se realice cualquier actividad laboral, de fuentes de ignición y de sustancias inflamables y combustibles.

De acuerdo con las razones expuestas conviene, al menos en los puntos más vulnerables o lugares de posible acumulación de atmósfera explosiva, disponer de sistemas de detección y control.

*Limpieza frecuente de los depósitos de polvos:* las atmósferas explosivas por nube de polvo requieren granulometrías muy pequeñas, por tanto una leve corriente de aire puede ponerlo en suspensión. La cantidad necesaria de polvo en suspensión para que se forme la atmósfera explosiva dependerá de cada tipo de sustancia, pero sería suficiente la suspensión de una capa de polvo que se apreciase a simple vista. Por eso es especialmente importante, a la vez que una medida fácil y poco costosa, el mantener la limpieza adecuada, mediante aspiración, limpieza con paños húmedos de superficies o cualquier otra forma apropiada a la evaluación de riesgos, pero nunca con sistemas que pusiesen en suspensión el polvo, como equipos de barrido o soplado.



Figura 29 - Aspirador de polvos para zona 21 y 22.

*Trabajar en atmósferas inertes:* la introducción de un gas inerte, por ejemplo nitrógeno, gases nobles... en proporciones suficientes, en una atmósfera inflamable, implica el empobrecimiento en la misma de oxígeno de manera que sea imposible su inflamación<sup>32</sup>.

Para el caso de polvos puede optarse por añadir gases inertes al proceso y también existe la posibilidad de añadir sólidos inertes, siempre que no reaccionen con el combustible, en cuyo caso se disminuiría la concentración de sustancia inflamable en el aire si se pusiese en suspensión.

Esta medida debe ser cuidadosamente analizada para:

- conocer el límite al que hay que disminuir la concentración de oxígeno, con un margen de seguridad por debajo de la Concentración Límite de Oxígeno CLO, y añadir la cantidad de inerte necesario, que será particular para cada sustancia y situación, para que la inertización sea efectiva;

- garantizar que no va a aumentar la concentración de oxígeno en la mezcla. Se requiere un sistema seguro ya que el control por presión no asegura la inertización pues no distingue entre oxígeno, vapores inflamables y el gas inerte. Los sistemas de inertización adicionan nitrógeno (gas inerte) al producirse pérdidas y superar un cierto porcentaje de oxígeno.

Se suele restringir a depósitos cerrados donde no es posible la entrada de oxígeno del exterior y

se controla el gas inerte cuyo escape no controlado podría originar atmósferas suboxigenadas que pudieran afectar a los trabajadores.

### Actuación sobre los procesos<sup>33</sup>:

Otra posible alternativa es diseñar procesos que sean menos peligrosos o actuar de forma que se eviten o minimicen los escapes, por ejemplo:

*Control de puntos vulnerables:* pasando de un proceso discontinuo a un sistema de producción continuo disminuyendo lo máximo posible las conexiones y puntos de emisión, o mediante control de escapes en la fuente y aislamiento de puntos vulnerables (véase figura 30).

*Segregación de procesos:* es práctico aislar los procesos u operaciones con emisión de sustancias inflamables. Esto permite concentrar los recursos de ventilación/aspiración, limpieza, detección... y evitando la dispersión de las sustancias por otras zonas.

*Transporte interno seguro:* se preferirá el transporte de sustancias inflamables por medio de equipos fijos e indeformables (canalizaciones fijas) y con el menor número de conexiones posibles prefiriendo las uniones soldadas frente a las rosca-das o embridadas.

En cualquier caso las juntas deben ser estancas disponiendo, si es preciso, sistemas de recogida de derrames y fugas. Se deben evitar las canalizaciones subterráneas si no disponen de doble envolvente y control de fugas.



Figura 30 - Sistema de control de escapes.

<sup>32</sup> En estos casos hay que prever el riesgo de asfixia debido a la falta de oxígeno en atmósferas inertes, en caso de que un trabajador accediera a ellas sin adoptar las debidas precauciones.

<sup>33</sup> En estos casos habrá que estudiar que no añadan otros riesgos o aumenten los riesgos ya controlados.

Los envases y contenedores deben ser estables y con cierre hermético, cumpliendo con la normativa de envasado y etiquetado de aplicación.

*Detección:* una medida de control efectiva es el control de las zonas de riesgo con sistemas de detección de gases. El detector debe ser adecuado al tipo y condiciones de las sustancias a detectar, así como al rango de cantidades sobre las que debe actuar (límites de medición). El número de detectores y su posición irá en función de:

- Geometría de la zona que se quiere proteger: obstáculos, corrientes de aire, altura y forma de techos y suelos, aperturas de ventilación...

- Densidad de la sustancia a detectar: si es más ligera o más pesada que el aire. Existen gases que a determinadas temperaturas son más ligeros que el aire aunque a temperatura ambiente sean más pesados. También se puede dar el caso de gases que a temperatura ambiente son más ligeros que el aire pero que en la expansión que tiene lugar en la fuga, sufren un descenso de la temperatura y se convierten en más pesados que el aire. Este caso se da en la fuga de amoníaco anhidro (gas licuado), aunque sea un gas difícilmente inflamable por el elevado LIE (16%) y por su toxicidad, tendría que ser detectado mucho antes.

- Áreas de posible acumulación: falsos suelos o techos, rejillas, obstáculos...

Este tipo de situaciones también deben tenerse en cuenta para determinar la ubicación de los detectores.

La aplicación de esta medida es simplemente de control y tiene poca utilidad si no va acompañada de otras medidas de prevención y planes de actuación que se activen cuando se detecte la situación peligrosa.

## MEDIDAS PARA EVITAR EL RIESGO POR LAS FUENTES DE IGNICIÓN

En general, las zonas clasificadas deberían estar libres de todo el material que no fuese indispensable. Se deben eliminar las llamas, superficies calientes, chispas de origen mecánico y/o eléctrico, descargas electrostáticas, sobrecalentamientos por fricción mecánica de los materiales eléctricos, motores térmicos...

En el apéndice 5 "*Fuentes de ignición. Electricidad estática*" se proponen medidas particulares para cada fuente de ignición. En este apartado se pro-

ponen medidas generales que pueden completar a las propuestas en el apéndice citado.

### Actuación sobre el proceso:

*Refrigeración:* se puede evitar el calentamiento debido a reacciones químicas, aumentos de temperatura por compresión del gas...

*Separadores magnéticos, gravitatorios, cribados...*: se evitan las posibles chispas de origen mecánico así como la posible obstrucción de conductos que produciría calentamiento por acumulación de material.

*Calentamiento indirecto:* para evitar el calentamiento directo con llama.

*Sistemas de control:* como detectores de gases<sup>34</sup>, de elevación de temperatura, de presión..., termografía de infrarrojos, sistemas de control de velocidad...



Figura 31 - Detector de gas.

### Actuación sobre los equipos y materiales a utilizar:

*Equipos adecuados a la clasificación de la zona:*

- Herramientas manuales y equipos antichispa, puesta a tierra, conexiones equipotenciales...

- Adecuación de equipos con envolventes ATEX.

- Seguridad constructiva y equipos intrínsecamente seguros...

*Mantenimiento específico:* una de las principales medidas de actuación en atmósferas explosivas es

<sup>34</sup> Los detectores de CO pueden ser útiles si los materiales pueden sufrir calentamiento espontáneo.

el correcto mantenimiento y revisión de los equipos cuyo deterioro pueda producir calentamientos. Así, es imprescindible controlar el desgaste por aumento de vibraciones, mantener la lubricación adecuada en cojinetes y otras partes móviles previniendo también la acumulación de polvo, verificando el correcto alineamiento de ejes...

Los materiales, deben ser conformes a la reglamentación relativa al diseño de aparatos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas.

### MEDIDAS PARA ATENUAR LOS EFECTOS DE LA EXPLOSIÓN

Como medida complementaria de las anteriormente indicadas para aquellos casos en que exista la posibilidad, aunque sea baja, de que se pueda producir una explosión, se considera necesario establecer medidas que atenúen la misma a niveles inocuos.

Los efectos de una explosión dependerán de:

- la presión y temperaturas iniciales de la explosión,
- la sobrepresión máxima generada por la deflagración o la detonación,
- la velocidad del crecimiento de la presión (gradiente de presión),
- la fuerza de la onda de presión y su impacto con elementos interpuestos, proyección de objetos...
- la formación de onda calorífica, llamas, sustancias tóxicas...

Estos parámetros que caracterizan la violencia de la explosión y que influyen en el régimen de propagación, tales como la presión máxima de explosión y velocidad de crecimiento de la presión, dependen de la concentración de sustancia inflamable, de la energía de la fuente de inflamación, de la forma y el volumen del recinto donde se forma la atmósfera explosiva, de la turbulencia y presión inicial de la atmósfera... Por tanto, aunque no es difícil encontrar estos datos en la bibliografía especializada, hay que tener de nuevo en cuenta la variación que se puede producir por ser las condiciones del lugar de trabajo o de la concentración de la atmósfera explosiva formadas diferentes de las del ensayo que determinaron dicho valor.

Cualquiera de los métodos para evaluar los efectos de los daños producidos por la onda de

presión que genera una explosión serán aproximativos; y, teniendo en cuenta que las atmósferas explosivas evaluadas habrán sido aquellas que pueden causar daños a la salud de los trabajadores, es necesario aplicar medidas que minimicen los efectos de la explosión a niveles tales que la explosión resulte inocua.

Los sistemas que limiten los efectos de la explosión deben estar diseñados para mitigar o minimizar la explosión, evitando su propagación y/o controlando que la onda de presión no alcance un nivel peligroso.

La elección y diseño de estos sistemas deberá venir avalado por un estudio específico para cada instalación. En el mismo se habrán tenido en cuenta los factores característicos de la misma y aquellos que afectan específicamente a la explosión, tanto en su generación como en su capacidad destructiva. Por ello se considera necesario que dichos estudios los realicen especialistas (de la propia empresa o de fuera de la misma), conjuntamente con los fabricantes de los medios de protección a establecer.

Las principales medidas de protección que permiten atenuar los efectos de la explosión son:

*Dispositivos de descarga de la presión de explosión:* los equipos se pueden diseñar para que resistan una presión predeterminada de diseño, disponiendo dispositivos de alivio de presión fiables que protejan al sistema contra cualquier presión que sobrepase los límites marcados. Estos paramentos débiles permiten mediante su rotura o apertura a una presión calibrada, la evacuación de los gases de explosión evitando que el resto del equipo se vea sometido a elevadas presiones. Son elementos de este tipo los paneles de venteo, chimeneas de descarga, discos de ruptura... (véanse las figuras 32 y 33).

Estos dispositivos deben cumplir los requisitos de comercialización que les sean de aplicación. Para determinar las características que deben reunir hay que tener en cuenta:

- Las condiciones de la mezcla explosiva. Presión y temperatura iniciales.
- Las características del equipo donde se va a instalar.
- El espacio donde se va a realizar la descarga...

*Equipos resistentes a la explosión. Confinamiento de la explosión:* estos equipos pueden estar dise-

ñados para resistir la presión máxima de explosión y/o la onda de choque generada por la explosión, sufriendo deformaciones o no. Estos equipos son de construcción robusta, de mayor peso y consecuentemente de un coste económico superior. Si se opta por este medio de protección, se debe tener en cuenta la resistencia requerida para soportar la explosión que se puede generar en su interior en todas las partes del equipo, incluyendo partes móviles como bocas de hombre, el mantenimiento de dicha resistencia a lo largo de su vida útil así como la adaptación de los métodos de trabajo como las entradas de hombre o las consecuencias de fallos humanos.

*Control de la onda de presión y del frente de llama:* estos sistemas reciben el nombre de supresores de explosión. Impiden que se desarrollen altas presiones mediante la limitación y confinamiento de la llama en los primeros estadios de la explosión. Constan de uno o varios

detectores de explosiones incipientes, de un control y de unos extintores presurizados cuyas válvulas son activadas por el sistema sensor. Su instalación es especialmente útil en aquellos casos en los que el alivio de explosiones por venteo es impracticable, así como en aquellos otros en los que a la explosión en sí se asocian emisiones de gases, vapores, polvos tóxicos o peligrosos en general para el entorno (véase la figura 34).

*Sistemas de control técnico. Sistema de aislamiento de explosiones:*

- Apagallamas: los apagallamas son equipos específicos diseñados para evitar la propagación de explosiones de gases y líquidos en tuberías, mangueras y venteos de diversos equipos de planta: tanques, reactores, descarga de cisternas, hornos, quemadores, bombas, compresores, gasómetros, equipos de corte y soldadura, etc. (véase la figura 35).



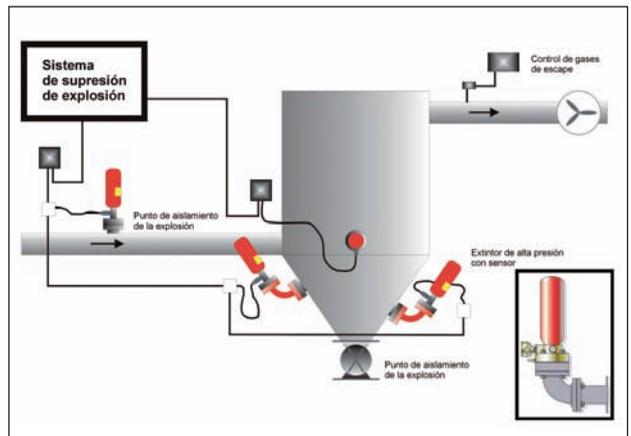
Figura 32 - Molinos de martillos sin protección.



Figura 33 - Venteo sin llama en tolva de molinos de martillos.



Figura 34 - Sistema de supresión de explosiones: un detector dinámico detecta la explosión (presión), da señal al panel de control y activa los supresores.



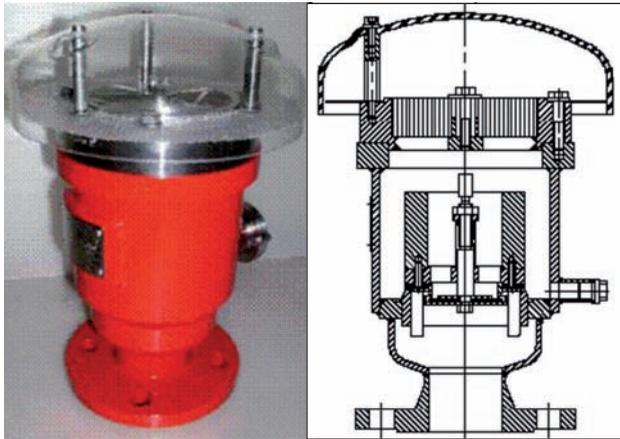


Figura 35 - Apagallamas de fin de línea con válvula presión-vacío incorporada para combustión prolongada.

- Esclusas rotativas.
- Válvulas de cierre rápido.



Figura 36 - Válvula de guillotina.

Actuación sobre la configuración de los locales:

- Alejamiento, separación de instalaciones, interposición de obstáculos. La mejor protección contra los efectos de una explosión accidental es que exista una distancia amplia entre la misma y los posibles sujetos de daño. Esta es la base de las tablas y fórmulas de distancias en función de la potencial carga explosiva. Las distancias que proporcionan estas fórmulas son muy grandes, y por

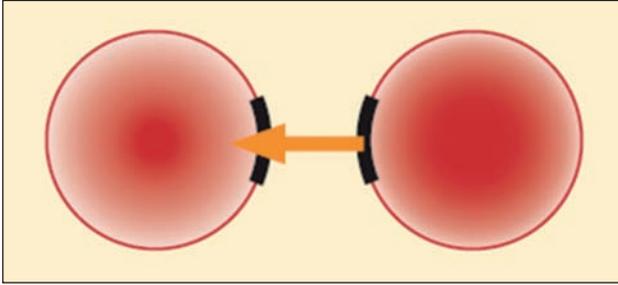
ello en muchas ocasiones no son en la práctica utilizables.

- Diseño y construcción de los locales con materiales resistentes al fuego y a la onda de presión en aquellos locales donde la presencia de personal es permanente o asidua (salas de controles) de modo que no se vean afectados en caso de explosión. En general, estas estructuras tienen una masa importante, para resistir las potenciales cargas derivadas de la onda de presión y la inercia de los elementos proyectados. Otro elemento clave es la ductilidad de los materiales, que les permite absorber gran cantidad de energía con o sin deformación pero sin rotura.

Las medidas técnicas presentadas u otras que pudiesen aplicarse en la prevención y protección contra explosiones requieren un cuidadoso estudio de las características de las sustancias, equipos,



Figura 37 - Los sistemas de descarga de la explosión deben instalarse de manera que la descarga se produzca a lugar seguro sin afectar a otros equipos ni a los trabajadores.



*Figura 38 - La colocación inadecuada de estos sistemas puede tener efectos catastróficos ya que la descarga podría producir la ignición y explosión de los equipos adyacentes.*

procesos y actividad, para su correcta selección al ámbito donde se van a instalar.

Su instalación, mantenimiento y revisiones correctos son aspectos imprescindibles para garantizar su correcto funcionamiento. Deben cumplirse estrictamente las instrucciones del fabricante y aquellas que estén reflejadas, si es el caso, en el documento de protección contra explosiones respecto al mantenimiento, revisiones, verificaciones y supervisiones.

Estos sistemas mal instalados, mantenidos o revisados pueden multiplicar los efectos adversos de una explosión.

## APÉNDICE 4: EQUIPOS PARA USO EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Este apéndice tiene como objetivo fundamental presentar los principales elementos de interés para una adecuada selección y utilización de equipos para su uso en atmósferas explosivas, debiendo distinguir dos situaciones: equipos adquiridos con posterioridad al 30 de junio de 2003 (equipos certificados) y equipos adquiridos con anterioridad a dicha fecha (equipos no certificados).

Adicionalmente se introducen una serie de consideraciones relativas a la modificación y reparación de equipos.

A continuación se desarrollan cada uno de los elementos referidos.

### EQUIPOS CERTIFICADOS

Legislativamente, estos equipos vienen regulados por el Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, que traspone la Directiva Comunitaria 94/9/CE y en el cual se fijan los criterios (requisitos esenciales de salud y seguridad) que deben cumplir los equipos objeto de su ámbito de aplicación para resultar intrínsecamente seguros si se utilizan conforme a su destino. Igualmente, en dicho Real Decreto se describen los procedimientos (denominados "módulos") de evaluación de conformidad para las distintas categorías de aparatos.

Desde el punto de vista práctico para el usuario, la aplicación de esta disposición legislativa supone que el equipo cumple con los requisitos de seguridad y debe venir acompañado de una serie de elementos informativos que deben permitir una adecuada selección y utilización del mismo; estos elementos informativos se pueden concretar en dos aspectos: marcado y manual de instrucciones; sus principales características son las que se reseñan a continuación.

### Marcado

Al hablar del marcado de equipos para uso en atmósferas explosivas, se deben distinguir dos elementos claramente diferenciados:

1. Marcado de conformidad con la Directiva 94/9/CE.

2. Marcado normativo, complementario del anterior, y que está básicamente orientado a permitir una utilización segura del equipo (en términos de instalación, mantenimiento y uso), haciendo referencia a elementos tales como modos de protección empleados en el diseño y construcción del mismo, grupo de gases para el que está destinado o clase de temperatura del equipo.

A continuación se presentan las principales características de cada uno de ellos:

#### 1. Marcado de conformidad con la Directiva 94/9/CE

Se pueden distinguir cuatro tipos diferentes de estructura de marcado, dependiendo del tipo de elemento, a saber:

- 1.1 Marcado de aparatos
- 1.2 Marcado de sistemas de protección
- 1.3 Marcado de componentes
- 1.4 Marcado de material asociado

#### 1.1 Marcado de aparatos

Conforme a lo recogido en el RD 400/1996, se entenderá por "aparatos" las máquinas, los materiales, los dispositivos fijos o móviles, los órganos de control y la instrumentación, los sistemas de detección y prevención que, solos o combinados, se destinan a la producción, transporte, almacenamiento, medición, regulación, conversión de energía y transformación de materiales y que, por las fuentes potenciales de ignición que los caracterizan, pueden desencadenar una explosión.

La estructura característica del marcado de estos elementos es la que se presenta a continuación:

	Marca "CE"	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría	Símbolo de uso
Aparatos para uso en minería		XXXX		I	M1 M2	
Aparatos para usos industriales distintos a la minería		XXXX		II	1 2 3	G D G/D

donde:

- XXXX, en su caso, es un número de cuatro dígitos identificativo del organismo notificado de control que intervenga en la fase de control de la fabricación.

Para el caso de los equipos de categorías 1 y M1 (ver descripción de las categorías más adelante) y los motores de combustión interna y equipos eléctricos de categorías 2 y M2, este número aparecerá siempre.

Para el resto de equipos de categorías 2 y M2, y los equipos de categoría 3, la aparición o no de este número dependerá del módulo de evaluación por el que haya optado el fabricante (en el módulo denominado "control interno de la fabricación" el número no aparecerá, y en el denominado "verificación por unidad" sí aparecerá).

- I o II es el GRUPO al que pertenece el equipo, conforme se indica a continuación:

- El grupo I corresponde a aparatos y sistemas de protección para minería subterránea o zonas superficiales de las minas en las que se pueden presentar mezclas explosivas de gases y polvos. Este tipo de equipos queda fuera del alcance de la presente Guía Técnica.

- El grupo II corresponde al resto de aparatos y sistemas de protección para utilización en presencia de atmósfera explosiva. Será el grupo de los equipos utilizados en el ámbito de aplicación de la presente Guía Técnica.

El grupo al que pertenece el equipo es importante desde el punto de vista de la utilización, porque las pruebas de evaluación de la conformidad se realizan en condiciones diferentes<sup>35</sup>.

Por tanto, a la hora de utilizar los equipos es necesario respetar el grupo de utilización indicado en el marcado, y cualquier utilización fuera de este ámbito supondrá un uso no previsto por el fabricante en el cual ya no existe certeza de seguridad del equipo.

- M1 o M2, o bien 1, 2 o 3, es la CATEGORÍA del equipo; vendrá siempre indicada detrás del símbolo del grupo del equipo conforme se indica a continuación:

- M1 y M2 corresponden a equipos a utilizar en minería y diseñados para asegurar un nivel de

protección muy alto y alto, respectivamente. Son categorías relativas a equipos del grupo I, y en consecuencia quedan fuera del ámbito de aplicación de la presente Guía Técnica.

Para las categorías asociadas a los equipos del grupo II, a continuación se recogen las definiciones que para las mismas se incluyen en el RD 400/1996, así como sus campos de uso relacionados:

- **Categoría 1**, equipos para utilizar en actividades distintas a la minera y diseñados para asegurar un nivel de protección muy alto. Permanecen seguros en caso de averías extraordinarias.

Los aparatos de esta categoría están previstos para utilizarse en un medio ambiente en el que se produzcan de forma constante, duradera o frecuente atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases, vapores, nieblas o mezclas polvo-aire.

Los aparatos de esta categoría deben asegurar el nivel de protección requerido, aun en caso de avería infrecuente del aparato, y se caracterizan por tener medios de protección tales que:

- o bien en caso de fallo de uno de los medios de protección, al menos un segundo medio independiente asegure el nivel de protección requerido,

- o bien en caso de que se produzcan fallos independientes el uno del otro, esté asegurado el nivel de protección requerido.

Esta será la categoría de equipos a utilizar en zonas clasificadas como 0 o 20.

- **Categoría 2**, equipos para utilizar en actividades distintas a la minera y diseñados para asegurar un nivel de protección alto. Aseguran el nivel de protección en caso de perturbaciones frecuentes y fallos previsibles.

Los aparatos de esta categoría están destinados a utilizarse en un ambiente en el que sea probable la formación de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión.

Los medios de protección relativos a los aparatos de esta categoría asegurarán el nivel de protección requerido, aun en caso de avería frecuente o de fallos de funcionamiento de los aparatos que deban tenerse habitualmente en cuenta.

Esta será la categoría mínima de equipos a utilizar en zonas clasificadas como 1 o 21, y en conse-

<sup>35</sup> Así, por ejemplo, para los equipos a utilizar en minería en atmósferas gaseosas las pruebas de evaluación de la conformidad se efectúan con metano, mientras que en otro tipo de atmósferas explosivas (gasolinas, por ejemplo) existen otros tipos de gases que requieren que las pruebas de evaluación de la conformidad se realicen con otros gases de referencia.

cuencia en dichas zonas también será posible utilizar equipos de categoría 1 (categoría superior).

- **Categoría 3**, equipos para utilizar en actividades distintas a la minera y diseñados para asegurar un nivel de protección normal. Aseguran el nivel de protección durante su funcionamiento normal.

Los aparatos de esta categoría están destinados a utilizarse en un ambiente en el que sea poco probable la formación de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión y en que, con arreglo a toda probabilidad, su formación sea infrecuente y su presencia sea de corta duración.

Los aparatos de esta categoría asegurarán el nivel de protección requerido durante su funcionamiento normal.

Esta será la categoría mínima de equipos a utilizar en zonas clasificadas como 2 o 22, y en consecuencia en dichas zonas también será posible utilizar equipos de categorías 1 y 2 (categorías superiores).

- Para aparatos del grupo II, tras la categoría se incluirá la letra G y/o D, conforme se indica a continuación:

- G, para aparatos a utilizar en atmósferas explosivas debidas a gases, vapores o nieblas.
- D, para aparatos a utilizar en atmósferas explosivas debidas a la presencia de polvo.

- G/D para aparatos que pueden utilizarse tanto en atmósfera gaseosa, como debida a polvo. No obstante, ello no asegura que el equipo sea válido para atmósferas híbridas (coexistencia simultánea de ambos tipos de atmósferas); dicha circunstancia debe suponer una verificación específica del equipo para tal uso.

### 1.2 Marcado de sistemas de protección

Se entenderá por “sistemas de protección” los dispositivos, distintos de los componentes de los aparatos definidos anteriormente, cuya función es la de detener inmediatamente las explosiones incipientes y/o limitar la zona afectada por una explosión, y que se comercializan por separado como sistemas con funciones autónomas.

Desde el punto de vista del marcado, es preciso distinguir entre sistemas de protección autónomos y no autónomos.

El marcado de los sistemas de protección autónomos es similar al de los equipos pero para éstos no se especifica una categoría aunque sí el grupo y el tipo de sustancia explosiva (G o D o ambos). Con ello, la estructura característica del marcado, para actividades distintas a la minera, sería:

	Marca “CE”	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Símbolo de uso
Sistemas de protección autónomos		XXXX		II	G D GD

Los sistemas de protección no autónomos se entenderán como “componentes” y en su marcado no aparecerá la marca CE. En el siguiente punto se especifica detalladamente su marcado.

### 1.3 Marcado de componentes

Conforme se recoge en el RD 400/1996, debe entenderse por “componentes” las piezas que son esenciales

para el funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, pero que no tienen función autónoma.

Según se indica en el apartado 3 del artículo 8 del ya referido RD 400/1996, estos elementos están exentos de la fijación del símbolo CE (pero sí deben llevar el número del organismo notificado que interviene en la fase de control de la producción, si es el caso).

Así, la estructura característica del marcado, para actividades distintas a la minera, será:

	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría	Símbolo de uso
Componentes para usos industriales distintos a la minería	XXXX		II	1 2 3	G D G/D

cuyos elementos constitutivos ya han sido explicados en el punto 1.1 del presente apéndice.

### 1.4 Marcado de material asociado

El material asociado, tal como dispositivos de seguridad, control y regulación, como, por ejemplo, las protecciones de sobrintensidad de un sistema de potencia, y que sea necesario o contribuya al funcionamiento en condiciones seguras de los equipos situados en áreas de riesgo (zonas clasificadas) condicionará la

seguridad de dichos equipos y, en consecuencia, será también objeto del Real Decreto 400/1996.

En este caso, el marcado del material presenta la peculiaridad de que el número de categoría del equipo al cual va asociado (es decir, el equipo situado en la zona clasificada) debe ir incluido entre paréntesis, conforme se indica en el ejemplo que se presenta a continuación:

	Marca "CE"	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría equipo asociado	Símbolo de uso
Material asociado		XXXX		II	(1)	G

Para el caso concreto de este ejemplo, el dispositivo asociado tendrá circuitos de seguridad intrínseca "ia" (conforme a lo definido en la norma CEI 60079-11) y podrá conectarse a aparatos de categoría 1.

vapores inflamables y material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. A este respecto, cabe señalar que existen una serie de marcas comunes a ambos tipos de equipos y otras específicas, conforme se indica a continuación:

## 2. Marcado normativo

Como se ha indicado con anterioridad, el marcado normativo permitirá orientar una utilización segura del equipo (en términos de instalación, mantenimiento y uso), mediante la referencia a elementos tales como la temperatura superficial del equipo, tipo de gases en cuya presencia se puede utilizar el equipo, parámetros específicos del modo de protección, etc.

Esencialmente, se pueden distinguir dos tipos de marcado normativo, a saber:

1. Marcado de equipos eléctricos para uso en atmósferas explosivas
2. Marcado de equipos no eléctricos

A continuación se incluyen una serie de indicaciones relativas a posibles elementos que pueden aparecer en ambos tipos de marcado normativo (se obvian elementos obligatorios en dicho marcado, tales como denominación del fabricante, número de serie, etc. y se explican sólo aquellas marcas con aporte de información desde el punto de vista preventivo).

### 2.1 Marcado normativo de equipos eléctricos

Es preciso distinguir entre material eléctrico para atmósferas explosivas debidas a gases y

#### 2.1.1 Marcas comunes

*EEx o Ex*: es una redundancia heredada de las antiguas directivas (76/117/CEE y 82/130/CEE) que indica equipos destinados a atmósferas potencialmente explosivas. Con la adopción de las normas CEI de las series 60079 (gases) y 61241 (polvos) se está pasando paulatinamente del símbolo "EEx", propio de la serie de normas EN 500XX, al "Ex".

*Marcado especial de temperatura ambiente en servicio*: el material eléctrico habitualmente se diseña para su empleo en un rango de temperaturas ambiente de -20°C a +40°C; en caso de que se diseñe para un rango diferente, se considera un rango especial y debe ser marcado específicamente, incluyendo el símbolo  $T_a$  o  $T_{amb}$ , seguido del rango especial de temperatura (por ejemplo,  $-35^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 40^{\circ}\text{C}$ ).

En caso de no ser posible este marcado especial, en su caso, se incluirá en símbolo "X" al cual se hace referencia a continuación.

*Símbolos asociados al número del certificado (X o U), en su caso:*

X indica que el material certificado está sometido a unas condiciones especiales de fabricación o

uso para una utilización segura del mismo. Se incluye después de la referencia al certificado que aparece en el marcado y, normalmente, requiere consultar la documentación técnica (manual de instrucciones) del equipo.

U indica que el material certificado es un componente. Se incluye después de la referencia al certificado que aparece en el marcado.

### 2.1.2 Marcas propias de material para atmósferas gaseosas

*Símbolo del modo de protección:* hace referencia al/a los modo/s de protección utilizados en la construcción del equipo. Los modos de protección posibles en equipos eléctricos para uso en atmósferas gaseosas y sus símbolos asociados son los que se indican a continuación:

Equipos eléctricos (gases)	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Presurización	p (px, py, pz)
Encapsulado	m (ma, mb)
Relleno pulverulento	q
Inmersión en aceite	o
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca (equipos)	i (ia, ib)
Modos simplificados Protección "n"	nA, nC, nR, nL

En el mercado, el modo de protección principal aparecerá el primero (a la izquierda) y a continuación los modos de protección complementarios.

En el caso de material asociado adecuado para su instalación en áreas peligrosas (zona clasificada), los símbolos para el modo de protección deben incluirse entre corchetes, por ejemplo Ex d [ia] IIC T4, mientras que en el caso de material asociado no adecuado para su instalación en áreas peligrosas, tanto el símbolo "Ex" como los símbolos para el modo de protección deben incluirse entre corchetes, por ejemplo [Ex ia] IIC.

*Símbolo del grupo del material eléctrico:*

Puede ser:

I : Para minas con grisú

II, IIA, IIB y IIC: Para el resto de emplazamientos

Las letras A, B y C aparecerán cuando sea necesario en relación con el grupo de gases.

Los grupos de gases (A, B y C) se determinan normativamente (anexo A de la norma UNE-EN

50014) en función de dos parámetros de ensayo denominados Corriente Mínima de Inflamación (CMI), indicativo de la sensibilidad al arco eléctrico, e Intersticio Experimental Máximo de Seguridad (IEMS), correspondiendo el grupo A a los valores más altos de dichos parámetros (gases menos inflamables) y el C a los valores más bajos (gases más inflamables).

La correlación entre el grupo de certificación y grupos de gases en los que es posible su utilización es la que se refleja en la tabla siguiente:

Tipo de certificación	Grupo de gases de utilización
IIC	IIA, IIB, IIC
IIB	IIA, IIB
IIA	IIA

Complementariamente, puede establecerse el marcado para un gas particular. En este caso, el símbolo II se completará con la fórmula química de dicho gas (por ejemplo, IIH<sub>2</sub>).

*Símbolo de la clase de temperatura:*

Hace referencia a la temperatura superficial máxima permitida para la clase térmica, según se indica en la siguiente tabla:

Clase térmica	Temperatura Superficial Máxima Permitida (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Alternativamente se puede indicar la temperatura superficial máxima del equipo (por ejemplo, 400°C) o dicha temperatura conjuntamente con la clase, en cuyo caso dicha clase debe ponerse al final y entre paréntesis, por ejemplo 400°C (T1).

El material que tenga una temperatura máxima superficial superior a 450°C deberá tener solamente la indicación de la temperatura (por ejemplo, 575°C).

El material diseñado y marcado para la utilización en un gas particular no tiene que llevar referencia de temperatura.

La temperatura superficial máxima marcada (la cual lleva implícitos unos determinados márgenes de seguridad) no debe exceder la menor temperatura de inflamación de las atmósferas explosivas implicadas. No debe confundirse con el punto de inflamación (punto de ignición, punto de destello, "flash point").

**2.1.3 Marcas propias de material para uso en presencia de polvo inflamable**

*Símbolo del modo de protección:*

Equipos eléctricos (polvos)	
Modo	Símbolo
Envolvente	tD
Presurización	pD
Seguridad intrínseca	iaD ibD
Encapsulado	maD, mbD

*Indicación de la temperatura superficial máxima del equipo:*

La temperatura superficial máxima del equipo, marcada como un valor de temperatura, por ejemplo T 135°C.

En relación con esta temperatura superficial máxima, deben tomarse en consideración dos limitaciones (una relativa a nubes de polvo y otra relativa a capas de polvo) conforme se indica a continuación:

- Para el caso de nubes de polvo, la temperatura superficial máxima del aparato no debe exceder las dos terceras partes de la temperatura de autoignición en °C de la mezcla polvo / aire en cuestión, esto es:  $T_{m\acute{a}x} = 2/3 T_{cl}$ , donde  $T_{cl}$  es la temperatura de inflamación de la nube de polvo

- Para el caso de capas de polvo de hasta 5 mm de espesor, la temperatura superficial máxima del aparato no debe exceder un valor de 75 K por debajo de la temperatura mínima de inflamación para una capa de 5 mm de espesor del polvo en cuestión, esto es:  $T_{m\acute{a}x} = T_{5mm} - 75 K$ . Capas superiores a los 5 mm requerirán análisis particularizados.

En el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITC-MIE-BT026), anterior al actual RD 842/2002, se utilizaba la nomenclatura TIN (temperatura de inflamación en nube) y TIC (temperatura de inflamación en capa) con significado equivalente al arriba indicado.

*Símbolo del grado de protección (IP):*

El código IP se compone de dos dígitos. El primero de ellos hace referencia al grado de protección del equipo contra el ingreso de objetos extraños sólidos conforme a la siguiente escala:

Valor	Grado de estanqueidad
0	Sin protección
1	Protección contra objetos > 50 mm
2	Protección contra objetos > 12 mm
3	Protección contra objetos > 2,5 mm
4	Protección contra objetos > 1 mm
5	Protegido contra el polvo
6	Totalmente protegido contra el polvo

El segundo dígito hace referencia a la estanqueidad contra líquidos según una escala de 1 a 8 y, a efectos de prevención frente a atmósferas explosivas, resulta irrelevante (por lo que aquí se expresa con una X).

El material para uso en zona 22 debe ofrecer una estanqueidad mínima del tipo “Protegido contra el polvo”, con lo cual vendrá marcado en la forma IP 5X.

En la MI-BT 026 se indica que si el polvo es conductor, se exige IP 6X.

El material para uso en zona 20 o zona 21 debe ofrecer una estanqueidad mínima del tipo “Totalmente protegido contra el polvo”, con lo cual vendrá marcado en la forma IP 6X.

## 2.2 Marcado de equipos no eléctricos

La principal variante respecto a los equipos eléctricos, aparte de la ausencia del símbolo EEx o Ex, estriba en los modos de protección, los cuales se referencian a continuación:

Equipos mecánicos (no eléctricos)	
Modo	Símbolo
Envolvente de respiración restringida	fr
Envolvente antideflagrante	d
Seguridad inherente	g
Seguridad constructiva	c
Control de fuentes de ignición	b
Presurización	P
Inmersión en líquido	k

El resto de marcas posibles (grupo de gases, clase de temperatura, temperaturas superficiales, etc.) son idénticas a las descritas en el caso de los equipos eléctricos.

Como se ha indicado con anterioridad, el marcado normativo orienta acerca de las posibilidades de uso del equipo, debiendo respetarse estrictamente las indicaciones contenidas en el mismo.

Para ilustrar la cuestión en lo concerniente a la interpretación y valoración desde el punto de vista preventivo de la información aportada por el marcado normativo, considérese, a modo de ejemplo, un equipo marcado de la siguiente manera:

**II2G d IIB T4**

Este marcado indicaría que se trata de un equipo mecánico para utilización en actividades distintas a la minería, de categoría 2, para atmósferas gaseosas, dotado de envolvente antideflagrante como modo de protección, utilizable en presencia de gases de los grupos A y B, y cuya temperatura superficial máxima es de 135 °C; la

utilización de este equipo en presencia de un gas del grupo C (hidrógeno, por ejemplo) o de un gas que tuviera una temperatura de autoinflamación inferior a 135 °C supondría un riesgo de explosión.

A modo de resumen, se incluyen a continuación una serie de ejemplos de marcado que sintetizan las distintas posibilidades presentadas en los puntos anteriores.

### a) Equipo de categoría 2

<b>Normativo</b>	EEx i <sub>b</sub> d IIC T4 Ui: 15 V Pi: 1,3 W LOM 99ATEX1234 X
<b>Directiva</b>	

Donde: 99 son los dos últimos dígitos del año de emisión del certificado y “1234” es el número de certificado emitido por el Organismo Notificado. Al aparecer el símbolo X detrás de dicho número, será preciso consultar el manual del fabricante, pues el equipo está sometido a unas condiciones especiales de fabricación o uso para una utilización segura del mismo.



Figura 39 - Marcado de equipos no eléctricos.

b) Equipo eléctrico para gas de categoría 3

CE  $\text{Ex}$  II 3G Ex nA IIC T3

c) Equipo no eléctrico para gas de categoría 2

CE  $\text{Ex}$  II 2G cgk IIC T3

d) Equipo no eléctrico para polvo de categoría 2

CE  $\text{Ex}$  II 2D c 110°C

e) Sistema de protección (Panel de venteo)

LOM 99ATEX1234

CE 0163  $\text{Ex}$  II GD



Figura 40 - Marcado de sistema de protección

f) Sistema de control o regulación (equipo asociado de seguridad intrínseca)

LOM 05ATEX1234 X

CE 0163  $\text{Ex}$  II (1) G[ Ex ia ] II C

Uo: 15 V Pi: 1,3 W .....

Como puede observarse en el marcado normativo, al estar incluidos dentro del corchete tanto el símbolo Ex, como el modo de protección (ia), este equipo asociado no es apto para su instalación en área peligrosa.

Por otro lado, como se observa en el marcado de conformidad con la Directiva, este material asociado (el cual debe ser instalado en zona no peligrosa) es apto para su conexión a un equipo de categoría 1.

g) Componente eléctrico (Borne de seguridad aumentada)

LOM 05ATEX1234 U

0163  $\text{Ex}$  II 2G Ex e IIC T6

h) Componente no eléctrico

$\text{Ex}$  II 2G c II

NOTA:

El código de Organismo Notificado (por ejemplo, 0163 en el caso del LOM, único Organismo Notificado por España) se aplica a productos que han sufrido un proceso de evaluación de conformidad en lo referente al control de fabricación.

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

El manual de instrucciones del equipo será un referente de gran importancia desde el punto de vista preventivo, en tanto en cuanto constituirá el principal vehículo comunicativo entre el fabricante del equipo y el usuario final, y en él se recogerán elementos tales como explicación de las marcas, condiciones adversas de uso del equipo, etc.

De hecho, se trata de un requisito esencial sobre seguridad y salud más y, en consecuencia, sus contenidos serán revisados por el organismo notificado de control que intervenga en los módulos de certificación relativos a la fase de diseño.

Cada aparato y sistema de protección deberá ir acompañado de instrucciones que contengan, como mínimo, las siguientes indicaciones conforme a lo recogido en el anexo II del RD 400/1996:

- El recordatorio de las indicaciones previstas para el marcado, que se completará eventualmente con aquellas indicaciones que faciliten el mantenimiento (como, por ejemplo, la dirección del importador, del reparador, etc.)
- Instrucciones que permitan proceder sin riesgos:

A la puesta en servicio, a la utilización, al montaje y desmontaje, al mantenimiento (reparación incluida), a la instalación y al ajuste.

- En su caso, la indicación de las zonas peligrosas situadas frente a los dispositivos de descarga de presión.
- En su caso, las instrucciones de formación.
- Las indicaciones necesarias para determinar con conocimiento de causa si un aparato de una categoría indicada o un sistema de protección puede utilizarse sin peligro en el lugar y en las condiciones que se hayan previsto.
- Los parámetros eléctricos y de presión, las temperaturas máximas de superficie u otros valores límite.
- En su caso, las condiciones especiales de utilización, comprendidas las indicaciones respecto a un posible mal uso del aparato que sea previsible según muestre la experiencia.

Cada aparato o sistema de protección deberá ir acompañado, en el momento de su puesta en servicio, del manual original y de su traducción al idioma o a los idiomas del país de utilización.

La traducción correrá a cargo del fabricante o de su representante establecido en la Unión Europea, o bien del responsable de la introducción del aparato o del sistema de protección en la zona lingüística de que se trate.

Sin embargo, cuando vaya a ser utilizado por personal especializado que dependa del fabricante o de su representante, el manual de instrucciones podrá redactarse en sólo una de las lenguas comunitarias que entienda dicho personal.

Las instrucciones incluirán los planos y esquemas necesarios para la puesta en servicio, mantenimiento, inspección, comprobación del funcionamiento correcto y, en su caso, reparación del aparato o del sistema de protección, así como todas aquellas instrucciones que resulten útiles, especialmente en materia de seguridad.

Toda documentación de presentación del aparato o del sistema de protección deberá coincidir con las instrucciones en lo que se refiere a los aspectos de seguridad.

### EQUIPOS NO CERTIFICADOS

Estos equipos se habrán adquirido con anterioridad al 30 de junio de 2003 y, conforme a lo establecido en el Anexo II del Real Decreto 681/2003, la instalación, los aparatos, los sistemas de protección y sus correspondientes dispositivos de conexión sólo se pondrán en funcionamiento si el documento de protección contra explosiones indica que pueden usarse con seguridad en una atmósfera explosiva.

Será por tanto preciso realizar una valoración acerca de su seguridad de uso. Para valorar dicho nivel de seguridad, el parámetro a considerar debe ser el modo de protección utilizado en la construcción del equipo, entendiéndose como tal las reglas constructivas para el empleo seguro de los equipos en una atmósfera explosiva.

Para el caso de equipos eléctricos estos modos aportan tres tipos diferentes de soluciones, a saber:

- a) Reducir la energía o impedir su aporte (en forma de chispas o arcos)
- b) Separar la fuente de energía de la atmósfera explosiva
- c) Confinar la explosión, controlando sus efectos

Los modos habitualmente utilizados en equipos fabricados con anterioridad al 30 de junio de 2003 se indican en la siguiente tabla:

Equipos mecánicos	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Presurización	p
Encapsulado	m
Relleno pulverulento	q
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca (equipos)	i(a,b)
Seguridad intrínseca (sistemas)	SYS
Simplificadon	(A/C/R)
Especial	s

Normalmente, estos equipos dispondrán de un certificado de conformidad europeo conforme a la Directiva del Viejo Enfoque 76/117/CEE en la cual aparecerán reseñados los modos utilizados.

La solución aportada por cada uno de ellos sería la que se indica a continuación:

Solución	Modo de protección
Reducir energía	e, ia, ib, nA, nC
Separar fuente	p, m, q, o, nR, nC
Confinar explosión	d

Teniendo en cuenta los niveles de protección ofrecidos por cada uno de los modos, los cuales están directamente relacionados con el tipo de solución aportada por ellos, se puede establecer, a título orientativo, una indicación de los modos más adecuados para cada una de las zonas de riesgo.

Así, por ejemplo, el Laboratorio Oficial Madariaga (único Organismo Notificado por España para actuar en el ámbito de la Directiva 94/9/CE) establece la siguiente interpretación a la hora de evaluar la adecuación de los modos (cfr. "Breve guía sobre productos e instalaciones en atmósferas explosivas". Fernández Ramón, C.; García Torrent, J.; Vega Remesal, A. Laboratorio Oficial J.M. Madariaga. Madrid, 2003):

Zona de riesgo	Modos más adecuados
Zona 0	ia
Zona 1	d, e, ia, ib, m, o, p, q
Zona 2	n

Para el caso de emplazamientos con polvo (zonas 20, 21 y 22) habrá que valorar la estanqueidad y la temperatura superficial máxima del equipo, siendo válidas las indicaciones presentadas a este respecto en el punto 2.1.3 del presente apéndice.

En el caso de equipos no eléctricos (equipos mecánicos), habrá que proceder a una adecuación por reconfiguración de los mismos, tal y como se define en el apartado siguiente ("Modificación y reparación de equipos") del presente apéndice. A este respecto, en la ya referida publicación del Laboratorio Oficial Madariaga, se incluye la tabla siguiente en la que se establece una correlación entre los distintos modos de protección posibles y su validez para las distintas zonas clasificadas:

Zona de riesgo	Modos más adecuados
Zona 0 y Zona 20	g, c
Zona 1 y Zona 21	d, b, p, k
Zona 2 y Zona 22	fr

## MODIFICACIÓN Y REPARACIÓN DE EQUIPOS

Al hablar de modificación y reparación de equipos es preciso definir el nivel de modificación asociado a la operación efectuada. A este respecto, y en el contexto ATEX, se consideran dos grandes niveles de modificación con diferentes subniveles, conforme se describe a continuación:

1. Modificaciones que no afecten a ningún requisito esencial de seguridad y salud ni a la integridad de ningún modo de protección. En este caso se habla de modificación no sustancial. Se distinguen tres posibilidades de actuación (subniveles): reacondicionado sin modificación sustancial, reconfigurado sin modificación sustancial y reparado.

2. Modificaciones que afecten a algún requisito esencial de salud y seguridad o que afecten a la integridad de algún modo de protección. En este caso se habla de modificación sustancial. Se distinguen dos posibilidades de actuación (subniveles): reacondicionado con modificación sustancial y reconfigurado con modificación sustancial.

La definición de cada uno de los conceptos manejados es la que se indica a continuación:

### Equipo reacondicionado

Es aquel cuyo rendimiento ha cambiado con el paso del tiempo (por motivos de envejecimiento, obsolescencia, etc.) y por eso se ha modificado con fines de restauración. En este caso el aspecto externo del equipo se ha modificado y mejorado mediante una operación cosmética o estética después de haberlo comercializado y puesto en servicio, lo que constituye una forma especial de renovación encaminada a la restitución del aspecto externo del producto.

### Equipo reconfigurado

Es aquel equipo usado cuya configuración se ha modificado mediante la adición (ampliación) o sustracción (reducción) de una o más piezas (componentes, subconjuntos como tarjetas o módulos enchufables, etc.).

### Equipo reparado

Es aquel cuya funcionalidad se ha restituido tras un defecto, sin que se hayan añadido nuevas

características ni se hayan realizado modificaciones de ninguna otra clase. Es preciso señalar que las reparaciones deben efectuarse con piezas de recambio originales o equivalentes y siguiendo las instrucciones de mantenimiento del fabricante. A este respecto, debe entenderse como pieza de recambio cualquier elemento con el que se pretenda sustituir una pieza estropeada o gastada de un producto que previamente se haya puesto en servicio y comercializado en la UE. Si el fabricante de la pieza de recambio original ofrece en su lugar una nueva y diferente (por motivos de progreso técnico, por haberse dejado de fabricar la pieza antigua, etc.) y ésta se utiliza para la reparación por sustitución, no es preciso adoptar ninguna medida para que el producto reparado sea conforme al RD 400/1996, a menos que se produzca una modificación sustancial al efectuar el recambio.

Para el caso de equipos eléctricos, la reparación se llevará a cabo con las consideraciones recogidas en la norma UNE 202003-19. A resultas de la misma se fijará el siguiente marcado sobre el equipo reparado:

- el símbolo apropiado, conforme a dos posibilidades:

a) Si el equipo reparado cumple con la norma y el certificado:



b) Si el equipo reparado cumple con la norma, pero no puede garantizarse el cumplimiento del certificado:



- el número de la norma UNE 202003-19
- el nombre del mecánico o su marca registrada
- el número de referencia del mecánico relativo a la reparación
- la fecha de la reparación

En el caso de equipos reacondicionados o reconfigurados en los que se produzca una modificación sustancial, para que el equipo se encuentre en situación legal será necesaria la reevaluación de la Conformidad según el RD 400/1996 por parte de un Organismo Notificado.

## APÉNDICE 5: FUENTES DE IGNICIÓN. ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Para inflamar una atmósfera explosiva es necesaria la presencia de una fuente de ignición que proporcione la energía suficiente para producir la ignición de la mezcla inflamable. Si bien es así, puede ocurrir que no todas las fuentes de ignición identificadas tengan la energía necesaria para inflamar la atmósfera explosiva. Para basar las medidas preventivas en dicho parámetro se reitera que como en otras propiedades de las sustancias inflamables, la energía mínima de inflamación (EMI) se determina en condiciones conocidas de presión, temperatura, turbulencias... que obviamente pueden, o no, coincidir con las condiciones ambientales del lugar de trabajo. Además, muchas mezclas inflamables necesitan energías de inflamación tan bajas que décimas de milijulios (0,1 mJ) serían suficientes para provocar la ignición, incluso algunas como el hidrógeno, el acetileno y el disulfuro de carbono se inflamarán aun por debajo de este valor.

Por ello y por la dificultad de determinar la energía de determinadas fuentes de inflamación, hay que evitar cualquier fuente de ignición no controlada que esté o pueda estar presente en las áreas con riesgo de explosión independientemente de cuál sea su efectividad energética<sup>36</sup> y la clasificación de la zona donde se presente.

Se analizan a continuación las fuentes de ignición más comunes y las medidas específicas para su control; especialmente se dedica un apartado completo, al final del apéndice, a la electricidad estática.

**Superficies calientes:** pueden ser evidentes, como el caso de estufas, calentadores..., otras veces se asocian al propio funcionamiento de los equipos o a las condiciones del proceso, calentamiento de equipos, fluidos calientes circulando por tuberías, y también hay que considerar situaciones no previstas como fricciones o rozamientos por desgastes o falta de lubricación.

Hay que prestar atención a la superficie prevista para la disipación de calor. Por ejemplo, si se pintan las tuberías o los equipos, se está obstaculizando la disipación del calor producido. El mismo efecto tendría la acumulación de polvo.

El riesgo aumenta cuanto mayor sea el tamaño y la temperatura de la superficie caliente, y depende del tiempo de contacto de la atmósfera inflamable con la superficie caliente.

Para el caso de equipos, hay que verificar el marcado de temperatura según se ha indicado en el apéndice 4 "*Equipos para uso en atmósferas explosivas*".

**Llamas y gases calientes:** las llamas aparecen con reacciones de combustión a temperaturas superiores a 1000°C. Además, como productos de reacción se obtienen gases a altas temperaturas y se pueden producir partículas incandescentes.

Cualquier tipo de llama, por pequeña que sea, tiene energía suficiente para inflamar una atmósfera inflamable.

Los gases calientes procedentes del funcionamiento de motores de combustión de vehículos, aunque no alcanzan temperaturas tan elevadas como los productos de combustión que acompañan a las llamas, también deben evaluarse como fuentes de ignición. Es necesario controlar la circulación de vehículos para evitar la coexistencia de dichos gases con atmósferas explosivas así como la posibilidad de que accedan a otras áreas a través de rejillas o huecos comunicantes. En el tubo de escape de motores de combustión, aparte de los gases calientes, también pueden salir partículas incandescentes y llamaradas o fogonazos, fuentes potentes de ignición. Se pueden instalar protecciones del tipo apagallamas. Sin embargo, desde el punto de vista higiénico por la toxicidad de los gases de escape, se recomienda su control y evaluación para uso en interiores (véanse las figuras 41 y 42).

**Chispas de origen mecánico:** el movimiento relativo entre objetos, componentes de maquinaria y materiales en contacto generan un aumento de temperatura debido a la fricción. En algunos materiales este aumento de temperatura irá acompañado del desprendimiento de partículas incandescentes en forma de chispas. Estas chispas, a altas temperaturas, pueden inflamar la atmósfera explosiva.

<sup>36</sup> En algunas ocasiones las medidas preventivas se basan en la afirmación de que la fuente de ignición no tendrá la energía suficiente para inflamar la atmósfera explosiva de que se trate. Debido a la influencia de los parámetros indicados, es de suponer que todos ellos, así como las posibilidades de variación, han sido tenidos en cuenta. De cualquier forma, no se recomienda la aplicación de estas afirmaciones si no van acompañadas de medios para evitar la aparición de dicha fuente de ignición.



Figura 41 - Caja ignífuga de sistema de combustible.



Figura 42 - Enfriador de gases de escape refrigerado por agua en primer plano y válvula de seguridad en segundo plano.

La utilización<sup>37</sup> de herramientas manuales en ambientes inflamables o explosivos puede ser origen de chispas con suficiente energía para iniciar una deflagración. Fundamentalmente se puede hablar de dos posibles orígenes de la fuente de ignición:

1. Ignición por fricción de las herramientas entre sí o con otros materiales.
2. Ignición debida a una chispa de origen químico por el impacto entre ciertos metales y algunas sustancias que contienen oxígeno. Es especialmente importante la chispa generada por el contacto entre la herrumbre y metales ligeros (por ejemplo, aluminio y magnesio) y sus aleaciones. La chispa generada en este caso alcanza una mayor temperatura y es de mayor duración que en el punto anterior.

Una selección adecuada de materiales, el engomado de superficies, el revestimiento de las zonas afectadas por herrumbre o el trabajo en ambientes húmedos, puede evitar su aparición.

**Aparatos eléctricos:** los aparatos eléctricos pueden ser fuentes de ignición debido al calor que alcanzan sus superficies y como resultado de arcos eléctricos y/o chispas generados por trabajos incorrectos, mantenimiento deficiente de los elementos de corte, maniobras de conexión y desconexión, cortocircuitos por conexiones erróneas o por trabajos inadecuados, superficies calientes de equipos o instalaciones por sobrecargas de intensidad, chispas producidas por corrientes parásitas,

chispas producidas por descargas electrostáticas y chispas producidas entre colectores y escobillas en ciertos motores eléctricos de corriente continua o universales<sup>38</sup>. El aumento de temperatura de los conductores se produce siempre que circula la energía eléctrica, el tipo de protección frente al riesgo de ignición de origen eléctrico está regulado en la ITC- BT -29 del REBT. Este mismo Reglamento indica que las conexiones y la instalación deben estar realizadas por personal cualificado.

Hay que señalar que la muy baja tensión de seguridad (24/50V) está concebida para la protección de las personas contra los choques eléctricos y no constituye una medida para la protección contra la explosión. Es de reseñar las potentes chispas por manipulaciones con herramientas por contactos entre masas metálicas y el borne positivo de baterías de 12 V.

Se verificará el marcado de los equipos eléctricos según se ha indicado en el apéndice 4 "Equipos para uso en atmósferas explosivas" (véase la figura 43).

**Electricidad estática:** los riesgos de ignición por electricidad estática se dan cuando se produce una descarga (en forma de chispas) como resultado de una acumulación de carga. Más adelante, en este apéndice, se trata esta fuente de ignición en particular.

**Reacciones exotérmicas y autoignición de polvos:** las reacciones exotérmicas pueden actuar como una fuente de ignición cuando la velocidad a la que se genera el calor desprendido de la reacción es mayor que la velocidad de disi-

<sup>37</sup> Guía Técnica del INSHT relativa al Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

<sup>38</sup> En la Guía Técnica del INSHT relativa al Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, para la evaluación y prevención del Riesgo Eléctrico, se contemplan más situaciones en que se pueden producir chispas o arcos de origen eléctrico.

pación del mismo. De ahí la importancia de un sobredimensionado de la capacidad de refrigeración de equipos que puedan originar esta fuente de ignición.



Figura 43 -Armazones ignífugos.

El calentamiento espontáneo se produce como consecuencia de reacciones de oxidación exotérmicas, generalmente lentas que se dan entre algunos materiales y el oxígeno del aire. También puede deberse a reacciones de oxidación de origen biológico.

**Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia de  $10^4$  Hz a  $3 \cdot 10^{12}$  Hz:** todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia o sistemas de radiofrecuencia (emisores de radio, generadores RF médicos o industriales para calentamiento, secado, endurecimiento, soldo, oxicorte...) generan ondas electromagnéticas. Estos equipos usados en zonas de riesgo deben ser valorados como equipos eléctricos considerando además los efectos de las ondas electromagnéticas por sí mismas.

Los conductores o partes conductoras en las inmediaciones de campos electromagnéticos pueden actuar como antenas receptoras. Si son suficientemente efectivos y el campo es suficientemente potente, en virtud de la distancia y la potencia del transmisor, existirá la posibilidad de provocar la ignición de la atmósfera inflamable.

**Ondas electromagnéticas de  $3 \cdot 10^{11}$  Hz a  $3 \cdot 10^{15}$  Hz:** la radiación entre el infrarrojo y el ultravioleta puede ser también fuente de ignición. Especialmente cuando está concentrada, puede ser absorbida por la propia atmósfera explosiva o por las superficies sólidas provocando la inflamación de dicha atmósfera.

Por ejemplo, la radiación solar puede desencadenar una ignición si existen objetos que produzcan la convergencia de la radiación (lentes, botellas, reflectores...).

## ELECTRICIDAD ESTÁTICA

### ¿QUÉ ES? Parámetros que intervienen

Los cuerpos están formados por átomos, que a su vez están compuestos del mismo número de cargas negativas (electrones) y positivas (protones), es decir, son eléctricamente neutros.

Cuando se produce un movimiento relativo entre las superficies de dos materiales diferentes, sean éstos sólidos, líquidos o gaseosos, se genera energía suficiente para permitir la transferencia de electrones de un material a otro. La polarización de estas superficies produce un desequilibrio temporal en la distribución de las cargas en la superficie de los dos materiales creando un campo eléctrico y una diferencia de potencial que puede ser muy elevada.

Este efecto será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de conductividad eléctrica entre ambas superficies.

Estos materiales, al quedar cargados positiva o negativamente, tienden a neutralizarse cuando se ponen en contacto con un cuerpo conductor, produciéndose una descarga en forma de chispas<sup>39</sup>.

Uno de los parámetros más importantes para conocer la tendencia de dos materiales en contacto para transferirse carga es la resistividad o resistencia específica, es decir, la mayor o menor capacidad de un material para permitir la movilidad de las cargas a través del mismo. Se considera que un material o una sustancia no son buenos conductores de la electricidad si su resistencia específica o resistividad eléctrica es superior a  $10^9 \Omega \cdot m$ .

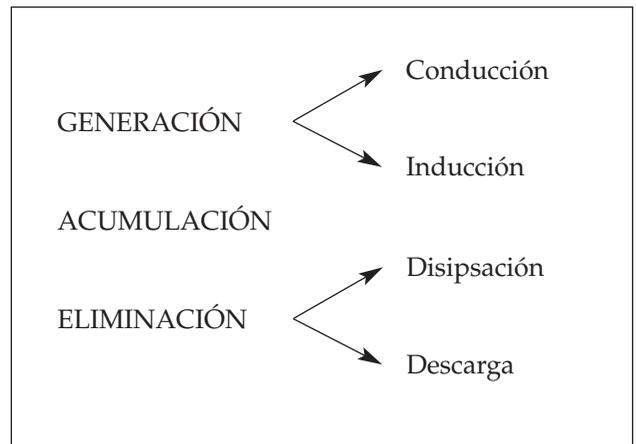
Cuanto mayor sea la resistividad de un material, más difícil será la disipación de las cargas estáticas que se acumulen en la superficie aumentando la energía aportada en la descarga y por lo tanto incrementando la energía de activación transferida.

La cantidad de energía transferida determina la peligrosidad de una descarga y se manifiesta en forma de chispa de ruptura de la rigidez dieléctrica del medio aislante existente, normalmente el aire, entre las superficies cargadas. Esta manifestación energética por la recombinación de cargas es la que puede actuar como foco de ignición, si la misma alcanza el nivel de la energía de activación (EMI) de la atmósfera explosiva.

Además, la magnitud de la carga estática producida depende, entre otros factores, de la velocidad de separación y/o fricción entre las superficies de ambos materiales. También intervienen otros parámetros, como el estado de oxidación de la superficie de frotamiento, la presencia de humedad y partículas extrañas (impurezas, óxidos, etc.), la naturaleza de los metales y aleaciones en el caso de recipientes y tuberías, la temperatura de los materiales en contacto, etc.

### CÓMO SE PRODUCE Y CÓMO SE ELIMINA

Una prevención adecuada de la electricidad estática conlleva conocer en qué procesos puede generarse, cómo se acumulan las cargas y cómo pueden disiparse sin que se origine un foco de ignición.



### GENERACIÓN

La generación de electricidad estática se puede producir por conducción o por inducción:

#### Conducción:

Es el mecanismo más habitual de generación de electricidad estática y se produce mediante la fricción entre dos materiales diferentes que se han puesto en contacto. Puede ocurrir en procesos tales como:

- Cintas transportadoras y elevadores de cangilones (papel, tela, carbón, grano de cereal, etc.).

<sup>39</sup> Dependiendo del tipo de material, las superficies de contacto,... se pueden generar distintos tipos de descarga electrostática, chispa, cono, brocha...; en cualquier caso se podría desprender la energía suficiente para producir la inflamación de la atmósfera explosiva.

- Trasvase de líquidos no conductores: en general, los disolventes orgánicos son las sustancias que presentan una mayor peligrosidad, debido a su elevada resistividad eléctrica. La generación de electricidad estática se produce por la fricción de los líquidos con la superficie sólida a través de la cual fluyen, a su paso por canalizaciones, filtros, válvulas, bombas, bocas de impulsión, etc., al caer el líquido en el interior de recipientes para su llenado, con el consiguiente rozamiento del mismo con las paredes, generando turbulencias y salpicaduras, y en procesos de agitación al remover el líquido en el recipiente contenedor, incluso en el movimiento durante el transporte.

- Flujo de gases por boquillas y/o contra objetos conductores (en especial si están contaminados con óxidos o partículas líquidas o sólidas).

- Procesos de separación de materiales (ciclones, filtros, etc.).

- Transporte y trasvase de polvos y fibras (piensos, almidón, polvos metálicos,...).
- Caminar sobre superficies aislantes.
- Contacto simple con un material cargado estáticamente.

A este efecto, se debe tener en cuenta que unas sustancias son más peligrosas que otras en función de la resistividad del fluido que esté siendo manipulado.

**Inducción:**

También se pueden producir cargas estáticas mediante el fenómeno de la inducción electrostática, que consiste en un reordenamiento superficial de las cargas de un material cuando éste se aproxima a otro que está cargado estáticamente. Como resultado, la distribución inicial de cargas del cuerpo neutro se altera, apareciendo cargas eléctricas inducidas (véanse las figuras 44 a a 44d).

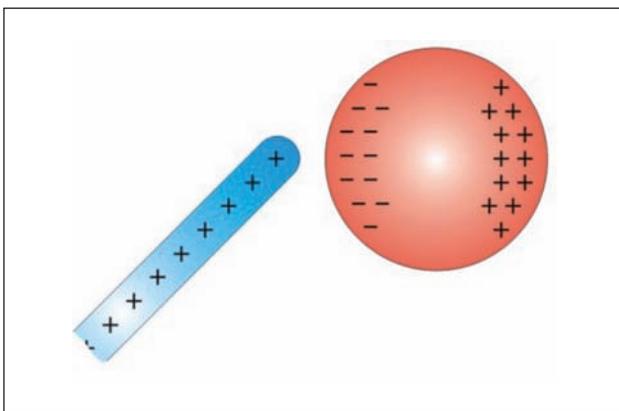


Figura 44 a - La barra tiene un exceso de carga positiva. La esfera está eléctricamente neutra. Cuando se acerca la barra a la esfera aparecen cargas inducidas por efecto de la atracción – repulsión que experimentan.

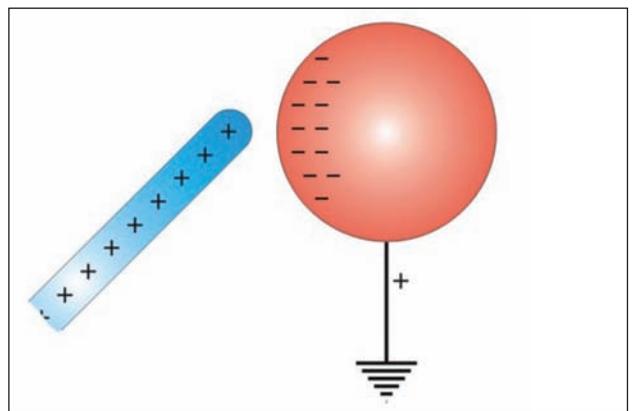


Figura 44 b - Manteniendo la barra fija, se conecta la esfera a tierra, anulándose en ésta el exceso de carga positiva y permaneciendo la carga negativa atraída por la carga de la barra.

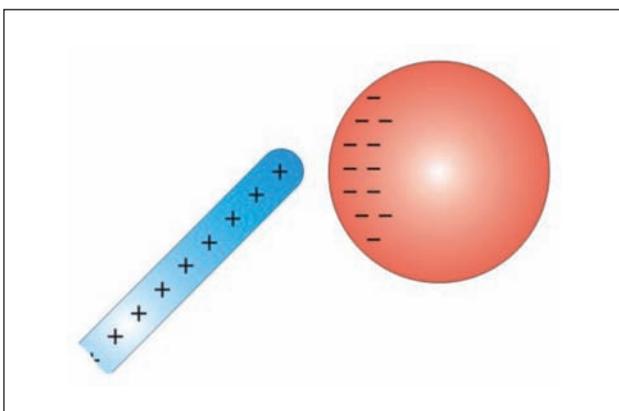


Figura 44 c - Cuando se retira la conexión a tierra, la esfera se queda cargada negativamente.

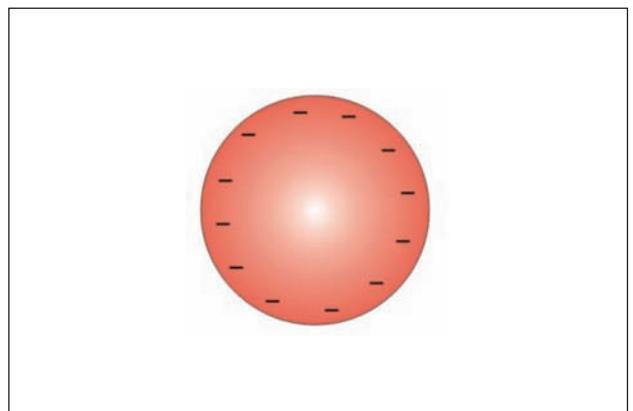


Figura 44 d - Se retira la barra y la carga de la esfera se redistribuye por todo su volumen, ya que se trata de un objeto conductor.

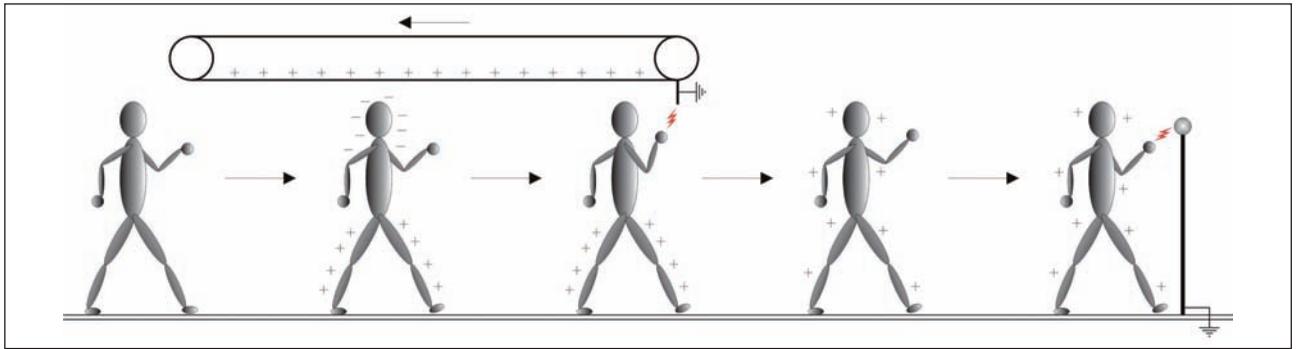


Figura 45 - Inducción electrostática.

Por ejemplo, cuando un trabajador con calzado aislante circula junto a una cinta transportadora cargada, va a experimentar una migración de cargas eléctricas como la que aparece en la figura siguiente; posteriormente, al tocar con la parte superior de su cuerpo un elemento conductor que esté puesto a tierra, va a disipar el exceso de cargas producidas por la migración, quedándose cargado con un exceso de carga del mismo signo que el de la cinta transportadora. Posteriormente puede originar una descarga al acercarse a un objeto conductor con distinta carga o que esté puesto a tierra (véase la figura 45).

#### Acumulación:

Tanto por procesos de conducción como de inducción, la acumulación de cargas estáticas se puede producir tanto en materiales no conductores (plásticos, caucho, tejidos sintéticos de trabajadores o del local de trabajo, etc.) como en materiales conductores aislados eléctricamente de tierra y de cualquier otro material (productos, equipos, conductos, recipientes, herramientas, etc.).

Siempre que las cargas electrostáticas generadas no tengan una vía eléctricamente válida para moverse, ya sea entre materiales o a tierra, quedarán acumuladas en el material donde se han generado.

## ELIMINACIÓN

#### Disipación:

La disipación de cargas estáticas consiste en la redistribución de las mismas en los cuerpos que han sufrido un desequilibrio previo. El mecanismo y, sobre todo, la velocidad a la que se produce la disipación de cargas dependen esencialmente de la conductividad entre el cuerpo cargado y/o su camino a tierra, ya sea por conexión directa con tierra, ya sea a través de otro cuerpo conductor conectado a su vez a tierra.

#### Descarga:

Si no se consiguen disipar las cargas acumuladas, los materiales permanecerán cargados hasta que la tensión generada por la superficie cargada sea superior a la rigidez dieléctrica del medio en contacto con la misma, momento en que se producirá la descarga.

Cada tipo de descarga se caracteriza por las situaciones y los materiales que las propician.

Las descargas en las que se concentra una mayor energía y que son, por tanto, más peligrosas como fuentes de ignición, son las que se producen en forma de arco. Éstas pueden tener lugar en conductores aislados que han sufrido una acumulación de carga y que se descargan hacia otro conductor cercano.

Las descargas desde cuerpos aislantes hacia conductores se producirán si la acumulación de carga electrostática en los primeros es muy elevada. En este caso, generalmente, la descarga se realiza en varios puntos simultáneamente adoptando la forma de cepillo o abanico. No obstante, la descarga de una superficie por un solo punto es la más peligrosa, al eliminar la totalidad de la energía superficial de forma conjunta.

Por otra parte, como ya se ha visto, las personas también pueden ser un vehículo para la disipación de cargas electrostáticas, bien sea porque las haya generado en su superficie, bien como receptor de las mismas desde otro cuerpo.

Las descargas desde o hacia personas pueden suceder de cualquiera de estas formas:

- entre una persona en contacto con tierra y un cuerpo conductor o aislante que estén cargados;
- entre una persona cargada y un conductor conectado a tierra;
- entre una persona cargada y un conductor aislado.

## Descargas producidas por los trabajadores:

Además de los procesos indicados anteriormente, hay que prestar especial atención a la acumulación de carga eléctrica en los trabajadores, la cual también es susceptible de producirse en forma de chispa provocando la inflamación de la atmósfera explosiva.

El cuerpo humano es un buen conductor de la corriente eléctrica, ya que está compuesto en su mayor parte por agua.

La generación y acumulación de cargas electrostáticas en las personas depende de:

- a. Su movimiento en el entorno.
- b. Su contacto con cuerpos susceptibles de cargarse (conducción) o la proximidad de campos eléctricos generados por cuerpos cargados (inducción).
- c. Sus características físicas (estado de humedad de la piel, sudoración, etc.).
- d. La humedad relativa del aire ambiente. Una humedad relativa baja puede propiciar la acumulación de varios kilovoltios de potencial electrostático en un material.
- e. La naturaleza de la vestimenta: la ropa de fibras sintéticas y los guantes o calzado aislantes (goma, plástico) favorecen la acumulación de cargas, ya que son materiales con baja conductividad eléctrica.
- f. Por el mismo motivo que en el punto anterior, un suelo construido o revestido con materiales aislantes favorece la generación y acumulación de cargas estáticas.

Además, la ropa que se lleve puede tener gran influencia en la generación de cargas electrostáticas en el cuerpo; la mayor generación y, por tanto, las situaciones potencialmente más peligrosas se producen cuando la vestimenta exterior es de tejidos de lana, seda o fibras sintéticas.

## MEDIDAS PREVENTIVAS

Para evitar la generación y/o acumulación de cargas electrostáticas la clave está en propiciar la disipación de las cargas. Esto se puede lograr mediante alguna de las siguientes operaciones:

### Ropa y calzado de protección antiestática

Existen dos tipos de calzado para conectar a las personas a tierra, evitando que se carguen electrostáticamente: calzado antiestático y calzado conductor:

El **calzado antiestático** tiene un límite superior y otro inferior de resistencia. El límite superior es lo suficientemente bajo como para evitar la acumulación de carga electrostática en la mayoría de las situaciones y el límite inferior ofrece cierta protección en el caso de contacto eléctrico accidental. El calzado antiestático se debe utilizar cuando es necesario minimizar la acumulación electrostática mediante la disipación de las cargas pero no existe riesgo por choque eléctrico, ya que éste no se elimina completamente. Este tipo de calzado es adecuado para uso general.

El **calzado conductor** tiene una resistencia muy baja y se utiliza cuando es necesario minimizar la carga electrostática en el menor tiempo posible (por ejemplo, cuando se manipulan sustancias con energía mínima de ignición muy baja). Este tipo de calzado no debe llevarse cuando exista riesgo de contacto eléctrico accidental y no es adecuado para uso general.

Durante el uso, la resistencia eléctrica del calzado fabricado con material conductor o antiestático puede cambiar significativamente debido a aspectos como, por ejemplo, la flexión, la contaminación por suciedad y la humedad. Es necesario asegurarse de que el equipo es capaz de cumplir con su función de disipación de carga electrostática durante toda su vida. Por ello se recomienda al usuario establecer un programa regular de ensayo de resistencia eléctrica del calzado.

No debe introducirse ningún elemento aislante, con excepción de un calcetín normal, entre la plantilla del calzado y el pie del usuario. Si se introduce cualquier elemento entre la plantilla y el pie, deberían comprobarse las propiedades eléctricas de la combinación introducida.

Cuando se use calzado conductor o antiestático, la resistencia del suelo debe ser tal que no anule la protección ofrecida por el calzado.

Las normas técnicas armonizadas, UNE-EN ISO 20345, UNE-EN ISO 20346 y UNE-EN ISO 20347, utilizadas habitualmente en la certificación del calzado antiestático y calzado conductor son normas generales que presentan, como posible requisito adicional para aplicaciones especiales, el calzado antiestático y el calzado conductor, entre otros. Establecen para el calzado antiestático unos límites de resistencia entre  $10^5\Omega$  y  $10^9\Omega$ , y para el calzado conductor un límite superior de  $10^5\Omega$ , (medidos, en ambos casos, según UNE-EN ISO 20344). Irán identificados en el mercado con un símbolo: **C** en el caso de calzado conductor y **A** en el caso de calzado antiestático.

Para facilitar el marcado del calzado, existen diferentes categorías con las combinaciones de requisitos básicos y adicionales más comunes. Los símbolos correspondientes a las categorías de cal-

zado que incluyen el requisito de calzado antiestático, entre otros, son: S1 a S5, P1 a P5 y O1 a O5. En estos casos no se deberá buscar el símbolo A al estar incluido en la correspondiente categoría.

Símbolo / categoría	Calzado de seguridad (UNE-EN ISO 20345)	Calzado de protección (UNE-EN ISO20346)	Calzado de trabajo (UNE-EN ISO 20347)
Conductor	C	C	C
Antiestático	A S1, S2, S3, S4, S5	A AP1, P2, P3, P4, P5	A AO1, O2, O3, O4, O5

El folleto informativo que se suministra con el equipo debe explicar el marcado de seguridad así como indicar las correspondientes limitaciones de uso.

En el caso de la **ropa de protección**, para verificar el cumplimiento con el requisito 2.6 del RD 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones de comercialización y libre circulación intracomunitaria de los Equipos de Protección Individual, se suele utilizar en los procedimientos de certificación la norma técnica armonizada UNE-EN 1149 partes 1 y 3 así como el proyecto EN 1149-5:2006 "Protective clothing-Electrostatic properties-Part 5: Performance requirements".

Las partes 1 y 3 son métodos de ensayo normalizados para medir propiedades electrostáticas, resistividad superficial y tiempo de disipación de la carga, respectivamente, de los materiales utilizados en la confección de la ropa. La parte 5, en fase de proyecto, establece los requisitos para la ropa de protección.

Debe consultarse el folleto informativo que se suministra con la ropa en el que se indica el resultado y condiciones del ensayo y referencia a la norma correspondiente. Esta información se utilizará en el proceso de selección de la prenda adecuada para la situación concreta de trabajo.

Una prenda ensayada de acuerdo con el método de ensayo descrito en la norma UNE-EN 1149-1 deberá estar fabricada con un material cuya resistencia superficial  $R$  sea menor o igual a  $2,5 \times 10^9 \Omega$ .

En el caso de que se haya ensayado según la norma UNE-EN 1149-3 (método 2) el tiempo de semi-disipación  $t_{50\%}$  será menor de 4s o el factor de protección  $S^{40}$  mayor de 0,2.

Además, la prenda debe ir marcada con el pictograma de protección contra la electricidad estática junto con la referencia a la norma específica:

UNE-EN 1149 (parte 1 o 3)



En el caso en que sea necesario llevar guantes de protección con propiedades antiestáticas (disipativas), las propiedades electrostáticas de los guantes deben ensayarse de acuerdo con los métodos descritos en las normas UNE-EN 1149 partes 1 y 2. Sin embargo, no puede utilizarse el pictograma electrostático correspondiente a la ropa de protección ya que estos métodos de ensayo están validados para ropa y no para guantes.

El comportamiento electrostático disipativo de la ropa y los guantes de protección puede ser afectado por el uso, rasgado, limpieza y posible contaminación. Es muy importante seguir estrictamente las instrucciones de limpieza dadas por el fabricante ya que sólo así podremos garantizar que se mantienen las propiedades disipativas después de someterse al proceso de limpieza.

Asimismo deben seguirse las instrucciones de uso indicadas por el fabricante entre las que se incluyen advertencias tales como el uso simultáneo con calzado disipativo, no quitarse la ropa en presencia de atmósferas explosivas y la necesidad de un buen ajuste de la prenda al trabajador.

<sup>40</sup>  $S = 1 - ER / E_{max}$  (Relación entre el campo eléctrico medido sin y con la muestra de tejido presente).

*Recomendaciones generales*

La evaluación de riesgos, además de la correspondiente distribución en zonas, tendrá en cuenta las energías mínimas de ignición de las sustancias presentes, así como las condiciones específicas que procedan y, basándose en ello, se decidirá la necesidad o no del uso de equipos de protección individual con características disipativas.

En general se recomienda utilizar calzado y ropa antiestáticos en las zonas 1 y 21 ya que, habitualmente, no se trabaja en las zonas 0 y 20.

Respecto a las zonas 2 y 22, la necesidad de utilizar calzado y ropa con propiedades disipativas estará en función de las condiciones específicas del puesto de trabajo.

Siempre hay que tener presente la situación en la que sea necesario el paso de una a otra zona en

cuyo caso la protección a llevar será la indicada por la máxima situación de riesgo.

**Otras medidas**

*Puesta a tierra y conexión equipotencial de todas las superficies conductoras:* para que esta medida sea efectiva, se requiere que la resistencia de tierra del conjunto no supere el valor de 1 MΩ, en general. Se considera que ya están conectados a tierra las tuberías enterradas y los tanques de almacenamiento dispuestos sobre el terreno. Por otra parte, la conexión equipotencial se consigue mediante la interconexión mediante un conductor, de todas las superficies conductoras, estando a su vez el conjunto conectado a tierra (véanse las figuras 46 y 47).



Figura 46.

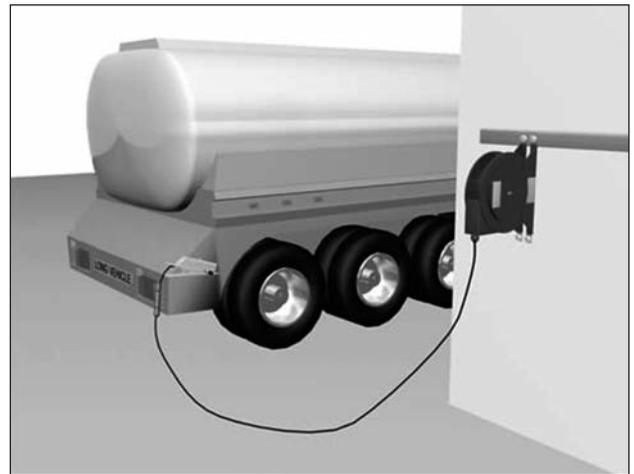


Figura 47.

*Aumento de la conductividad de materiales.* Esto se puede lograr:

- Por aumento de la humedad relativa del aire hasta valores no inferiores al 60%; a partir de este nivel se forma una película conductora en la superficie de los materiales que contribuye en gran medida a la eliminación de las cargas. El control de la humedad ambiental se puede lograr mediante el empleo de equipos de aire acondicionado o humidificadores de aire. En la utilización de equipos de climatización se debe controlar la humedad relativa de los locales climatizados, ya que especialmente en invierno el incremento de temperatura del aire para el confort interior ocasiona una disminución de la humedad relativa procedente del exterior.

- Por tratamiento superficial: al agregar productos antiestáticos a las pinturas que se utilizan para cubrir los materiales, como, por ejemplo, agua con glicerina, se puede aumentar su conductividad superficial y favorecer la formación de capas de humedad.

*Empleo de ionizadores de aire:* para aumentar la conductividad del aire y que éste sea capaz de disipar las cargas electrostáticas que se puedan generar. Los ionizadores pueden ser de varios tipos:

- De radiaciones ionizantes, que pueden emitir rayos ultravioleta, rayos X, partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ . Los  $\alpha$  y  $\beta$ , son bastante efectivos para la eliminación de cargas superficiales o espaciales<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> Estos ionizadores deben estar certificados por el Consejo de Seguridad Nuclear, de acuerdo con lo dispuesto al efecto en el RD 1836/1999, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.

- De electrodos a alta tensión: propician descargas tipo corona en puntas, alambres, hojas o bordes sometidos a campos eléctricos intensos (del orden de 6 kV). Son un medio efectivo para neutralizar cargas en tejidos de algodón, lana, seda o papel. No son aptos para ambientes con atmósferas explosivas efectivas, salvo que dispongan de certificación atex.

- De electrodos puntiagudos conectados a tierra (eliminador inductivo o neutralizador estático): ionizan el aire por efecto corona si el campo estático es elevado. Al incrementarse la acumulación de cargas en las puntas, se produce la ionización del aire. Estos descargadores se deben situar a una distancia de 10 a 20 mm de la superficie a descargar. Son un buen medio de disipación en ambientes con atmósferas explosivas, pues la neutralización sucede antes de que se acumulen cargas con suficiente energía para que supongan un foco de ignición efectivo para la mayoría de las sustancias.

- De llama abierta o de gas: se aplican fundamentalmente a los rodillos de impresión en industrias de artes gráficas. Sólo son válidos si se utilizan tintas de baja volatilidad.

*Empleo de materiales o productos antiestáticos:* como plásticos y cintas de material impregnado de partículas conductoras para embalajes, adhesivos, bolsas, brochas y pinceles para operaciones de limpieza, mobiliario antiestático, etc.

*Reducción de la velocidad relativa entre superficies en rozamiento:* cuanto menor sea la velocidad relativa entre dos superficies, el calentamiento por rozamiento será menor y, por tanto, también se reducirá la excitación atómica de los materiales y su capacidad de cesión o admisión de carga electrostática.

*Control de la velocidad de paso de materiales por conductos, cintas, etc.:* se puede controlar el ritmo de generación de electricidad estática limitando la velocidad de paso de materiales en el proceso productivo.

Para tuberías se puede utilizar el siguiente criterio general<sup>42</sup>:

$$v \cdot d \leq 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$$

Donde:

v es la velocidad de paso media del material por la tubería en m/s

d es el diámetro interior de la tubería en m

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 en el caso del éter dietílico y del disulfuro de carbono; para unos diámetros de conducción de hasta 12 mm para el primero y de 24 mm para el segundo, la velocidad máxima será de 1 m/s. Para diámetros mayores la velocidad máxima será obviamente inferior.

*Utilización de suelos de material disipador (no aislante):* en locales con riesgo de incendio o explosión se pueden agregar a los suelos aditivos que aumenten su conductividad, como, por ejemplo, el grafito; también se pueden utilizar suelos sintéticos especiales con una conductividad adecuada.

Por su parte, los vehículos que transiten por este tipo de locales deberían utilizar neumáticos con características antiestáticas, lo cual se consigue, por ejemplo, agregando negro de carbón al caucho de los neumáticos en el proceso de fabricación.

*Instalación de medios conductores de descargas electrostáticas para las personas:* este procedimiento es muy útil realizarlo como paso previo para aquellos trabajadores que van a realizar operaciones con líquidos inflamables u otros trabajos a los que les afecte la carga estática.

El método más utilizado es el contacto con una placa metálica a tierra a través de una llave o herramienta para evitar molestias. En lugares que tengan suelos de material aislante y como medida complementaria a los aditivos antiestáticos y la humidificación del ambiente, se pueden colocar alfombrillas antiestáticas alrededor de las máquinas para descargarse por los pies antes de tocar las partes metálicas con las manos.

Otros productos que se suelen utilizar durante la realización de los trabajos son muñequeras y tobilleras conectadas a tierra.

Otros procedimientos para evitar la generación o acumulación de carga estática:

- Elección adecuada de materiales en contacto, siempre que se tenga una gama amplia de materiales a elegir. Se trata de evitar que entren en contacto materiales que tengan afinidades electrónicas muy diferentes, es decir, que estén muy separados en la serie triboeléctrica<sup>43</sup>.

<sup>42</sup> En la norma Británica BS-5958 Part2 Code of Practice for Control of Undesirable Static Electricity, se establece como criterio:

- Líquidos con conductividades menores que 5pS/m:  $v \cdot d \leq 0,38 \text{ m}^2/\text{s}$   
- En otros casos:  $v \cdot d \leq 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$

<sup>43</sup> Hay más información sobre la serie triboeléctrica en la NTP-567: Protección frente a cargas electrostáticas.

- Reducción de la presión de contacto entre los materiales, ya que así se reduce el área de contacto y se dificulta la transferencia de cargas estáticas.

- Control adecuado de la temperatura de contacto de las superficies, pues su incremento favorece en gran medida la movilidad electrónica de los átomos superficiales, es decir, de cargas entre las mismas.

---

<sup>43</sup> Hay más información sobre la serie triboeléctrica en la NTP-567: Protección frente a cargas electrostáticas.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### LEGISLACIÓN RELACIONADA

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre. Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de Reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.
- Real Decreto 400/1996, de 8 de abril. Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas explosivas.
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se regula la notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- 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.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- 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.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones de comercialización y libre circulación intracomunitaria de los Equipos de Protección Individual.
- Reales Decretos 379/2001, de 6 de abril, y 2016/2004, de 11 de octubre, que aprueban el Reglamento de Almacenamiento de productos químicos y sus ITC MIE-AP 1 a MIE-AP 8, entre las que se encuentran almacenamientos para productos con alto riesgo de explosión, por ejemplo, la MIE-APQ 1, de Almacenamientos de líquidos inflamables y combustibles.
- Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, modificado en último lugar por el Real Decreto 948/2005, de 29 de julio, que aprueba Medidas de control de riesgos inherentes a los accidentes graves.
- Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, y sus modificaciones posteriores, que aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas, desarrollado por las ITC MIE-IP 01 a MIE-IP 06.

### GUIAS SOBRE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

- Guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio para la aplicación de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.
- Directrices de aplicación de la Directiva 94/9/CE del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas. <http://ec.europa.eu/enterprise/atex/guide/index.htm>.

- Directrices prácticas de carácter no obligatorio sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos en el trabajo. (Artículos 3, 4, 5 y 6, y punto 1 del anexo II de la Directiva 98/24/CE). Comisión Europea.
- Guía para la elaboración del plan de prevención contra explosiones en instalaciones de minería subterránea. Revisión 2006. Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y Laboratorio Oficial Madariaga.
- Les mélanges explosifs. Gaz et vapeurs. INRS. Jean-Michel Petit, Jean-Louis Poyard.
- Les mélanges explosifs. Poussières combustibles. INRS. Jean-Michel Petit.

## NORMAS TÉCNICAS

- UNE-EN 1127-1. Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1. Conceptos básicos y metodología.
- UNE-EN 60079-10. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10. Clasificación de emplazamientos peligrosos.
- UNE-EN 60079-14. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 14. Instalaciones eléctricas en áreas peligrosas.
- UNE-EN 60079-17. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 17. Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas en áreas peligrosas.
- UNE-EN 61241-10. Material eléctrico para uso en presencia de polvo combustible. Parte 10. Clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles.

## PUBLICACIONES DEL INSHT

- Turmo Sierra, E. Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad. Notas Técnicas de Prevención. NTP 379.
- Fichas de Datos de Seguridad Química.

## OTRAS PUBLICACIONES

- Seguridad industrial en atmósferas explosivas. Editor: Javier García Torrent. Laboratorio Oficial J.M. Madariaga. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Madrid, 2003.
- Breve guía sobre productos e instalaciones en atmósferas explosivas. Fernández Ramón, C.; García Torrent, J.; Vega Remesal, A. Laboratorio Oficial J.M. Madariaga. Madrid, 2003.
- Prevención y protección de explosiones de polvo en instalaciones industriales. Xavier de Gea Rodríguez. 2007, Fremap 2007.
- Manual práctico. Clasificación de zonas en atmósferas explosivas. F. Escuer Ibars y J. García Torrent. Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona. Barcelona, 2005. [http://www.cetib.net/cat/public/informacio/documents/publicacions\\_manual-atex.pdf](http://www.cetib.net/cat/public/informacio/documents/publicacions_manual-atex.pdf)
- Evaluación de riesgos en atmósferas explosivas. C. Fernández Ramón et al. Laboratorio Oficial Madariaga. Madrid. Ingeniería Química, nº 413, 2004.
- El documento de protección contra explosiones. J. García Torrent y E. Querol Aragón. Laboratorio Oficial Madariaga. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Ingeniería Química, nº 427, 2005.
- Dust explosions in the process industries. R. K. Eckhoff. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1991.
- Dust explosion. Prevention and protection. J. Barton. Institution of Chemical Engineers, Rugby. 2002.

- Explosions. W. Bartknecht. Berlin, Springer-Verlag, 1981.
- Dust explosions. W. Bartknecht. Berlin, Springer-Verlag, 1989.
- Industrial explosion prevention and protection. F. T. Bodurtha. McGraw-Hill Book Company, New York, 1980.

#### AGRADECIMIENTOS

*Se agradece la cesión de las imágenes que aparecen en esta guía a: Adix, Euroásica, LPG Prevención y Protección de Explosiones, Pyroban, Puncernau y asociados y Riskconsult.*

Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía  
puede dirigirse al

**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo**

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

Tfn. 91 363 41 00 Fax 91 363 43 27

<http://www.mtin.es/insht>



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

NIFO: 792 - 08 - 015 - 3  
ISBN: 978-84-7425-764-9  
DL: M-51188-2008