

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN
**ATMÓSFERAS
EXPLOSIVAS**

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN **ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS**

Marceliano Herrero Sinovas

*Jefe del Servicio Territorial de Industria,
Comercio y Turismo de la Delegación Territorial
de la Junta de Castilla y León de Valladolid*

Junta de Castilla y León

Instituto de Seguridad y Salud Laboral de Castilla y León



ISSL

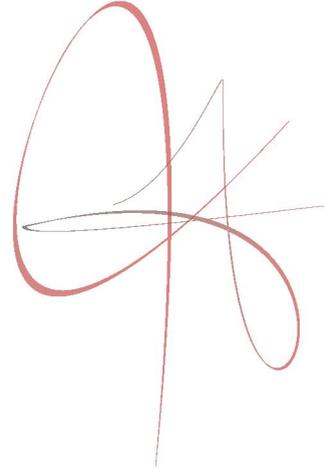
Instituto de Seguridad y Salud Laboral
de Castilla y León

Edita: Junta de Castilla y León
Consejería de Economía y Empleo
Instituto de Seguridad y Salud Laboral

Dep. Legal: VA-1012/2010

Imprime: Varoprinter

Diseño: dDC Diseño y Comunicación



Índice

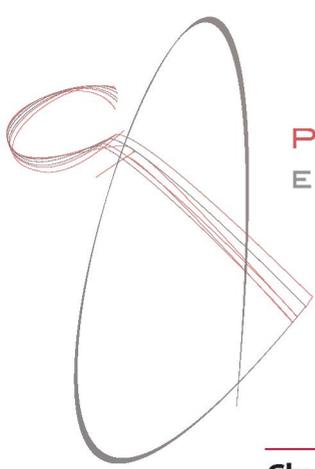
Introducción	5
--------------------	---

Guía para la realización del documento de protección contra explosiones	9
--	----------

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables	23
--	-----------

1. Presentación	23
2. Introducción	24
3. Procedimiento para la eliminación del riesgo	25
4. Procedimiento de clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión	26
4.1 Determinar las fuentes de escape y su grado	27
4.2 Grado de ventilación	28
4.3 Determinación de la disponibilidad de la ventilación	34
4.4 Determinación del tipo de zona	34
4.5 Extensión de zonas	35

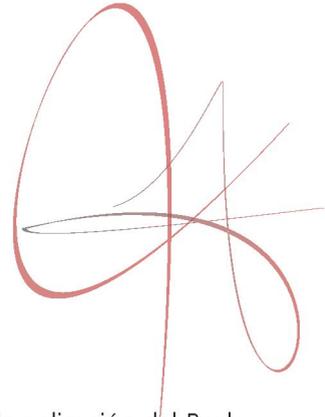




PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles	43
1. Introducción	43
2. Metodología para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles	47
2.1 Determinar las características del polvo combustibles	49
2.2 Identificación de las fuentes de escape y su grado	49
2.3 Identificación de la posibilidad de formación de capas de polvo potencialmente peligrosas	50
2.4 Extensión de zonas	51
3. Medidas de prevención	68
• Ejemplos de aplicación	75
Bibliografía	87





Introducción

El presente documento tiene como objetivo facilitar la aplicación del 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 la formación de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

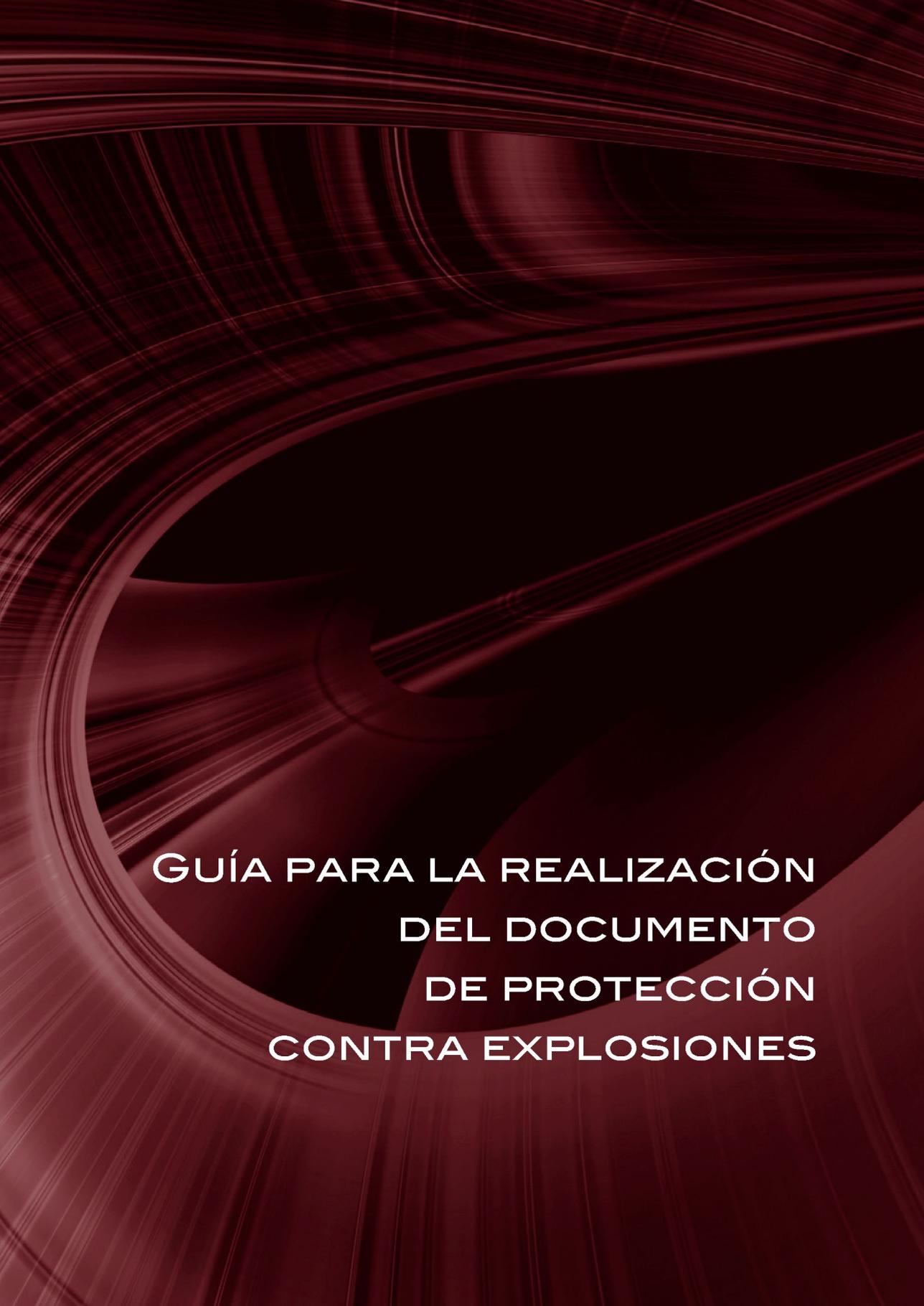
Este RD 681/2002 establece una serie de obligaciones al empresario encaminadas de prevenir las explosiones y de proteger a los trabajadores, exigiendo una evaluación de los riesgos, para adoptar las medidas de prevención necesarias, siendo necesario a su vez una coordinación de actividades, formación e información de los trabajadores.

Se establecen además algunas obligaciones específicas como es la clasificación en zonas de las zonas con riesgo de incendio y explosión, se regulan 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.

Anteriormente a esta edición se publicó por parte de la Dirección General de Trabajo y prevención de Riesgos Laborales de la Consejería de Economía y Empleo en el año 2006 y 2007 dos guías para la realización del documento de protección contra explosiones y para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debida a gases inflamables y a polvos combustibles.

Una vez agotadas las tiradas de estas guías, teniendo en cuenta la aceptación de las mismas, y después de la publicación de una guía de aplicación del mencionado RD 681/2003 por parte de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se ha creído oportuno publicar una nueva edición para completar en algunos aspectos la propia guía del INSHT relacionados con la clasificación de zonas con riesgos e incendio y explosión.





**GUÍA PARA LA REALIZACIÓN
DEL DOCUMENTO
DE PROTECCIÓN
CONTRA EXPLOSIONES**

Guía para la realización del documento de protección contra explosiones



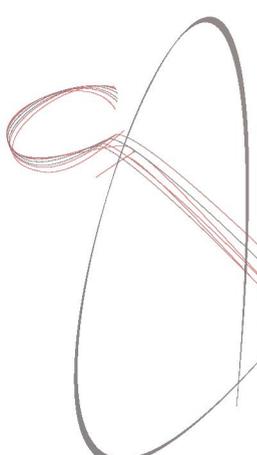
En este apartado se pretende de manera abreviada indicar los puntos que se debería tratar en el documento de protección contra explosiones regulado en el art. 8 del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Una mayor definición de cada uno de los siguientes apartados se podría obtener de la guía técnica del INSHT.

1. Datos generales

- > Razón social de la persona física o jurídica que ha encargado el Documento y su C.I.F., nombre y apellidos de su representante legal y su D.N.I., dirección profesional, teléfono, fax, correo electrónico y cualquier otro identificador profesional que pueda aparecer o existir, salvo aquéllos cuya publicidad no sea legalmente procedente.
- > Emplazamiento geográfico concreto, se definirá dicho emplazamiento y, si procede, sus coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator).
- > Razón social de la entidad o persona jurídica que ha realizado el Documento así como su C.I.F., dirección social, teléfono, fax, correo electrónico y cualquier otro identificador profesional que pueda aparecer o existir, salvo aquéllos cuya publicidad no sea legalmente procedente.
- > Fecha y firma de los anteriormente mencionados, o de sus representantes legítimos.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

2. Objeto

En este apartado se indicará el objetivo del **Documento** y su justificación.

Se deberá de justificar la realización de este Documento según el art. 8 del 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, así como establecer como objetivo 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.

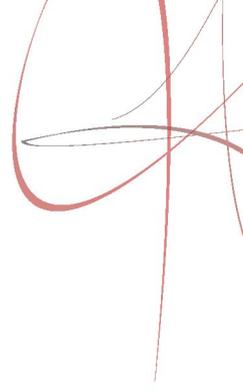
3. Descripción de la actividad

En este capítulo se hará una descripción lo más detallada posible de la actividad de la empresa.

En especial indicarán las posibles formaciones de atmósferas explosivas que puedan poner en peligro la salud de los trabajadores.

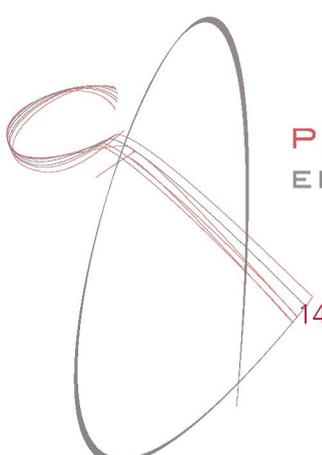
Entre otros puntos se puede definir lo siguiente:

1. Clasificación CNAE de la actividad
2. El emplazamiento, y su entorno socioeconómico y ambiental
 - Plano de situación.
3. Clasificación de la zona urbanística
 - Se detallará la categoría y situación urbanística de la actividad objeto del proyecto.
4. Se indicarán las características del edificio o local
 - Características constructivas: materiales empleados.
 - Superficies.
 - Criterios de compartimentación.
 - Superficie de los sectores.
 - Accesos y viales.
 - Anchura de las calles.
 - Fachadas accesibles.
 - Distancias de los edificios a otras construcciones o a las calles.
5. Ventilación
 - Natural
 - Instalaciones centralizadas de evacuación de humos.



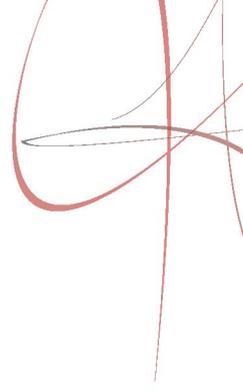
6. Servicios sanitarios
 - Descripción de las conducciones.
 - Servicios generales.
 - Conducciones.
7. Iluminación
 - Descripción de las instalaciones centralizadas.
 - Descripción de la instalación de iluminación de emergencia.
8. Otros servicios (comedor, garaje, etc.)
9. Relación de maquinarias y sus potencias respectivas
 - Relación de la maquinaria de producción
 - Relación de maquinarias auxiliares
10. Materias primas (identificando las que son adquiridas y las que son del cliente)
 - Descripción y características.
 - Cantidad máxima almacenada.
 - Sistema de almacenamiento.
 - Consumo (anual, mínimo, medio, máximo).
11. Productos intermedios
 - Descripción y características.
 - Cantidad almacenada (mínima, media, máxima).
 - Sistema de almacenamiento.
 - Periodo de almacenamiento (mínimo, medio máximo).
12. Productos finales
 - Descripción y características.
 - Cantidad máxima almacenada.
 - Sistema de almacenamiento.
 - Producción (anual, mínima, media y máxima).
13. Productos anexos al proceso productivo
 - Descripción y características.
 - Cantidad máxima almacenada.
 - Sistema de almacenamiento.
 - Consumo (anual, mínimo, medio, máximo).





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

14. Datos de la energía
 - Tipos de energía utilizada y procedencia.
 - Consumos anuales de cada tipo de energía. Eficiencia energética.
 - Consumo anual global de energía.
 - Potencias nominal, instalada y contratada.
 - Instalaciones de almacenamiento. Tipo y capacidad.
 - Medidas de ahorro energético tenidas en cuenta.
15. Instalaciones (descripción, características y planos)
 - Instalación eléctrica.
 - Instalación de agua sanitaria.
 - Instalación de gas.
 - Instalación de climatización.
 - Instalación de aparatos elevadores.
 - Instalación de aparatos a presión.
 - Instalación de protección contra incendios.
 - Otras instalaciones.
16. Datos de personal, así como los estudios de seguridad y salud en los lugares de trabajo
 - Personal.
 - Número de trabajadores.
 - Turnos de trabajo y personal empleado en cada turno.
 - Periodos de cese de actividad.
 - Seguridad y salud en los lugares de trabajo.
 - Descripción de los lugares de trabajo.
 - Identificación de los riesgos asociados.
 - Disposiciones y medidas de seguridad empleadas para eliminar los accidentes.
 - Normativa de aplicación relacionada.
17. Riesgo de incendio
 - Ubicación del edificio.
 - Densidad de carga de fuego.
 - Nivel de riesgo.
 - Medidas de protección contra el fuego adoptadas.



18. Diagramas de flujo de los procesos y descripción de los procedimientos de trabajo
- Arranques.
 - Paradas.
 - Programa de limpiezas.
 - Posibles anomalías.

4. Determinación y evaluación de los riesgos de explosión

En este apartado se realizará la evaluación de los riesgos según el artículo 8º: a) "Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión".

4.1 Sustancias presentes que pueden originar una atmósferas explosivas

En este apartado se debe realizar un análisis para determinar las distintas sustancias que originan o pueden originar mediante reacciones químicas previsibles, gases nieblas o vapores inflamables.

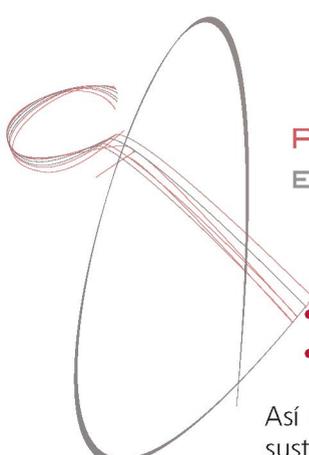
Se realizará una relación de las mismas indicando los siguientes valores y parámetros:

- Denominación comercial de la sustancia.
- Denominación y fórmula química.
- Peso molecular.
- Límite Inferior y Superior de Explosividad.
- Temperatura de ignición.
- Temperatura de inflamación.
- Densidad relativa.
- Coeficiente de evaporización.
- Calor específico a temperatura ambiente.

Si fuera en vez de gas inflamable polvo combustible debieran aparecer los siguientes datos de cada uno de los polvos combustibles:

- Denominación.
- Concentración mínima explosiva.
- Temperatura de autoignición en nube.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

- Temperatura de autoignición en capa.
- Energía mínima de ignición.

Así mismo se incluirá un ficha de datos de seguridad de cada una de las sustancias que pueden originar la atmósfera explosiva.

4.2 Determinación de las fuentes de escape

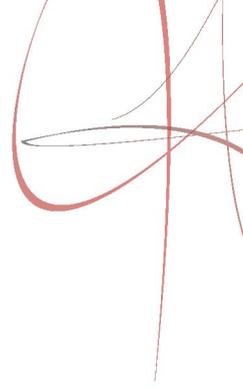
4.3 Determinación de las fuentes de ignición

Se describirán como mínimo las siguientes fuentes de ignición según la norma europea En 1127-1:

- Superficies calientes.
- Llamas y gases calientes.
- Chispas de origen mecánico.
- Material eléctrico.
- Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica.
- Electricidad estática.
- Rayo.
- Campos electromagnéticos comprendidos en una gama de 9 kHz a 300 GHz.
- Radiación electromagnética comprendida en una gama de 300 GHz a 3×10^{16} Hz o longitudes de onda de $1.000 \mu\text{m}$ a $0,1 \mu\text{m}$ (rango del espectro óptico).
- Radiación ionizante.
- Ultrasonidos.
- Compresión adiabática, ondas de choque, gases circulantes.
- Reacciones químicas.

4.4 Resultados de la evaluación de riesgos de explosión

- Análisis del riesgo mediante la identificación del peligro y la estimación el riesgo, valorando conjuntamente las consecuencias y el impacto.
- Valoración del riesgo, a través de composición de la probabilidad de que ocurra una explosión y la severidad o impacto que puede provocar y su posterior comparación con los criterios de referencia.



- Control y reducción del riesgo, mediante las correspondientes medidas de prevención.

5. Clasificación de Zonas

Una vez analizado las posibles sustancias que pueden originar la atmósfera explosiva, así como las fuentes de escape como los posibles puntos de ignición se debe realizar la clasificación de zonas según indica el apartado 8c) del referido RD 681/2003: *Las áreas que han sido clasificadas en zonas de conformidad con el anexo I.*

- 1ª parte.** Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables.
- 2ª parte.** Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a la presencia de polvos combustibles.

La clasificación de zonas se podría diferenciar entre zonas abiertas y zonas cerradas.

La exposición de la clasificación de zonas se puede realizar tanto de modo gráfico como modo por tablas.

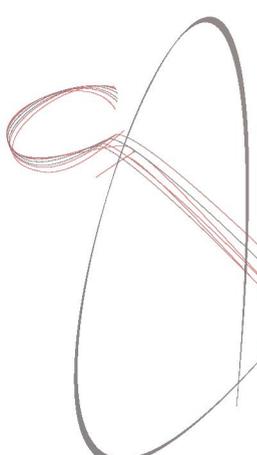
6. Medidas para evitar el riesgo derivado de la formación de atmósferas explosivas

En este apartado y una vez analizado el riesgo y clasificadas las zonas se justificarán las medidas adoptadas para evitar el riesgo de explosión o incendio derivado de la formación de una atmósfera explosiva, según el apartado 8b), 8d), 8e) y 8f) del referido Real Decreto 681/2003:

- "b) Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos de este real decreto.*
- 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".*

Se desarrollará este punto según los apartados siguientes:





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

6.1 Medidas preventivas

Dado que el enfoque de la protección de la instalación se basa, total o parcialmente, en medidas preventivas para evitar una *atmósfera explosiva* o las fuentes de ignición, es necesaria una descripción detallada de la aplicación de estas medidas.

Se entiende por medidas de protección contra explosiones todas las medidas que:

- impiden la formación de *atmósferas explosivas peligrosas*,
- evitan la ignición de *atmósferas explosivas peligrosas* o
- atenúan los efectos de *explosiones* hasta asegurar la salud y seguridad de los trabajadores.

Con arreglo al artículo 3 "Prevención de explosiones y protección contra las mismas" del RD 681/2003, la prevención de *atmósferas explosivas peligrosas* siempre debe ir por delante de las demás medidas de protección contra explosiones.

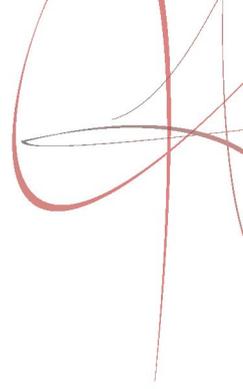
A continuación se realiza una descripción de las medidas realizadas para prevenir la explosión:

- a) Sustitución de las sustancias inflamables.
- b) Limitación de la concentración.
- c) Inertización.
- d) Prevención o reducción de la formación de atmósfera explosiva en las inmediaciones de instalaciones.
- e) Medidas para eliminar los depósitos, acumulaciones o capas de polvo.
- f) Utilización de aparatos detectores de gas.
- g) Prevención de las fuentes de ignición.

6.2 Medidas sobre la limitación de los efectos de las explosiones.

En algunos casos, las medidas para prevenir la formación de atmósferas explosivas y las fuentes de ignición no pueden realizarse con la fiabilidad suficiente. Entonces deben adoptarse medidas que limiten los efectos de una *explosión* hasta un nivel inocuo. Figuran entre tales medidas:

- a) Construcción resistente a la explosión.
- b) Construcción resistente a la presión de explosión.
- c) Construcción resistente al choque de la presión de explosión.
- d) Descarga de la explosión.



- e) Supresión de explosiones.
- f) Prevención de la propagación de la explosión (aislamiento e interrupción de la explosión, "desconexión").
- g) Dispositivos apagallamas para gases, vapores y nieblas.
- h) Dispositivos de desconexión para polvos: Barreras extintoras.
- i) Dispositivos de desconexión para polvos: Correderas de cierre instantáneo, compuertas de cierre rápido.
- j) Dispositivos de desconexión para polvos: Válvula de cierre rápido (válvula de seguridad contra explosiones).
- k) Dispositivos de desconexión para polvos: Válvulas rotativas
- l) Dispositivos de desconexión para polvos: Dispositivo desviador de la explosión.
- m) Dispositivos de desconexión para polvos: Obturación (producto utilizado como barrera).
- n) Dispositivos de desconexión para polvos: Corredera doble.

6.3 Medidas sobre el control de procesos

Se denominan sistemas de control de procesos aquellos equipos destinados a accionar en caso de producirse un suceso un determinado mecanismo.

En este apartado si los sistemas de control de procesos forman parte del enfoque de protección contra explosiones, se deberán describir la naturaleza, el modo de funcionamiento y la ubicación de esta medida.

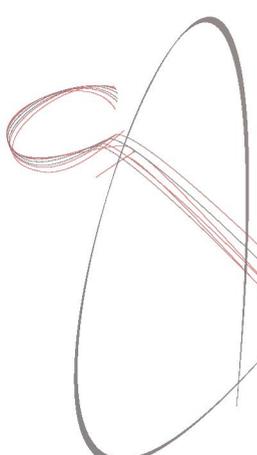
6.4 Medidas sobre protección adecuada a los equipos y sistemas

Cuando no se puede eliminar la fuentes de escape o las fuentes de ignición según los apartados anteriores la seguridad debe basarse en la baja probabilidad de que coincida la fuente de ignición con la atmósfera explosiva.

Por lo tanto el material eléctrico y no eléctrico debe de cumplir unas prescripciones de seguridad adecuadas al entorno donde se ubiquen.

Las instalaciones En los casos donde hay una alta probabilidad de que aparezca una atmósfera de gas explosiva la confianza debe depositarse en el uso de aparatos que tengan una baja probabilidad de originar una fuente de ignición. Por el contrario, cuando la probabilidad de presencia de una atmósfera de gas explosiva sea baja, pueden utilizarse aparatos contruidos con normas menos rigurosas y equipos eléctricos pueden generar posibles focos de ignición, bien por chispa, arco eléctrico o temperaturas superficiales





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

elevadas, que pueden provocar la materialización del riesgo de incendio o explosión existente en este tipo de actividades, es por ello que estas instalaciones y equipos eléctricos y no eléctricos deben ser especialmente diseñados según la clase y zona del emplazamiento donde estén instalados. Las instalaciones eléctricas en este tipo de emplazamientos están reguladas por la ITC 29 del REBT RD 842/2002.

La Directiva Europea 94/9/CE sobre “Equipos y Sistemas de Protección previstos para su uso en atmósferas potencialmente explosivas”, también denominada directiva ATEX 100 en referencia al artículo 100 del tratado de la Unión Europea, contempla los aspectos de diseño y construcción de aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Esta directiva se adopta el 23 de marzo de 1994 y entró en vigor el 1 de marzo de 1996, teniendo como propósito la eliminación barreras comerciales dentro del Área Económica Europea. Esta directiva ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español, mediante el **Real Decreto 400/1996**, de 1 de marzo.

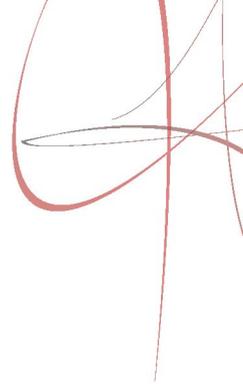
6.5 Medidas organizativas

Las medidas de protección organizativas también se describen en el documento de protección contra explosiones.

El documento debe reflejar:

- Qué instrucciones de servicio existen para un puesto de trabajo o una actividad.
- Cómo se asegura la cualificación de los trabajadores.
- Contenido y frecuencia de la formación (y quién ha participado).
- En su caso, cómo se regula la utilización de equipos de trabajo móviles en las *áreas de riesgo*.
- Cómo se asegura que los *trabajadores* sólo vistan ropa protectora adecuada.
- Si existe un sistema de permiso para trabajar y cómo está organizado.
- Cómo están organizados los trabajos de mantenimiento, control y comprobación.
- Cómo están señalizadas las *áreas de riesgo*.

Si existen formularios correspondientes a estos puntos, se pueden incluir como modelo en el documento de protección contra explosiones. También



debe adjuntarse al documento una lista de los equipos de trabajo móviles autorizados para funcionar en atmósferas explosivas. El nivel de detalle dependerá del tipo y de la envergadura de la operación, así como del grado de riesgo que ésta entraña.

7. Aplicación de las medidas de protección contra explosiones

El documento de protección contra explosiones debe reflejar quién es la persona responsable o encargada de la aplicación de determinadas medidas (también para la elaboración o actualización del documento).

También debe indicar en qué momento es preciso aplicar las medidas y cómo se controla su eficacia.

8. Coordinación de las medidas de protección contra explosiones

Cuando en un mismo lugar de trabajo ejerzan su actividad empresarios de varias empresas, cada *empresario* será responsable de los ámbitos sometidos a su control. El *empresario* responsable del lugar de trabajo será quien coordine la realización de las medidas de protección contra explosiones, e incluirá en su documento de protección contra explosiones.

Información detallada sobre las medidas y las modalidades de realización de esta coordinación.

9. Cumplimiento con las exigencias del RD 1215/1997

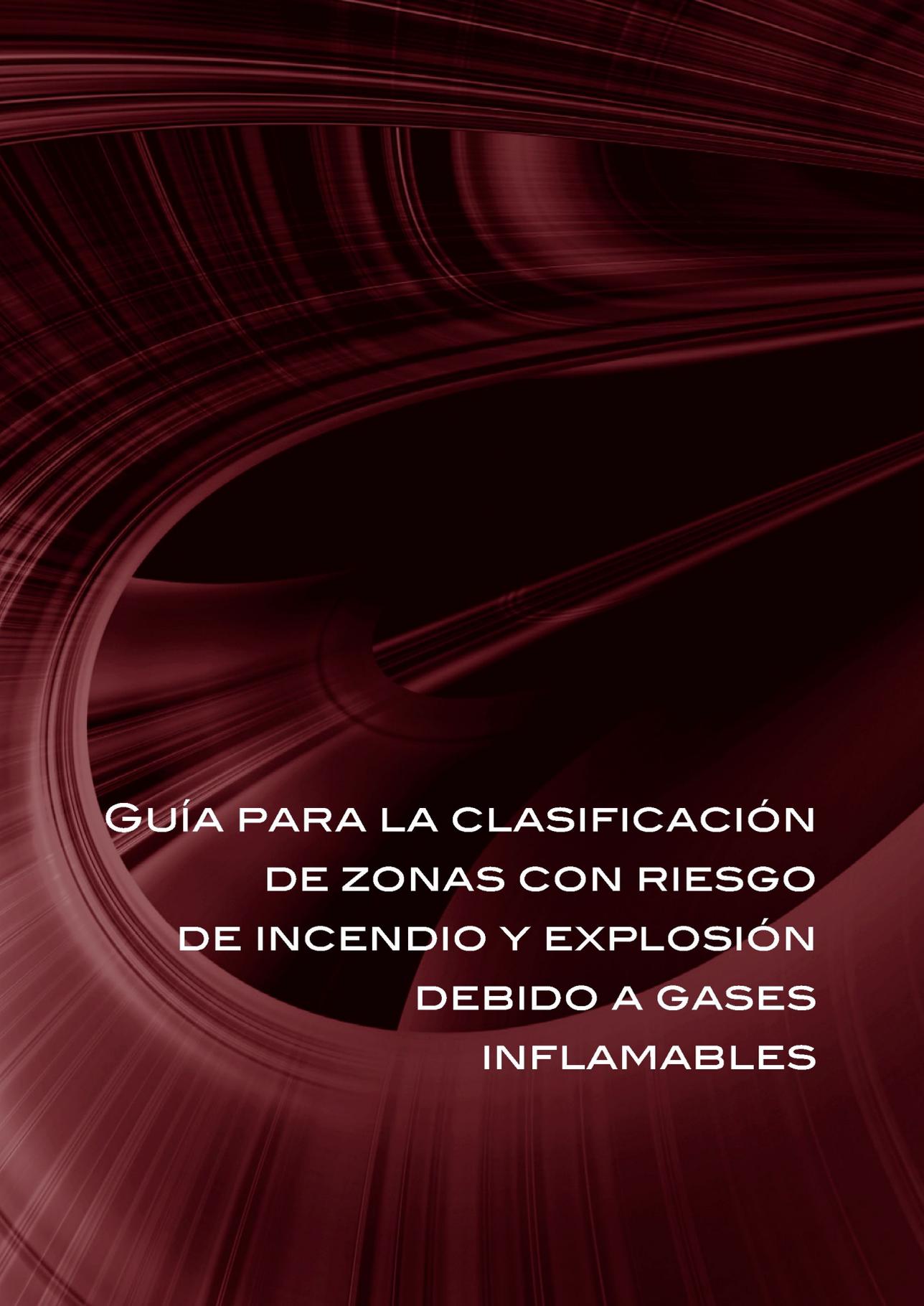
Según el apartado 8f del RD 681/2003 se debe de justificar en el Documento de protección Contra Explosiones el cumplimiento de las medidas prescritas en el RD 1215/1997 para que los equipos de trabajo se utilicen adecuadamente.

Por lo tanto se deberá incluir una relación de todos los equipos de trabajo incluidos dentro del campo de aplicación de este RD 1215/97 y justificar su cumplimiento.

10. Anexos

Como documento final se incluirá una relación de todos los equipos utilizados en la empresa con su declaración de conformidad según directivas Europeas.





**GUÍA PARA LA CLASIFICACIÓN
DE ZONAS CON RIESGO
DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN
DEBIDO A GASES
INFLAMABLES**

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables



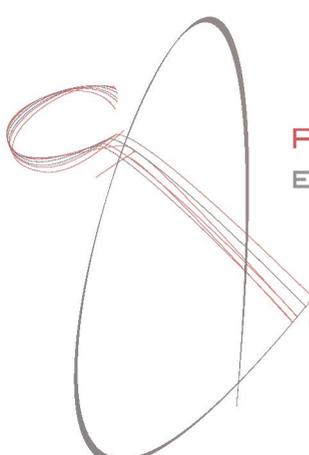
1. Presentación

La guía técnica del INSHT basa la clasificación de zonas en unas mediciones de forma experimental con el objeto de terminar de forma seguro la presencia de gases inflamables y de esta forma poder tomar las medidas de protección más adecuadas.

La determinación de las zonas con riesgo de incendio y explosión y sus correspondientes extensiones de forma experimental tienen una serie de inconvenientes que pasamos a detallar:

- 1º** El método experimental **no se puede prever en la fase de diseño o ejecución**. Evidentemente no se podría medir si no están construidas, lo que significa que no se pueden tomar las medidas preventivas hasta que realmente no se ponga en marcha la instalación, con la consiguiente posibilidad de accidente. Aunque la realización del documento de protección contra explosiones se debe realizar cuando la instalación está en funcionamiento, antes del mismo se deben prever los posibles riesgos a través de la clasificación de zonas de forma teórica según normativa específica.
- 2º** Con el método experimental es **imposible medir las emisiones o fuentes de escape de grado secundario**. Estas emisiones se producen en condiciones no normales de funcionamiento y por lo tanto muy difíciles incluso la mayor parte de ellas imposible de recrear. Sin embargo son precisamente las más numerosas y más extensas, y por consiguiente las que más riesgo generan. Utilizando el método experimental no se pueden determinar, pero a través de una serie de cálculos expuestos en este apartado podemos determinar la extensión de la zona 2 con bastante precisión y garantía de seguridad.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

- 3° Con el método experimental **es difícil evaluación y concreción de los resultados de la medición**, para determinar si se trata de zona 0 o zona 1, ya que cuando se determina la presencia de gas explosivo a través del explosímetro, no podremos determinar si se trata de una presencia continua o no continua. Con el método basado en el cálculo de este apartado se determina exactamente si se trata de zona 0 o zona 1.
- 4° A través del método propuesta en la Guía del INSHT empleando un explosímetro, no se pueden la clasificación de zonas en aquellos lugares donde no se alcance con el instrumental de medida, por ejemplo en techos de naves de gran altura, o zonas de máquinas inaccesibles.
- 5° La normativa de **seguridad industrial** como el reglamento de baja tensión reglamento de almacenamiento de productos químicos, reglamento de instalaciones petrolíferas, se basa en una clasificación previa de las zonas clasificadas antes en fase de proyecto según determinadas normas UNE basado en el método de cálculos y antes de la ejecución y puesta en marcha, para evitar el incendio y explosión de las mismas. Por lo tanto esta clasificación de zonas según el REBT entendemos que no solo puede servir de orientación, sino que se trata del método más exacto y seguro.

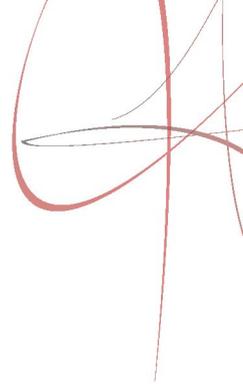
Todo esto nos lleva a sugerir que la determinación de las zonas con riesgo de incendio y explosión de forma experimental como propone la guía técnica del INSHT sea complementaria para comprobar la clasificación de zonas realizada de forma teórica como se detalla en este apartado.

2. Introducción

Las zonas con atmósferas potencialmente explosivas se deben clasificar como Zonas 0, Zonas 1 y zonas 2 según la frecuencia con que un gas inflamable se halla presente en ellas bajo condiciones normales de funcionamiento.

La metodología de la clasificación de zonas que analizaremos en este artículo se basa en la norma **UNE 60079-10** cuyo objeto es la clasificación de los emplazamientos peligrosos donde los riesgos son debidos a la presencia de gas o vapor inflamables a fin de poder seleccionar e instalar adecuadamente los aparatos para usar en los citados emplazamientos según la ITC 29 del REBT **RD 842/2002**. También esta clasificación de zonas se puede utilizar para formar parte del documento de protección contra explosiones

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables



obligatorio a todos los establecimientos con este tipo de riesgo desde el 30 de junio de 2006 según el **RD 681/2003**.

Para seguir el procedimiento indicado en esta norma **UNE 60079-10** debemos acudir en determinados momentos a otras normas y guías para conseguir datos que son necesarios a la hora de la determinación de las zonas peligrosas. En este caso utilizamos la norma-guía de reconocido prestigio **CEI 31-35** del Comité Electrotécnico Italiano.

3. Procedimiento para la eliminación del riesgo

El análisis y posible eliminación del riesgo se debe hacer de forma escalonada siguiendo los siguientes pasos:

- 1º Eliminar la fuente ATEX.** Antes de comenzar a realizar una clasificación de zonas se debe analizar si es posible eliminar la fuente de origen de gas inflamable a través de un diseño de la instalación o la posible sustitución de un producto o sustancia peligrosa por otra. Si se consigue que no exista fuentes de escape o cuando el producto no es peligroso la zona será no peligrosa, sin duda la mejor seguridad. Cuando no es posible eliminar el origen de la atmósfera peligrosa se debe *clasificar las zonas*.
- 2º Eliminación de fuentes de ignición.** Si la formación de la atmósfera peligrosa no puede impedirse, una vez clasificada la zona, se debe intentar eliminar de la zona peligrosa las fuentes de ignición, como por ejemplo instalaciones eléctricas, como cuadros, luminarias, interruptores, etc.
- 3º Probabilidad aceptable.** Cuando no se puede eliminar las fuentes de escape o las fuentes de ignición según los apartados anteriores la seguridad debe basarse en la baja probabilidad de que coincida la fuente de ignición con la atmósfera explosiva. Esto se consigue eligiendo el material eléctrico y no eléctrico en función de la clasificación de zonas, los cuales deben cumplir unas prescripciones de seguridad adecuadas al entorno donde se ubiquen según el RD 400/1996 sobre Equipos y Sistemas de Protección previstos para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

La norma UNE 60079-10 propone un procedimiento de clasificación que en determinados momentos se necesita unos datos que no son facilitados por dicha norma. Por ello debemos acudir a la guía CEI 31-35 del Comité Electrotécnico Italiano para conseguir estos datos.



4. Procedimiento de clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión

A continuación se muestra el esquema clasificación propuesto por la norma UNE 60079-10 indicando en el mismo los momentos y datos que podemos obtener de la guía CEI 31-35.

1° Determinar las fuertes y grado de escape

La norma UNE 60.079-10 no indica la tasa de emisión ni los posibles orificios de escape. Para determinar los posibles orificios de escape podemos acudir a la norma CEI 31.35 la cual no solo nos indica el posible orificio de escape sino además nos indica la tasa de emisión en función de una serie de parámetros.

2° Determinar el grado de ventilación

La norma UNE 60.079-10 no determina los parámetros sobre V_z y t para determinar el grado de ventilación. Si bien en la última revisión de la norma UNE 60.079-10 nos indica que si $V_z < 0,1 \text{ m}^3$ la ventilación es de grado alto. Sin embargo para una correcta determinación del grado de ventilación en función de V_z y de t debemos acudir de nuevo a la guía CEI 31-35.

3° Determinar la disponibilidad de ventilación

La norma UNE 60.079-10 nos define la disponibilidad de la ventilación.

4° Determinación del tipo de zona

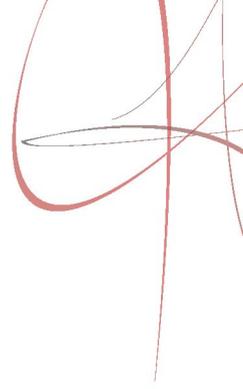
Según la norma UNE 60079-10 se determina el tipo de zona, en función del grado de la fuente de emisión, el grado de ventilación y la disponibilidad de la misma.

5° Calcular la extensión de zona

La norma UNE 60.079-10 no indica fórmulas para determinar con exactitud la extensión de zonas. Este es el punto más conflictivo ya que se debe determinar la zona con riesgo de incendio y explosión, para ello podemos utilizar la Norma de reconocido prestigio guía CEI 31-35 donde a través de una serie de fórmulas nos indica con exactitud la posible zona con riesgo de incendio y explosión.

Esquema nº 1. Procedimiento de clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión.

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables



A continuación analizaremos cada uno de los pasos de este procedimiento.

4.1 Determinar las fuentes de escape y su grado

La norma UNE EN 60.079-10 define fuente de escape como un punto o lugar desde el cual se puede escapar a la atmósfera gas, vapor o líquido inflamables de tal forma que se pueda formar una atmósfera de gas explosiva. Escape se podría entender como un fallo o accidente, sin embargo esta norma la palabra de escape tiene connotaciones de generador de gases explosivos, sin tener que ser necesariamente originados por un fallo.

Existen tres grados de escape, que se clasifican en la tabla nº 1 en orden decreciente en cuanto a la probabilidad de que la atmósfera de gas explosiva esté presente:

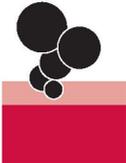
Fuentes	Grado
	<p>Grado de escape Primario. Es un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos períodos.</p> <p>Ejemplos: La superficie de un líquido inflamable en un depósito abierto a la atmósfera o de techo fijo sin gas inerte, separadores aceite-agua, venteos libres a la atmósfera, etc.</p>
	<p>Grado de escape primario. Es un escape que se produce presumiblemente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.</p> <p>Ejemplos: Sellos de bombas, compresores y válvulas donde se prevé fugas en condiciones normales, drenajes en recipientes que contienen líquidos inflamables, tomas de muestra de tanques, reactores de sustancias inflamables, etc.</p>
	<p>Grado de escape secundario. Es un escape que no se prevé en funcionamiento normal y si se produce es probable que ocurra infrecuentemente y en períodos de corta duración.</p> <p>Ejemplos: Bridas, uniones, sellos y otros accesorios donde NO se esperan fugas en condiciones normales.</p>

Tabla nº 1. Clasificación de los grados de escape.



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

4.2 Grado de ventilación

Para determinar el grado de ventilación se empleará la tabla nº 2 fusión de conceptos establecidos tanto en la norma **UNE 60079-10** como en la guía **CEI 31-35**:

Lugares	V_z	$X_m\%$	t (seg)	Grado
cerrados	< 0,1 m ³	Cualquiera	Cualquiera	Alto
	> 0,1 m ³	$X_m\% \leq \frac{k \cdot LEL_{mix} \%vol}{f}$	t < 30 min.	Medio
	> 0,1 m ³	$X_m\% > \frac{k \cdot LEL_{mix} \%vol}{f}$	cualquiera	Bajo
abiertos	< 0,1 m ³	Cualquiera	Cualquiera	Alto
	> 0,1 m ³	Cualquiera	Cualquiera	Medio

Tabla nº 2. Determinación del grado de ventilación.

Donde:

- V_z se define como el volumen peligroso teóricamente calculado.
- $X_m\%$ que es la concentración de gas peligroso en un lugar lejano de la fuente de escape.
- t es el tiempo que tarda en dispersarse el volumen peligroso una vez que ha cesado la fuente de escape.

Los tres parámetros de los que depende el grado de ventilación les podemos calcular de la siguiente forma:

a) Cálculo de V_z

Para determinar el V_z o volumen peligroso calculado teóricamente, se utiliza la fórmula de la tabla nº 3 recogida de la norma UNE 60079-10.



V_z

Ambientes cerrados

$$V_z = \frac{f \times Q_{min}}{C_0}$$

Ambientes abiertos

$$V_z = \frac{f \times Q_{min}}{0,03}$$

Donde:

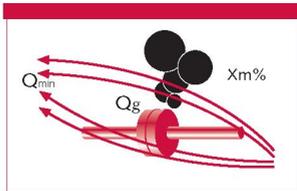
- V_z se define como el volumen peligroso teóricamente calculado.
- f factor de ventilación del 1 al 5.
- C_0 renovaciones hora del local.
- Q_{min} cantidad de aire fresco para diluir el escape.

Tabla nº 3. Cálculo del V_z .

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables

Cálculo de Q_{\min}

Para calcular la cantidad de aire fresco necesario para diluir la tasa de escape se utiliza la fórmula de la tabla nº 4 recogida de la norma UNE 60079-10.



$$Q_{\min} = \frac{Q_{\max} \times T}{K \times LIE \times 293}$$

Donde:

- Q_{\min} cantidad de aire fresco para diluir el escape.
- Q_{\max} es la tasa máxima de escape de la fuente (Masa por unidad de tiempo, kg/s).
- LIE es el límite inferior de explosión (masa por unidad de volumen, kg/m³);
- k es un factor de seguridad aplicado al LIE, normalmente:
 - k = 0,25 (grados de escape continuo y primario)
 - k = 0,5 (grado de escape secundario).
- T es la temperatura ambiente (en grados Kelvin).

Tabla nº 4. Cálculo del aire fresco necesario.

Determinación de Q_{\max} (guía CEI 31-35)

Para determinar la tasa de emisión de gas inflamable que se emite a la atmósfera se utiliza una serie de fórmulas de mecánica de fluidos, indicadas en la tabla nº 5 recogidas de la norma **CEI 31-35**.

Emisiones gaseosas



$$Q_g = \varphi \cdot c \cdot A \cdot \left[\gamma \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^n \right]^{0,5} \cdot \frac{P}{\left(\frac{R \cdot T}{M} \right)^{0,5}}$$

Donde:

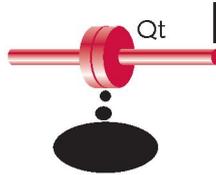
- Q_g Tasa de emisión de gas kg/s.
- $\varphi=1$ caso más desfavorable.
- c coeficiente de emisión del gas valor indicado por el constructor; o bien: para válvulas de seguridad = 0,97; en los demás casos en general = 0,80;
- A sección del orificio de emisión o superficie de un charco o área de evaporación de la superficie libre de un líquido en un recipiente. mm².
- γ relación entre los calores específicos (índice de expansión) = cp/cv.
- R constante universal de los gases = 8314 J/kmol K.
- T temperatura absoluta de escape, °K.
- M masa molar, kg/kmol.
- P presión absoluta al interior del sistema de contención en el punto de emisión, Pa.

Continúa

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Continuación

Emissiones de líquido inflamable a presión



$$Q_t = c \cdot A \cdot (2 \cdot \rho_{liq} \cdot (P - P_a))^{0,5}$$

Donde:

Q_t tasas de emisión de líquido inflamable. Kg/s.

c coeficiente de emisión del gas valor indicado por el constructor; o bien: para válvulas de seguridad = 0,97; en los demás casos en general = 0,80.

A sección del orificio de emisión o superficie de un charco o área de evaporación de la superficie libre de un líquido en un recipiente. m^2 .

ρ densidad (masa de volumen) de la masa líquida, kg/m^3 .

P presión absoluta al interior del sistema de contención en el punto de emisión, Pa.

P_a presión atmosférica = 101 300 Pa; 2,513 bar.

Emissiones de un charco de líquido inflamable



$$Q_g = A \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{W}{f} \cdot r_{eq}^{-0,11} \cdot \frac{M \cdot P_a}{R \cdot T} \cdot \ln \left(1 + \frac{P_v}{P_a - P_v} \right)$$

Donde:

Q_g Tasa de emisión de gas Kg/s.

A sección del orificio de emisión o superficie de un charco o área de evaporación de la superficie libre de un líquido en un recipiente. mm^2 .

W velocidad del aire, m/s.

f factor de eficacia de la ventilación de 1 a 5.

r_{eq} radio equivalente del charco de cualquier otra forma, m.

M masa molecular, Kg/kmol.

P_a presión atmosférica = 101 300 Pa; 2,513 bar.

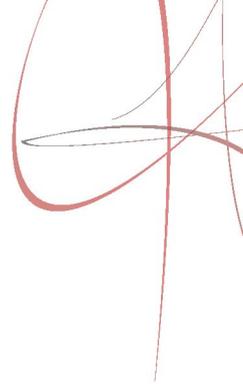
R constante universal de los gas = 8314 J/kmol K.

T temperatura absoluta de escape, °k.

P_v presión (tensión) de vapor de la sustancia inflamable, a Pa.

Tabla nº 5. Determinación de la tasa de escape.

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables



En la tabla nº 6 se muestra una serie de ejemplos de aplicación de la fórmula de tasa de emisión de una sustancia gaseosa: datos temperatura sustancia 20 °C temperatura ambiente 20 °C Orificio 5 mm².

Presión relativa bar	Gas Propano		Gas Metano	
	Tasa emisión kg/s 10 ⁻³	φ	Tasa emisión kg/s 10 ⁻³	φ
0,25	1,30	0,858	0,725	0,827
0,50	1,80	0,980	1,000	0,962
0,75	2,10	1,000	1,210	0,997
1,00	2,40	1,000	1,400	1,000
1,25	2,80	1,000	1,680	1,000
1,75	3,40	1,000	1,910	1,000
2,00	3,70	1,000	2,080	1,000
3,00	4,94	1,000	2,780	1,000
5,00	7,04	1,000	4,170	1,000
10,00	13,10	1,000	7,600	1,000
20,00	25,80	1,000	14,500	1,000
30,00	38,20	1,000	21,500	1,000
50,00	62,80	1,000	35,300	1,000
100,00	124,00	1,000	70,000	1,000

Tabla nº 6. Ejemplos de tasa de escape de una sustancia gaseosa sometida a presión.

Para otros orificios de escape: la tasa es proporcional al tamaño del orificio.

En la tabla nº 7 se muestra un ejemplo de aplicación de la fórmula de tasa de emisión de líquido a presión. Datos temperatura ambiente 20 °C temperatura del líquido 20 °C y presión atmosférica 1 bar. C=0,8; densidad del líquido 780 kg/m³. 5 mm² de orificio.



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

P-Pa Presión relativa bar	Gasolina Tasa emisión kg/s 10 ⁻²
0,25	2,50
0,50	3,50
0,75	4,30
1,00	5,00
1,25	5,60
1,75	6,20
2,00	7,00
3,00	8,60
5,00	11,10
10,00	15,80
20,00	22,34
30,00	27,30

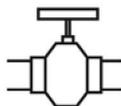
Tabla nº 7. Ejemplo de aplicación de la fórmula de tasa de emisión de líquido a presión.

Determinación de A

CEI 31-35. (Valores indicativos del área de fuga de emisión).

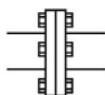
En la tabla nº 8 se indican los orificios de escape que se pueden tener en cuenta para determinar la tasa de emisión.

Válvulas Manuales



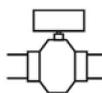
A=0,25 mm²

Bridas



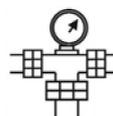
Junta de fibra:
Ambiente vigilado
A=2,5 mm²
Ambiente no vigilado
A=5 mm²
Junta espirometálica
A=0,25 mm².
Junta metálica
A=0,5 mm²

Válvulas Automáticas



D<150 mm.
A=1 mm²

Empalmes



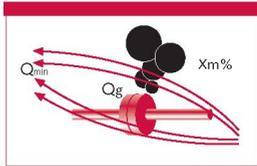
D<150 mm.
A=0,25 mm²

Tabla nº 8. Orificios de escape que se pueden tener en cuenta para determinar la tasa de emisión.

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables

b) Cálculo de $X_m\%$. (guía CEI 31-35)

Este dato está recogido de la guía CEI 31-35 y su utilidad es básica para determinar si el grado de ventilación se puede considerar medio o bajo. Se calcula mediante la expresión indicada en la tabla nº 9.



$$Xm\% = \frac{Q_g}{Q_a \times \rho_{gas}} \times 100$$

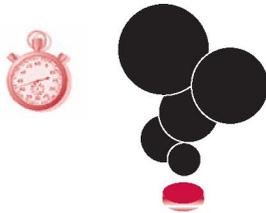
Donde:

- $X_m\%$ que es la concentración de gas peligroso en un lugar lejano de la fuente de escape.
- Q_g emisión de gas Kg/s.
- Q_a caudal de aire fresco m^3/s .
- ρ densidad de la masa, kg/m^3

Tabla nº 9. Cálculo de $X_m\%$.

c) Cálculo de t

Para determinar el tiempo de dispersión de la atmósfera peligrosa una vez cesado la fuente de emisión se utiliza la fórmula de la tabla nº 10 indicada en la norma UNE 60079-10.

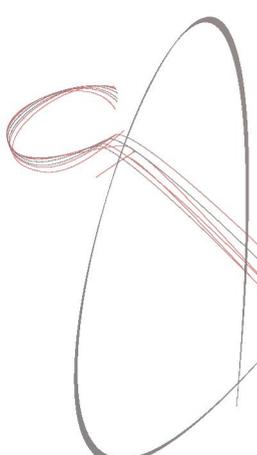


$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LIE \times K}{X_0}$$

Donde:

- t tiempo de dispersión de la atmósfera peligrosa una vez cesado la fuente de emisión.
- X_0 es la concentración inicial de sustancia inflamable expresada en las mismas unidades que el LIE, es decir en % volumen o en kg/m^3 . En la práctica, según la guía mencionada CEI 31-35 se toma X_0 como 50%.
- C es el número de cambios de aire fresco por unidad de tiempo; t es la misma unidad de tiempo que se haya tomado para C, por ejemplo, si C es el número de cambios por segundo, el valor de t será en segundos.
- f es el factor que toma en cuenta el hecho de que la mezcla no es perfecta. Varía desde 5 para una ventilación con entrada de aire a través de una rendija y una simple abertura de descarga hasta el valor 1 para ventilaciones con entrada de aire a través de un techo perforado y con múltiples escapes.
- k es un factor de seguridad aplicado al LIE entre 0,25 y 0,5 véase fórmula.

Tabla nº 10. Cálculo del tiempo de dispersión de la atmósfera peligrosa una vez cesado la fuente de emisión.



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

4.3 Determinación de la disponibilidad de la ventilación

La disponibilidad e ventilación es un dato que podemos obtener directamente de la norma UNE 60079-10, sin embargo las definiciones de grado de disponibilidad buena o mediocre no son demasiadas precisas, por ello debemos de intentar conseguir el grado de ventilación muy bueno, el cual se logra enclavando la ventilación cuando es forzada, al funcionamiento de la activad o equipo, por ejemplo a través del corte de suministros energéticos, tanto gas como energía eléctrica. Las definiciones de grado de ventilación se indican a continuación.

- > **Muy buena.** La ventilación existe de forma prácticamente permanente. Una disponibilidad muy buena requeriría normalmente, en caso de avería, el arranque automático de las soplantes de reserva. No obstante, si cuando la ventilación ha fallado se adoptan medidas para evitar el escape de sustancia inflamable (por ejemplo, por parada automática del proceso).
- > **Buena.** La ventilación se espera que exista durante el funcionamiento normal. Las interrupciones se permiten siempre que se produzcan de forma poco frecuente y por cortos períodos.
- > **Mediocre.** La ventilación no cumple los criterios de la ventilación muy buena o buena, pero no se espera que haya interrupciones prolongadas.

4.4 Determinación del tipo de zona

Una vez que hemos determinado el grado de emisión, el grado de ventilación y la disponibilidad de ventilación, se debe acudir a la tabla nº 11 , recogida en la norma UNE 60079-10, para determinar el tipo de zona del emplazamiento peligroso.

Lo ideal es obtener un tipo de zona de extensión despreciable, (ED). Si tenemos grado de ventilación medio y disponibilidad de ventilación buena, el primer tipo de zona está rodeada por un segundo tipo de zona, indicado por el símbolo "+", el cual se debería de calcular la extensión de zonas considerando que la ventilación forzada está fuera de uso, si fuera ventilación natural, se rodearía el primer tipo de zona por otro de igual extensión.

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables

Grado de la emisión	Grado de la ventilación						
	Alto			Medio			Bajo
	Disponibilidad de la ventilación						
	Muy buena	Buena	Mediocre	Muy buena	Buena	Mediocre	Muy buena, Buena o Mediocre
Continuo	Zona 0 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 0 ED Zona 2 ¹	Zona 0 ED Zona 1 ¹	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	Zona 1 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 1 ED Zona 2 ¹	Zona 1 ED Zona 2 ¹	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 ³
Secundario²	Zona 2 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 2 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e igual Zona 0 ³

¹ Zona 0 ED, 1 ED o 2 ED indica una zona teórica despreciable en condiciones normales.

² La Zona 2 creada por un escape de grado secundario puede ser excedida por las zonas correspondientes a los escapes de grado continuo o primario; en este caso debe tomarse la extensión mayor.

³ Será Zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que prácticamente la atmósfera explosiva esté presente de manera permanente, es decir, es una situación próxima a la de ausencia de ventilación.

Nota. "+" significa "rodeada por".

Tabla n° 11. Determina el tipo de zona del emplazamiento peligroso.

- Zona 0.** Es un emplazamiento en el que una atmósfera de gas explosiva está presente en forma continua o por largos períodos.
- Zona 1.** Es un emplazamiento en el que es probable que aparezca una atmósfera de gas explosiva en funcionamiento normal.
- Zona 2.** Es un emplazamiento en el que no es probable que aparezca una atmósfera de gas explosiva en funcionamiento normal y si aparece es probable sólo de forma infrecuente y en períodos de corta duración.

4.5 Extensión de zonas

Para determinar la extensión de zonas se utilizan las fórmulas de mecánica de fluidos que vienen recogidas en la guía CEI 31-35. Dentro de los posibles casos de fuentes de emisión y sus extensiones, se indican en la tabla n° 12 tres casos por ser los más habituales: fuente de emisión en régimen subsónico, caso típico de una emisión por venteos, fuente de emisión sónica: caso típico de un escape de gas por una brida, y por último fuente de emisión producido por un charco de líquido inflamable, caso típico de un derrame accidental. Para otros casos, como gas líquido por refrigeración o por presión, por ejemplo GLP, se aconseja al lector acudir a la guía CEI 31-35.

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Fuente
de emisión

Ambientes Abiertos
Ambientes Cerrados
se multiplica por K_z $k_z = 0,9 \cdot e^{\frac{76 \cdot X_m\%}{M \cdot LIE\%vol}}$

Elementos del sistema
de contención. Subsónico



$$dz = \left(\frac{42300 \times Q_g \times f}{M \times LIE\%vol \times w} \right)^{0,55} \times 1,2$$

Elementos del sistema
de contención. Sónico



$$d_z = 16,5(P \times 10^{-5})^{0,5} \times M^{-0,4} \left(\frac{LIE\%vol}{100} \right)^{-1} \times A^{0,5} \times 1,5$$

Charco de líquido
inflamable



$$d_z = (P_v \cdot 10^{-5})^a \cdot M^b (LIE\%vol)^c \cdot A^d (4 - W)$$

		a	b	c	d
$P_v \leq 2 \cdot 10^4$ Pa ($P_v \leq 0,2$ bar)	$w = 0,5$ m/s	0,26	- 0,20	- 0,25	0,67
$P_v > 2 \cdot 10^4$ Pa ($P_v > 0,2$ bar)	$w = 0,5$ m/s	0,10	- 0,10	- 0,26	0,70

Tabla nº 12. Cálculo de extensión de zonas.

Donde:

dz distancia de la zona peligrosa.

e base logarítmica.

$X_m\%$ Concentración media de sustancia peligrosa.

$LIE\%vol$ límite inferior de Explosividad.

A sección del orificio de emisión o superficie de un charco o área de evaporación de la superficie libre de un líquido en un recipiente, mm^2 .

W velocidad del aire, m/s.

f factor de eficacia de la ventilación de 1 a 5.

r_{eq} radio equivalente del charco de cualquier otra forma, m.

M masa molecular, kg/kmol.

Pa presión atmosférica = 101 300 Pa; 2,513 bar.

R constante universal de los gas = 8314 J/kmol K.

T temperatura absoluta de escape, °k.

P_v presión (tensión) de vapor de la sustancia inflamable, Pa.

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables

En la tabla nº 13 se muestra una serie de ejemplos de aplicación en el caso de gas sometido a presión. Datos temperatura sustancia 20 °C temperatura ambiente 20 °C Orificio 5 mm².

Presión relativa bar	Gas Propano		Gas Metano	
	Tasa escape kg/s 10 ⁻³ 1,2xd _z m	Distancia de seguridad a	Tasa escape kg/s 10 ⁻³ 1,2xd _z m	Distancia de seguridad a
0,25	1,30	0,85	7,25	0,65
0,50	1,80	0,90	10,00	0,70
0,75	2,10	1,00	12,10	0,75
1,00	2,40	1,00	14,00	0,80
1,25	2,80	1,00	16,80	0,85
1,75	3,40	1,50	19,10	0,95
2,00	3,70	1,50	20,80	1,00
3,00	4,94	2,00	27,80	1,50
5,00	7,04	2,00	41,70	1,50
10,00	13,10	2,50	76,00	2,00
20,00	25,80	3,50	145,00	3,00
30,00	38,20	4,50	215,00	3,50
50,00	62,80	5,50	353,00	4,00
100,00	124,00	7,50	700,00	6,00

Tabla nº 13. Ejemplos de aplicación de extensión de zonas en el caso de gas sometido a presión.

Para otra aperturas: la tasa es proporcional al tamaño del orificio, sin embargo la distancia a en mm² es proporcional a la raíz cuadrada: $(a/5)^{0,5}$.

Esta tabla es válida tanto para ambientes abiertos como cerrados cuando se cumple que $Kz < 0,7$ LIE.

En la tabla nº 14 se muestra una serie de ejemplos de aplicación para el caso de la extensión de zonas debida a un charco de gasolina con una superficie A m² a una velocidad del aire de 0,01 m/s con un factor de ventilación f=1 a temperatura de 20 °C, tensión de vapor de la gasolina a 40 °C 80221 Pa, presión atmosférica Pa = 1,013 bar.



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

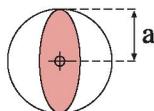
A superficie del charco m ²	Qg tasa de emisión 10-4 kg/s	Distancia peligrosa a m
1	1,40	3,0
2	2,40	4,5
3	4,40	6,5
5	6,55	8,5
7	9,00	11,0
8	0,20	12,0
10	12,6	14,0
15	18,5	18,0

Tabla n° 14. Ejemplos de aplicación para el caso de la extensión de zonas debida a un charco de gasolina.

Forma de la zona peligrosa

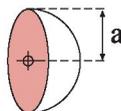
- > Cuando no es conocida la dirección de la emisión, a favor de la seguridad, se puede asumir una esfera de radio "a" y en el centro en la fuente de emisión. **Figura n° 1.**

Figura n° 1. Zona tipo esférica.



- > Cuando una de las direcciones de emisión es entorpecida (por ejemplo un muro) se puede asumir una semiesfera de radio "a"; **Figura n° 2.**

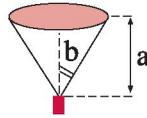
Figura n° 2. Zona tipo semiesférica.



- > Cuando es conocida la dirección de emisión (por ejemplo una válvula de seguridad) se puede asumir como forma de la zona peligrosa un cono de altura "a" y ángulo de apertura oportuno. El volumen peligroso (V_p) es el volumen de este cono. **Figura n° 3.**

Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases inflamables

Figura nº 3. Zona tipo cónica.

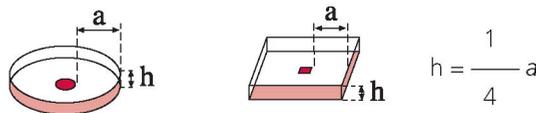


- > La emisión de vapor de la superficie de un líquido inflamable determina una zona peligrosa que se extiende a lo largo de la dirección del aire de ventilación, para una distancia "a" calculado en base a la distancia de "dz". A favor de la seguridad, se asume que la zona peligrosa se extiende, desde el borde del charco, la distancia a, en todas las direcciones.

Verticalmente (h) la extensión es más reducido, cuanto superior es la densidad del vapor respecto al aire. Extensiones verticales iguales a 1/4 de la distancia es adecuada para la mayor parte de los casos.

Figura nº 4.

Figura nº 4. Zona debida a un charco.



En el caso de líquido inflamable de vapores más pesados del aire, en el interior de un recipiente, la zona peligrosa se extiende hasta la altura del recipiente.

Bibliografía

- > Norma UNE-EN 60079-10 Clasificación de emplazamientos peligrosos debido a gases o vapores combustibles.

Nota sobre las normas UNE.

Se ha publicado en noviembre de 2010 una nueva norma UNE-EN 60079-10-1, la cual sustituye a la Norma EN 60079-10:2003 en marzo de 2012.

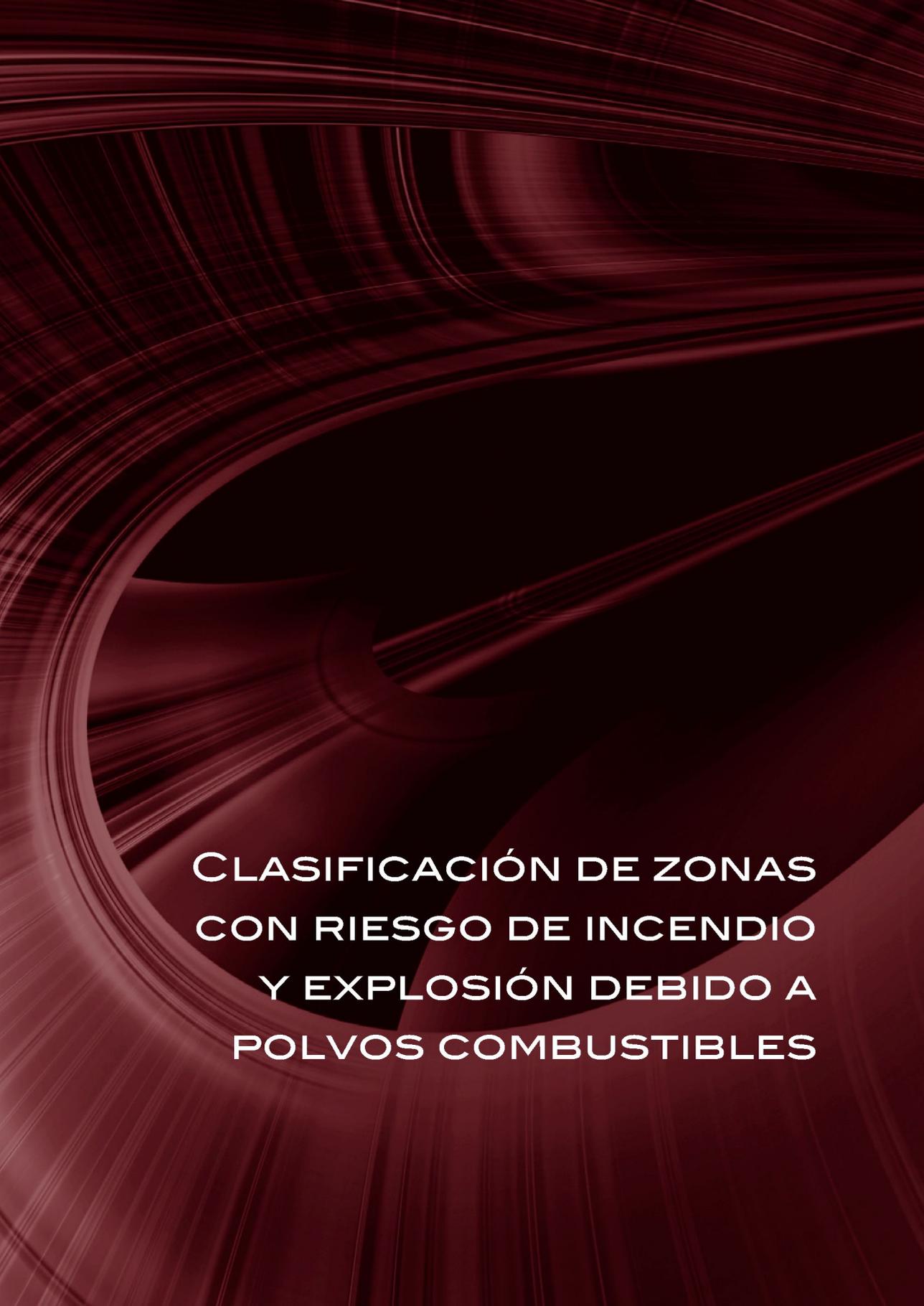
Los cambios relevantes desde el punto de vista técnico con respecto a la Norma EN 60079-10:2003 son los siguientes:





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

1. Incorporación del anexo D referido a riesgos de explosión causados por nieblas inflamables originadas por la liberación a presión de líquidos con un alto punto de destello.
 2. Incorporación del capítulo A.3 (tasa de escape) el cual ofrece fórmulas termodinámicas para tasas de escape con un número de ejemplos para la estimación de ésta para fluidos y gases.
- > Guías técnicas CEI 31-35 del comité electrotécnico Italiano para la Clasificación de emplazamientos peligrosos debido a gases o vapores combustibles.



**CLASIFICACIÓN DE ZONAS
CON RIESGO DE INCENDIO
Y EXPLOSIÓN DEBIDO A
POLVOS COMBUSTIBLES**

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Para la determinación de las zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvo combustible la guía del INSHT no propone ningún método numérico para la determinación de la extensión de las zonas clasificadas como 20, 21 o 22.

La norma **UNE 61241-10** nos establece una determinación de zonas de 1 m en condiciones normales alrededor de las posibles fuentes de fuga, sin embargo normas de reconocido prestigio como la **CEI 31-56**, de la cual se trata en este manual, nos establece un método numérico para la determinación de la extensión de zonas basándose en varios parámetros como Presión interna del sistema de contención del polvo, Altura de la fuente de emisión Caudal de emisión, Humedad del polvo combustible, Tipo de ambiente (cerrado o abierto), Velocidad de sedimentación del polvo, Velocidad del aire y Tamaño medio de las partículas.

Recientemente se ha publicado una nueva norma **UNE-EN 60079-10-2** Atmósferas explosivas: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo, la cual sustituirá a la norma UNE 61241 en junio del 2012.

Al igual que en el caso anterior de clasificación de zonas por gases inflamables, se ha entendido oportuno el recoger los métodos empíricos propuestos por esa normativa para obtener un mayor grado de seguridad desde la fase de diseño.

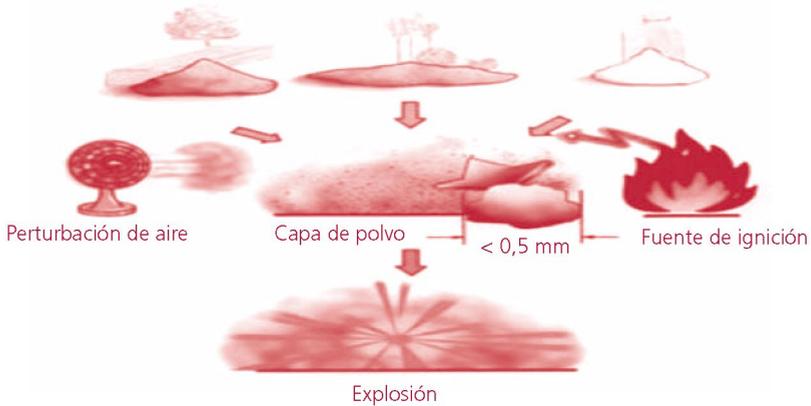
1. Introducción

Son numerosas los procesos industriales donde se manipulan productos que pueden originar nubes de polvo combustibles capaces de originar una explosión, las industrias alimentarias manipulan granos, textiles, farmacéuticas, etc.

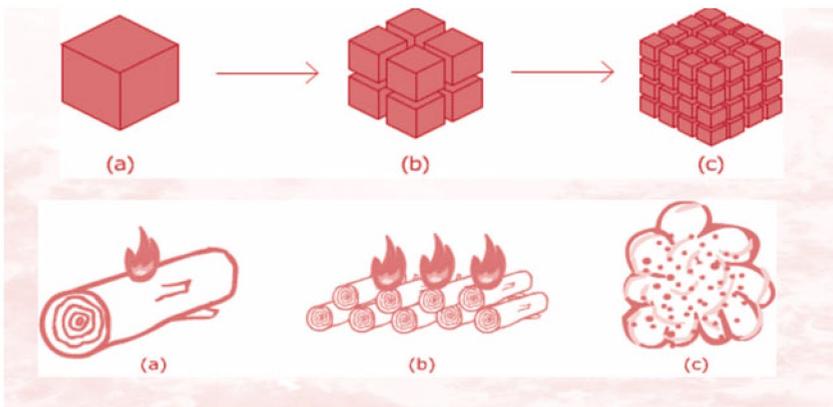


PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Proceso de explosión debido al polvo combustible



A MAYOR SUPERFICIE DE OXIDACIÓN MAYOR COMBUSTIÓN



Un polvo combustible no es peligroso en capas o depositado en una superficie, hasta que una corriente de aire le diluye en la atmósfera hasta alcanzar una concentración suficiente para poder deflagar.

En la normativa interna española existen dos normas **UNE** que tienen como objeto la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles.

- > UNE-EN 50281-3 Aparatos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles. Parte 3: Clasificación de emplazamientos en

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

donde están o pueden estar presentes polvos combustibles. (Versión española de la norma Europea EN-50281-3). **Anulada.**

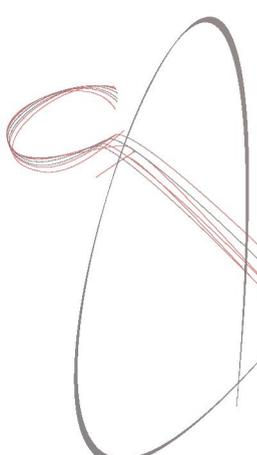
- > UNE 202004-3. Aparatos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles. Parte 3: Clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles. (Versión española de la norma internacional CEI 61241-3:1997). **Anulada.**
- > **UNE-EN 61241-10:2005.** Material eléctrico para uso en presencia de polvo combustible. Parte 10: Clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles. **Anula a las dos anteriores.**
- > **UNE-EN 60079-10-2. 2010.** Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos Atmósferas explosivas de polvo. Esta norma sustituye a la Norma UNE- EN 61241-10:2005 en junio de 2012. Los cambios técnicos significativos con respecto a la Norma EN 61241-10:2004 son los siguientes:
 - Los riesgos ocasionados por el polvo se han aclarado;
 - Se ha introducido el concepto de "grupo de polvo";
 - Se ha introducido el anexo D donde se explica los niveles de protección de equipos (EPLs);
 - Se ha ampliado la distancia habitual para la zona 22 a partir de la zona 21 desde 1 m hasta 3 m.

La norma UNE-EN 61241-10:2005 es de obligado cumplimiento en la clasificación de zonas para la elección de material eléctrico según el REBT RD 842/2002 ITC 29 art. 4.1.2.

Estas norma UNE indican una metodología para la clasificación de zonas debido a polvos combustibles, sin embargo no indican ningún método matemático que se pueda seguir para la extensión de las zonas, lo único que nos indica la norma **UNE-EN 61241-10:2005** sobre este tema es lo siguiente: "6.4.2. La extensión del emplazamiento fuera de los equipos que contienen una fuente de escape depende también de varios parámetros relativos al polvo, tales como las cantidades, el caudal, el tamaño de las partículas y el contenido de humedad del producto. Esta zona debería solamente ser una pequeña extensión. Habitualmente, es suficiente una distancia de 1 m alrededor de la fuente de escape (con una extensión vertical en dirección al suelo o al nivel de un piso sólido)". Y para la zona 22 "6.4.3. Habitualmente es suficiente un área de 1 m más allá de la zona 21 y alrededor de la fuente de escape".

Sin embargo en esta norma no se recogen las explicaciones suficientes para la extensión de zonas propuesta.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Ahora bien, esta recomendación se debe aplicar como norma general pero siempre justificando la razón o motivos que ha llevado al técnico proyectista a elegir esta extensión de la zona, ya que como las propias normas UNE nos indican, la extensión de zonas depende de varios factores, como cantidad de polvo, caudal, tamaño de polvo, contenido en humedad.

Por ello se debe justificar siempre la elección de la extensión de zonas.

Debido a que como ya hemos dicho, las normas UNE no indican ningún método matemático para determinar la extensión de zonas debemos acudir a normas o guías técnicas de reconocido prestigio para justificar la extensión de zonas.

Así en este manual nos basamos en la guía técnica CEI 31-56 del Comité Eléctrico Italiano, el cual gracias a un análisis detallado de todos los parámetros que intervienen en la clasificación de zona con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles, nos sirve de ayuda para justificar nuestra elección de la extensión de zona peligrosa.

Esta guía técnica CEI 31-56 se basa en la norma EN 50281-3 y la desarrolla para determinar con todos los parámetros posibles la determinación de la extensión de zonas.

Los parámetros que utiliza para determinar la extensión de zonas son los siguientes:

- Presión interna del sistema de contención del polvo.
- Altura de la fuente de emisión.
- Caudal de emisión.
- Humedad del polvo combustible.
- Tipo de ambiente (cerrado o abierto).
- Velocidad de sedimentación del polvo.
- Velocidad del aire.
- Tamaño medio de las partículas.

Como puede apreciarse esta guía técnica utiliza ciertos parámetros que en principio las normas UNE no les tenía en cuenta pero sin embargo son necesarios para la extensión de zonas.

Por otra parte esta guía técnica CEI 31-56 establece algunos parámetros o métodos para la desclasificación de zonas, teniendo en cuenta unas determinadas características de continuidad del servicio de los mismos:

- Sistema de ventilación general.
- Sistemas de ventilación localizada en las proximidades de las fuentes de emisión.
- Sistema de contención de polvos en depresión.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

- Eliminación de las capas de polvos presentes en el entorno.
- Inertización de la atmósfera peligrosa.
- Inertización de los polvos combustibles.
- Presurización del local clasificado.

Utilizando unos o varios métodos de los señalados podemos definir el local como zona no clasificada o no peligrosa.

Sobre la extensión de zonas debida a las capas o acumulaciones de polvos combustibles, la guía técnica CEI 31-56 establece una serie de cálculos matemáticos para determinar la cantidad de polvo existente en estas capas y si resultan peligrosos teniendo en cuenta el Límite Inferior de Explosividad de estos polvos combustibles.

Todos estos cálculos y métodos se basan en las distintas características físicas de los polvos, como pueden ser:

- Tamaño medio de las partículas.
- Límite Inferior de Explosividad.
- Sobrepresión máxima de la explosión.
- Índice de Explosividad.
- Clase de Explosividad.
- Concentración límite de oxígeno.
- Energía mínima de ignición.
- Temperatura de ignición de la nube.
- Temperatura de la ignición en capas.
- Conductividad del polvo.
- Densidad absoluta del polvo.

Para la determinación de estos parámetros de cada tipo de polvo la guía CEI 31-56 establece en una tabla estas características para 137 tipos diferentes de polvos combustibles.

2. Metodología para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

Esta metodología se indica en las dos normas UNE ya indicadas.

Para la clasificación de zonas con riesgo de polvos combustibles de estas normas nos indican un procedimiento similar a la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debida a gases inflamables UNE 60079-10 pero con varias diferencias fundamentales.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

1. La ventilación general no es aconsejable para la eliminación de zonas es más podría ser contraproducente porque podría generar nubes de polvo desde los depósitos de polvo en capas. Por lo tanto debemos recurrir a la ventilación localizada para la extracción de polvo combustible que pudiera dar origen a una zona clasificada.
2. Los polvos combustibles a diferencia de los gases no se diluyen en el ambiente y se acumulan en capas que se deben considerar como fuentes de escape.

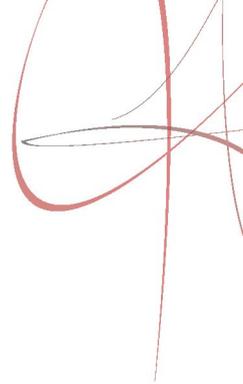
Teniendo en cuenta estas dos diferencias importante se resume a continuación el procedimiento a seguir para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles:

Se entiende por atmósfera de polvo explosivo como aquella mezcla de aire, en condiciones atmosféricas, con sustancias inflamables bajo la forma de polvo o de fibras en las que, después de su ignición, la combustión se propaga al resto de la mezcla no quemada.

Se deberán clasificar como **zona 20, 21 o 22** los lugares en el que el polvo combustible está, o puede preverse su presencia, bajo la forma de nube o de capa, en cantidades tales que sea necesario tomar precauciones específicas para la construcción y la utilización de materiales eléctricos para evitar la ignición de una mezcla de polvo/aire explosiva o de una capa de polvo combustible.



Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



2.1 Determinar las características del polvo combustibles

La primera etapa consiste en la determinación de las características del polvo combustible para diseñar los modos de protección que sean necesarios.

A este respecto la guía técnica CEI 31-56 recoge las características de 137 tipos de polvo.

2.2 Identificación de las fuentes de escape y su grado

El polvo combustible suele aparecer como un residuo del proceso, carpinterías, almacenamiento de sustancias polvorientas, talleres de confección y en otras ocasiones puede ser el producto en sí mismo como las harineras.

Dependiendo sea el local a clasificar de un modo u otro tendremos que tratar el proceso para evitar que haya atmósferas explosivas.

En primer lugar se debe de cuidar que el diseño de la instalación o proceso industrial debe de ser tal que reduzca al mínimo la generación de polvo combustible a través de procesos cerrados, almacenes en silos, o aspiración local de la que hablaremos posteriormente.

Los tipos de fuentes son las siguientes:

Fuentes continuas de una nube de polvo: lugares en los que puede existir una nube de polvo de forma continua o puede preverse su presencia durante largos períodos o durante cortos periodos que se repiten frecuentemente. Darán lugar a zonas 20. Como por ejemplo los interiores de los equipos de proceso tales como silos, mezcladoras y molinos, en los que se introduce o se forma polvo.

Grado de emisión primaria: una fuente que puede preverse que tenga emisiones periódica u ocasionalmente, durante el funcionamiento normal. Normalmente darán lugar a zonas 21. Ejemplo: En el interior de ciertos equipos de extracción, o en las proximidades a un punto de llenado de sacos abiertos.



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Grado de emisión secundaria: una fuente que no se prevé que tenga emisiones durante el funcionamiento normal y, si tiene emisiones, es susceptible de hacerlo de forma poco frecuente y durante cortos períodos. Normalmente darán lugar a zonas 22. Ejemplo: las bocas de inspección que necesitan estar abiertas ocasionalmente y sólo durante periodos muy cortos, y locales de manipulación de productos pulverulentos en donde hay depósitos de polvo.

Fuente y grado de escape



continuo



primario



secundario

2.3 Identificación de la posibilidad de formación de capas de polvo potencialmente peligrosas

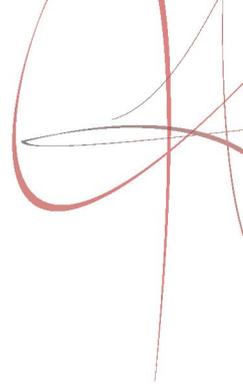
En la mayoría de los casos, una capa de polvo contiene suficiente polvo como para crear mezclas explosivas de polvo/aire. Todos los lugares en las que se forman capas de polvo con espesor suficiente y en las que, debido a operaciones del proceso, se pueden remover para constituir mezclas explosivas de polvo/aire el lugar, por lo tanto, debe clasificarse.

Otro de los riesgos que posee las capas de polvo son el de producir un incendio debido a que se depositan sobre equipos o aparatos eléctricos susceptibles de que la cubierta alcance una temperatura tan elevada que pueda producir la ignición del polvo en capa.

Se debería tener en cuenta el hecho de que con el tiempo, es igualmente posible la formación de capas de polvo peligrosas a partir de nubes de polvo muy diluidas.

El lugar se clasificará como seguro solamente si la capa se elimina por medio de limpieza, antes de que se pudieran formar mezclas peligrosas de polvo/aire, y además tener un diseño adecuado para que el proceso de limpieza sea adecuado y permita la eliminación de todas las posibles capas de polvo.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



En función de la frecuencia de las perturbaciones se clasificarán las zonas donde existan capas como zona 21 si las perturbaciones son frecuentes o zona 22 si las perturbaciones son ocasionales.

2.4 Extensión de zonas

Como hemos indicado anteriormente, en esta norma UNE-EN 61.241-10 se realiza una serie de consideraciones para la extensión de zonas peligrosas, para la zona 21, habitualmente, es suficiente una distancia de 1 m alrededor de la fuente de escape (con una extensión vertical en dirección al suelo o al nivel de un piso sólido) y para la zona 22 habitualmente es suficiente un área de 1 m más allá de la zona 21 y alrededor de la fuente de escape.

Sin embargo en esta norma no se recogen las explicaciones suficientes para la extensión de zonas propuesta.

Ahora bien, esta recomendación se debe aplicar como **norma general** pero siempre justificando la razón o motivos que ha llevado al técnico proyectista a elegir esta extensión de la zona, ya que como las propias normas UNE nos indican, la extensión de zonas depende de varios factores, como cantidad de polvo, caudal, tamaño de polvo, contenido en humedad.

Por ello se debe justificar siempre la elección de la extensión de zonas.

Debido a que como ya hemos dicho, las normas UNE no indican ningún método matemático para determinar la extensión de zonas debemos acudir a normas o guías técnicas de reconocido prestigio para justificar la extensión de zonas.

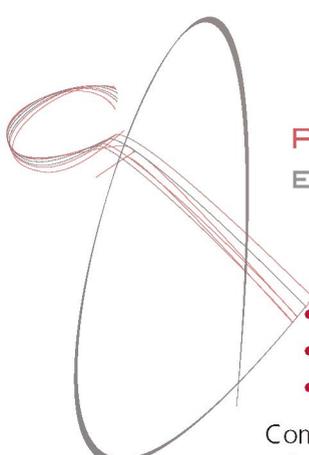
Así en este manual nos basamos en la guía técnica CEI 31-56 del Comité Eléctrico Italiano, el cual gracias a un análisis detallado de todos los parámetros que intervienen en la clasificación de zona con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles, nos sirve de ayuda para justificar nuestra elección de la extensión de zona peligrosa.

Esta guía técnica CEI 31-56 se basa en la norma EN 50281-3 y la desarrolla para determinar con todos los parámetros posibles la determinación de la extensión de zonas.

Los parámetros que utiliza para determinar la extensión de zonas son los siguientes:

- Presión interna del sistema de contención del polvo.
- Altura de la fuente de emisión.
- Caudal de emisión.
- Humedad del polvo combustible.
- Tipo de ambiente (cerrado o abierto).





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

- Velocidad de sedimentación del polvo.
- Velocidad del aire.
- Tamaño medio de las partículas.

Como puede apreciarse esta guía técnica utiliza ciertos parámetros que en principio las normas UNE no les tenía en cuenta pero sin embargo son necesarios para la extensión de zonas.

Por lo tanto podemos extender las zonas utilizando por una parte la recomendación de la norma UNE justificándolo a través de tener en el proceso industrial parámetros que afectan a la extensión dentro de unos límites "normales".

Y por otra parte podemos analizar la extensión de zonas utilizando el método matemático recomendado por la guía de reconocido prestigio CEI 31-56 del CEI.

Extensiones de zonas utilizando la recomendación de la norma UNE

Como se ha comentado anteriormente si los parámetros que afectan a la extensión de zonas están dentro de unos límites "normales" se puede seguir esta recomendación.

Como límites normales podemos indicar los siguientes:

- > Presión interna del sistema de contención del polvo: presión atmosférica, no existe presión interna que favorezca la dispersión del polvo combustible.
- > Altura de la fuente de emisión: inferior a 3 metros. Si la fuente se encuentra superior a esta altura la dispersión puede ser superior y por lo tanto la extensión de zonas mayor.
- > Caudal de emisión: según la guía técnica CEI 31-56 se considerará que se encuentra en unos límites normales para aplicar el criterio de las normas cuando se cumpla esta relación:

$$\frac{LEL \cdot 10^{-3} \cdot U_t \cdot d_0^2}{2 \cdot Q_d} > 10$$

Siendo:

- LEL límite inferior de explosión, g/m³.
- U_t velocidad de sedimentación, m/s.
- d₀ distancia de referencia de la norma 1 m.
- Q_d cantidad o caudal de emisión, kg/s.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

En el caso que fuera menor de 10, es decir que no se cumpliera esta relación se podría considerar que se reduciría la extensión de zonas.

- > Humedad del polvo combustible. Si es inferior al 12% se considera normal, si aumenta la humedad del polvo podremos reducir la extensión de zonas.
- > Tipo de ambiente (cerrado o abierto). En ambiente abierto podremos reducir la extensión de zonas, en ambiente cerrado se considera la situación normal.
- > Velocidad de sedimentación del polvo. Velocidad del aire. Tamaño medio de las partículas. Unimos estas tres variables o factores que influyen en la extensión de zonas.

Por un lado se debe calcular velocidad de sedimentación de las partículas con la fórmula siguiente:

$$u_t = \frac{\rho \cdot (d_m \cdot 10^{-6})^2 \cdot g}{18 \cdot \mu}$$

Donde:

- U_t velocidad de sedimentación, m/s.
- ρ densidad del polvo, kg/m³.
- d_m diámetro medio de las partículas, micrometros.
- g aceleración de la gravedad 9,81 m/s².
- μ coeficiente de viscosidad dinámica del aire 1,8 10⁻⁵ Ns/m².

El coeficiente en el que intervienen estos parámetros realcita la velocidad del aire con al velocidad de sedimentación:

Condición	Factor multiplicativo Kw
$\frac{w}{U_t} > 5$	3
$\frac{w}{U_t} > 3$	2
$\frac{w}{U_t} \leq 3$	1



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Por lo tanto se considerará condición normal cuando el factor sea 1 si la relación entre la velocidad del aire y la velocidad de cimentación es inferior a igual a 3.

Si se dan todas estas condiciones se puede considerar que la extensión de zonas es la recomendada por las normas UNE, sin embargo si alguna de estas condiciones varía de la condición de normalidad (según la guía CEI 31-56) se deben considerar entonces que la extensión de zonas aumenta o disminuye según lo indicado en la sección siguiente.

Las zonas 20 en estas condiciones de normalidad, se extienden al interior de los recipientes contenedores de polvo o granos.

La extensión de la zona 21 se produce por una fuente de escape de grado primario origina zonas 21 y se extiende en estas condiciones de normalidad 1 m alrededor del perímetro de la fuente (tal como una boca abierta) y se debe extender verticalmente hasta el suelo o hasta el nivel de una plataforma sólida; además hay que recordar lo que se ha visto en el apartado 3º, capas de polvo. Si una fuente de grado primario posee extracción localizada podría pasar a zona 22.

La zona 22 en general, se generará por una fuente de grado secundario y se extenderá en estas condiciones de normalidad horizontalmente una amplitud de 1 m alrededor de la fuente de escape y se debe extender verticalmente hasta el suelo, o hasta el nivel de una plataforma sólida.

Una zona 21 no confinada (no limitada por estructuras mecánicas, tales como recipiente con boca abierta) situada en el interior, debe estar siempre rodeada por una zona 22. Esto se debe a la formación de capas de polvo.

Extensión zonas



ZONA 20

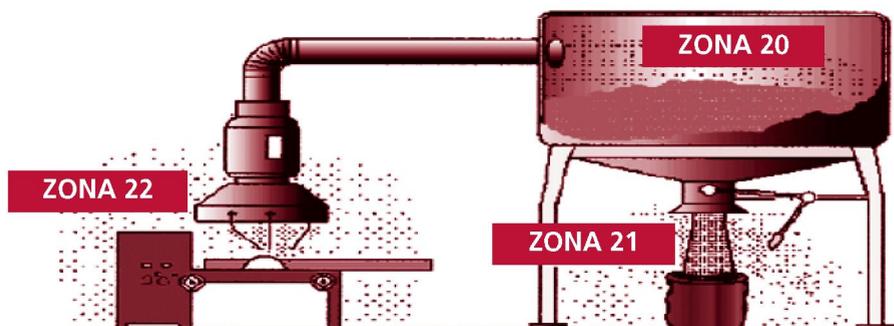


ZONA 21



ZONA 22

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Grado de fuente	Zonas	Extensión
Continua	20	Interior equipos
Primaria	21	Normalmente 1 m alrededor
Secundaria	22	Normalmente 1 m alrededor

Extensión de zonas según la guía técnica CEI 31-56

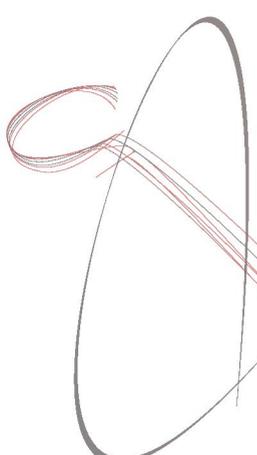
La guía técnica se basa en las indicaciones de las normas UNE, pero amplía el concepto de normalidad para decidir si se debe extender las zonas 1 m alrededor de la fuente de emisión:

Las zonas 20, se extienden al interior de los recipientes contenedores de polvo o granos.

La extensión de la zona 21 se produce por una fuente de escape de grado primario origina zonas 21 y se extiende en condiciones de normalidad 1 m alrededor del perímetro de la fuente (tal como una boca abierta) y se debe extender verticalmente hasta el suelo o hasta el nivel de una plataforma sólida; además hay que recordar lo que se ha visto en el apartado 3º, capas de polvo. Si una fuente de grado primario posee extracción localizada podría pasar a zona 22. Sino se cumplen las condiciones de normalidad se debe de aplicar la siguiente fórmula matemática para determinar la extensión de zona.

La zona 22 en general, se generará por una fuente de grado secundario y se extenderá en condiciones de normalidad horizontalmente una amplitud de 1 m alrededor de la fuente de escape y se debe extender verticalmente hasta el suelo, o hasta el nivel de una plataforma sólida. Sino se





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Si se cumplen las condiciones de normalidad se debe de aplicar la siguiente fórmula matemática para determinar la extensión de zona.

Una zona 21 no confinada (no limitada por estructuras mecánicas) situada en el interior, debe estar siempre rodeada por una zona 22. Esta zona 22 normalmente es de pequeña extensión 1 m.

La extensión de zonas se podría considerar despreciable cuando:

- Para la zona 20 $< 1 \text{ dm}^3$.
- Para la zona 21 $< 10 \text{ dm}^3$.
- Para la zona 22 $< 100 \text{ dm}^3$.

Cuando algunas de las variables que intervienen en la extensión de zonas son superiores a los parámetros indicados anteriormente, no se considera condición de normalidad y la extensión de zonas ya no es 1 m y se calculará utilizando la siguiente fórmula para determinar la extensión de zonas.

$$d_z = (d_0 + d_h) \cdot (K_d \cdot K_u \cdot K_{ta} \cdot K_w)$$

Donde:

- d_z Extensión de zonas en m.
- d_0 distancia de referencia m.
- d_h distancia en función de la altura de la fuente de emisión m.
- K_d Coeficiente que depende de varios factores como el LIE y del caudal.
- K_u coeficiente relativo al contenido de humedad del polvo.
- K_{ta} coeficiente relativo al tipo de ambiente, cerrado o abierto.
- K_w coeficiente que depende de la velocidad del aire y de la velocidad de cimentación.

A continuación se explica el cálculo de cada uno de ellos y su aportación a la extensión de zonas:

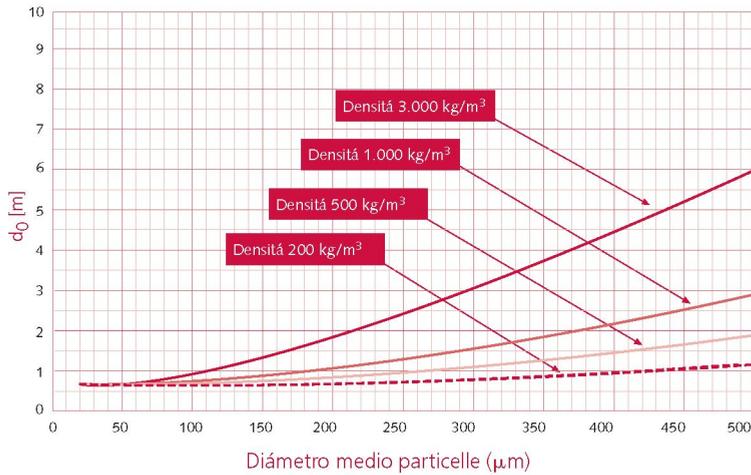
d_0 distancia de referencia m

Esta distancia de referencia depende de la presión interna del contenedor del polvo. Si el contenedor tiene presión atmosférica o la acción generadora de polvo combustible se realiza a presión atmosférica, este valor será 1 m.

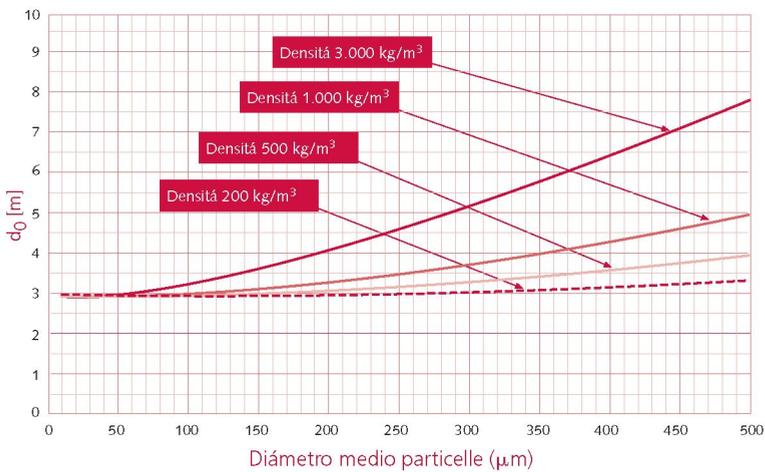
Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

Sin embargo si el contenedor posee una presión superior a la atmosférica el valor aumentará dependiendo del diámetro medio de la partícula de la densidad del polvo y de la velocidad del aire según las siguientes gráficas:

distanza d_0 (emissione a alta velocità - $w = 0,5$ m/s)



distanza d_0 (emissione a alta velocità - $w = 2$ m/s)



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

d_h distancia en función de la altura de la fuente de emisión m

Cuando la altura de la fuente de emisión al suelo no es inferior o próxima a 3 metros la distancia de referencia d_0 se debe aumentar en función de la siguiente tabla:

Condición Altura fuente de emisión	d_h en m
$h > 20$ m	1,0
$20 > h > 3$	0,5
$h < 3$	0

K_d Coeficiente que depende de varios factores como el LIE y del caudal

El coeficiente K_d depende de varios factores, límite inferior de Explosividad, velocidad de sedimentación, distancia de referencia y caudal de emisión según la regla siguiente:

Condición	K_d
$\frac{LIE \cdot 10^{-3} \cdot U_t \cdot d_0^2}{2 \cdot Q_d} > 10$	0,5
$\frac{LIE \cdot 10^{-3} \cdot U_t \cdot d_0^2}{2 \cdot Q_d} \leq 10$	1

Por lo tanto se trata de un factor reductor de la distancia o extensión de zona.

Siendo:

- LEL límite inferior de explosión, g/m^3 .
- U_t velocidad de sedimentación, m/s .
- d_0 distancia de referencia de la norma m.
- Q_d cantidad o caudal de emisión, kg/s .

La velocidad de emisión se puede calcular de la siguiente forma:

$$u_t = \frac{\rho \cdot (d_m \cdot 10^{-6}) \cdot g}{18 \cdot \mu}$$

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

Donde:

- U_t velocidad de sedimentación m/s.
- ρ densidad del polvo, kg/m³.
- d_m diámetro medio de las partículas, micrometros.
- g aceleración de la gravedad 9,81 m/s².
- μ coeficiente de viscosidad dinámica del aire 1,8 10⁻⁵ Ns/m².

El cálculo del caudal de emisión Q_d es complicado. Mientras en los gases el cálculo de esta tasa se utiliza fórmula de mecánica de fluidos cuando se trata de polvos combustibles no se pueden utilizar ninguna fórmula matemática por lo que se utiliza una aproximación del caudal de emisión.

En general la determinación de la tasa de emisión se basa en la experiencia práctica y sobre la consideraciones de orden práctico de rapidez en la intervención en caso de avería.

En los casos que no se pueda realizar el cálculo de la tasa de emisión se puede determinar de forma aproximada refiriéndose a lo indicado en la siguiente tabla en función de la consideración del técnico proyectista, en función del caudal total P_p del proceso origen de emisión.

La fuente de emisión. Q_d

Valoración	Estimación
Grande	30% del caudal total P_p
Mediano	5% del caudal total P_p
Bajo	1% del caudal total P_p

K_u coeficiente relativo al contenido de humedad del polvo

Para determinar el coeficiente relativo al contenido de humedad del polvo se puede utilizar la siguiente tabla:

Contenido de humedad del polvo %	Intervalo del valor del coeficiente	Coficiente K_u
Del 40 al 50%	Entre 0,3 y 0,5	0,3
Del 12 al 40%	Entre el 0,5 y el 1,0	0,8
Inferior al 12%	Entre el 1 y 1,2	1,0



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

K_{ta} coeficiente relativo al tipo de ambiente, cerrado o abierto

Para determinar el coeficiente relativo al tipo de ambiente, cerrado o abierto se puede utilizar la siguiente tabla:

Tipo de ambiente	Intervalo del valor del coeficiente	Coficiente K_{ta}
Abierto	Entre 0,5 y 0,7	0,5
Abierto con obstáculos	Entre el 0,7 y el 1,0	0,8
cerrado	Entre el 1 y 1,2	1,0

K_w coeficiente que depende de la velocidad del aire y de la velocidad de cimentación

Para determinar el coeficiente que depende de la velocidad del aire y de la velocidad de cimentación se puede utilizar la siguiente tabla:

Condición	Factor multiplicativo K_w
$\frac{w}{U_t} > 5$	3
$\frac{w}{U_t} > 3$	2
$\frac{w}{U_t} \leq 3$	1

Extensión de zonas debido a capas, acumulaciones o depósitos de polvo

Una capa de polvo puede tener suficiente polvo como para producir una atmósfera peligrosa.

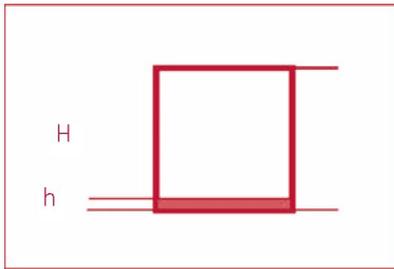
Para tener una aproximación del espesor de polvo necesario para que se pueda formar una atmósfera explosiva de una cierta concentración C de polvo en suspensión, se pueden emplear las expresiones de la figura siguiente, que permiten calcular la concentración que alcanzaría el polvo de densidad al resultar dispersado homogéneamente en el recinto que lo contiene, como puede ser una gran sala o zona de trabajo de forma cúbica, o un conducto de forma cilíndrica.

Para un producto pulverulento o granulado con una densidad en masa típica = 500 kg/m^3 , una capa de sólo 1 mm de espesor daría lugar a una

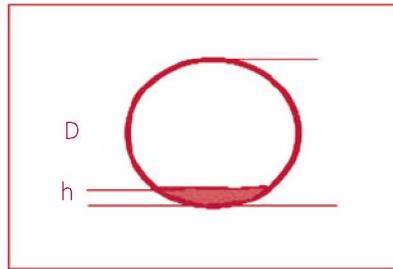
Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

concentración de 100 g/m^3 al dispersarse homogéneamente en un recinto (zona de producción, sala de trabajo, etc.) de altura 5 m. Si en lugar de dispersarse en todo el recinto sólo lo hiciera hasta una altura de 1 m sobre el suelo, entonces la concentración sería de 500 g/m^3 .

Si se trata de un conducto de diámetro 0,25 m, una capa de sólo 0,1 mm proporcionaría una concentración superior a 1.000 g/m^3 en su interior. La ventaja de que el polvo esté depositado en el interior de un conducto es que la atmósfera explosiva se crea sólo dentro del conducto, con lo que se tiene controlada la zona peligrosa.



$$C = \rho (h/H)$$



$$C = \rho (4 h)/D$$

Donde:

- C concentración de polvo, g/m^3 .
- ρ densidad en masa del polvo, kg/m^3 .
- h altura de la capa de polvo, mm.
- D diámetro de la conducción, m.
- H altura de un recinto cúbico, m.

Por el contrario, cuando el polvo sale fuera del conducto o de cualquier equipo y se deposita en el exterior, la atmósfera explosiva se extiende hacia zonas que teóricamente deberían ser seguras.

Debe tenerse presente que pueden formarse capas peligrosas a partir de nubes de polvo muy diluidas, ya que, si no se controla, el proceso de sedimentación del polvo puede prolongarse largos períodos, resultando en una cantidad no despreciable de producto.

Por lo tanto una capa de polvo puede tener suficiente cantidad de polvo como para formar una nube peligrosa, por ello debemos de tener en cuenta las capas de polvo para la extensión de zonas peligrosas.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

La extensión de zonas debido a capas de polvo se realiza de forma idéntica a la extensión de zonas debido a una fuente de emisión, ya que una capa de polvo se puede considerar como una potencial fuente de emisión.

El tipo de zona que la acumulación de la capa puede generar está en función de las perturbaciones de aire que se pueden originar. Perturbaciones frecuentes crea una zona 21 y perturbaciones poco frecuentes crea una zona 22.

En cuanto a la extensión de zona a todo el local puede ser aconsejable si estas capas existen en todo el local o la suma de la distancia donde existen capas más la extensión de zonas, originan una longitud superior a un tercio de la superficie total del local. Esta última norma de extensión de zonas es la que utiliza la norma CEi 31-56 en su programa Porgex-dust.

Como hemos dicho se calcula la extensión de la capa de polvo en función de la siguiente fórmula ya vista:

$$d_z = (d_0 + d_h) \cdot (K_d \cdot K_u \cdot K_{ta} \cdot K_w)$$

Donde:

- d_z Extensión de zonas en m.
- d_0 distancia de referencia m.
- d_h distancia en función de la altura de la fuente de emisión m.
- K_d coeficiente que depende de varios factores como el LIE y del caudal. En este caso se considera siempre 1.
- K_u coeficiente relativo al contenido de humedad del polvo.
- K_{ta} coeficiente relativo al tipo de ambiente, cerrado o abierto.
- K_w coeficiente que depende de la velocidad del aire y de la velocidad de cimentación.

Se calcula estas variables de la misma forma que se ha realizado en el apartado anterior.

Riesgo de incendio debido a la inflamación de una capa de polvo

■ Anexo B (Informativo) norma UNE EN 50281-3:2002

A pesar que esta norma está anulada, se considera adecuado seguir sus indicaciones para evitar el riesgo de incendio debido a la inflamación de una capa de polvo.

El riesgo de incendio se basa en la posibilidad de que una capa de polvo pueda comportarse como una fuente de inflamación debido a su expo-

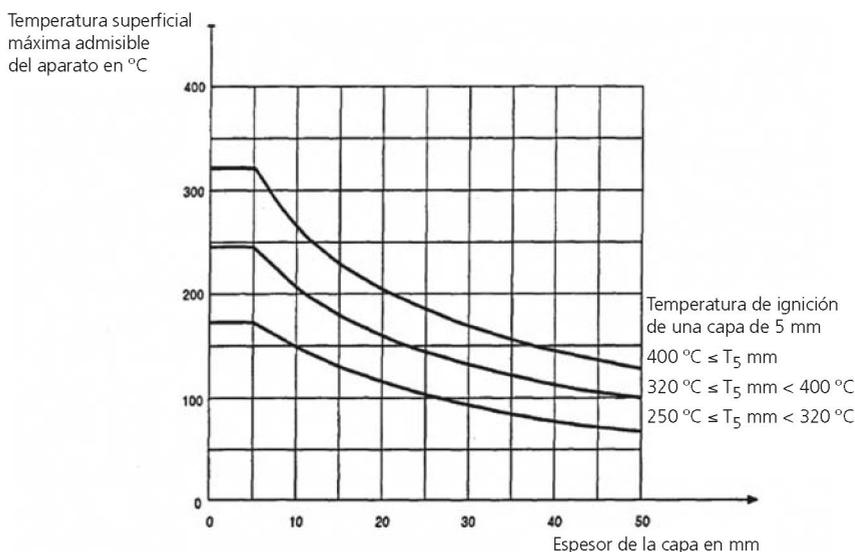
PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

B.2 Regla 2

Capas de polvo superiores a 5 mm hasta 50 mm de espesor.

Cuando en el aparato se puedan formar capas de polvo superiores a 5 mm hasta 50 mm, la temperatura superficial máxima permitida debe ser consecuentemente reducida.

A modo de guía, en la siguiente figura se muestran ejemplos de reducción de la temperatura superficial máxima admisible de los aparatos utilizados, en presencia de polvo, que tengan temperaturas mínimas de inflamación iguales o superiores a 250 °C para una capa de 5 mm, en función del incremento de espesor de la capa.

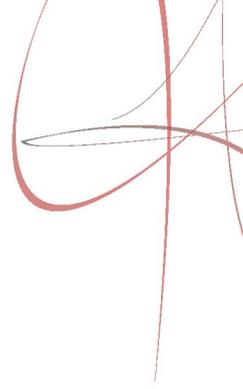


Reducción de la temperatura superficial máxima admisible de los aparatos para el incremento en el espesor de las capas.

Se debería llevar a cabo una investigación en el laboratorio para encontrar la temperatura de inflamación mínima en función del espesor de la capa de polvo. La figura anterior se debería tomar como una guía semi-cuantitativa.

Se aplican los apartados 6.2.1 y 6.2.2. de la Norma EN 50281-1-2.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



■ B.3 Regla 3

Capas de polvo de espesor excesivo.

En el caso de que no se pueda evitar la formación de una capa de polvo de espesor excesivo sobre un aparato o a los lados alrededor de un aparato, o bien en el caso de que un aparato esté totalmente sumergido en el polvo, debido al efecto del aislamiento, se aplicará una limitación de temperatura superficial inferior basada en el espesor de la capa.

Este requisito especial puede ser satisfecho mediante un sistema de limitación de potencia, que podría ser determinada experimentalmente en condiciones de funcionamiento simulado, o bien evaluado utilizando métodos de cálculo reconocidos.

Los aparatos para la medida y los controles técnicos (por ejemplo, instrumentos de medida, sensores, controles) con una energía muy baja son de aplicaciones típicas debajo de capas de polvo de un espesor excesivo. Se deberían excluir los aparatos electrotécnicos de potencia (tales como motores, aparatos de iluminación, tomas de corriente) de tales condiciones, o si se utilizan, ser sometidos a una investigación especial.

Se aplican los apartados 6.2.1, 6.2.2 y 6.2.3 de la Norma EN 50281-1-2.

■ B.4 Regla 4

Investigación en laboratorio.

Deben efectuarse los ensayos en laboratorio para los equipos y/o el polvo:

- en caso de que la temperatura de inflamación mínima de una capa de 5 mm sea inferior a 250 °C, o en el caso de que haya cualquier duda con respecto a la aplicación del gráfico de la Regla 2;
- cuando sus mayores superficies estén cubiertas por capas de polvo que exceden de 50 mm;
- con capas de cualquier espesor superior a 5 mm que se han formado alrededor de los lados de un aparato;
- cuando estén completamente sumergidos en el polvo.

Las investigaciones en laboratorio pueden incluir los ensayos y/o métodos de cálculo reconocidos.

Se aplica el apartado 6.3 de la Norma EN 50281-1-2.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Eliminación del riesgo debido a capas de polvo

La presencia y duración de acumulaciones de polvo puede modificar la probabilidad de formación de atmósferas explosivas en función de las operaciones de mantenimiento y limpieza. No olvidar que estas operaciones de limpieza solo se pueden realizar si el diseño de la industria es el adecuado para evitar la formación de capas de polvo en lugares inaccesibles.

Estas operaciones de limpieza se deben realizar evitando a formación de remolinos soplando el polvo depositado.

Se pueden considerar tres niveles de eficacia de las medidas de limpieza:

a) Buen mantenimiento y limpieza

Se produce cuando las capas de polvo son mantenidas a espesores irrelevantes o bien está ausentes, independientemente de grado o grados de las emisiones. No se requiere clasificación zonal cuando en ningún momento se llegan a acumular capas peligrosas.

b) Mantenimiento y limpieza suficientes o adecuado

Esta situación corresponde a la formación de capas de polvo no despreciables, pero de corta duración (menos de un turno de trabajo de 8 horas). Según la probabilidad de que se produzca la dispersión en funcionamiento normal se establece la clasificación de zona que ya se ha indicado: zona 21 dispersiones frecuentes, zona 22 dispersiones poco frecuentes. La dispersión será probable, por ejemplo, en zonas de tránsito de personal o máquinas, en capas depositadas sobre equipos móviles o que producen vibraciones o sacudidas durante arranques y paradas, etc.

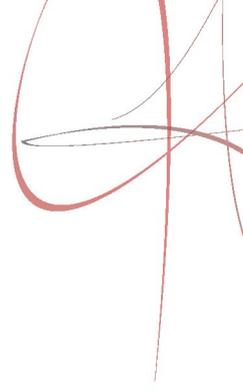
La dispersión será poco probable en zonas alejadas del paso del personal, en zonas libres de corrientes y alejadas de máquinas con movimiento o vibración.

En cuanto al incendio puede ser probable un posible incendio pero el espesor de la capa se considerará 5 mm.

c) Escaso o Mal mantenimiento y limpieza

Corresponde al caso en que se forman capas de polvo no despreciables y persistentes (con duración mayor que un turno de trabajo).

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Procedimiento para establecer un plan de limpieza

Los criterios de seguir en la eliminación de las capas de polvo y la definición de los niveles de eficacia de medidas de limpieza de los entornos es necesario que el empresario disponga y aplique procedimientos de trabajo.

En los procedimientos tiene que ser indicado que en los entornos dónde pudieran estar presentes o formarse capas de polvo combustible, la limpieza no tiene sólo como objetivo la higiene, pero también de seguridad contra los incendios y los estallidos.

La limpieza tiene que incluir los suelos y todas las superficies donde pueden depositarse los polvos; particular atención se tienen que poner en aquellas superficies difíciles de alcanzar, ej. aquellos estructuras de la nave, sobre los que, en el curso de tiempo, pueden depositarse notables cantidades de polvos.

En función de los peligros de explosión o incendio de polvos, la limpieza tiene que ser ejecutada preferiblemente con sistema de aspiración centralizado o, en alternativa, con aspiradores industriales al menos Grupo II, Categoría 2D.

El plan de limpieza tiene que ser definido considerando el nivel de eficacia de las medidas de limpieza que se quiere alcanzar para cada entorno. Preferentemente se debería elegir un plan de limpieza que obtuviera un buen mantenimiento, que permite excluir el peligro de generación de nubes de polvos explosivos de las capas y el peligro de incendio debido a las capas.

El plan de mantenimiento de limpieza de los entornos tiene que prever la limpieza periódica e intervenciones de emergencia para eliminar, lo más rápido posible, depósitos de polvo debidos a averías o a roturas, ej. grietas en el recipiente, dispersiones, etc.

La periodicidad de la limpieza de muchos entornos tiene que ser establecida para asegurar el nivel de mantenimiento de la limpieza establecido, Bueno o Adecuado, según la definiciones anteriores.

Se recuerda que también capas de polvo de espesor inferior a 1 mm uniformemente distribuidos al suelo, si levantaran en el aire pueden crear atmósferas explosivas peligrosas.



3. Medidas de prevención

La extensión de zonas se podría considerar despreciable cuando:

- Para la zona 20 $< 1 \text{ dm}^3$.
- Para la zona 21 $< 10 \text{ dm}^3$.
- Para la zona 22 $< 100 \text{ dm}^3$.

Son aquéllas que se adoptan para evitar que se inicien explosiones. Para que se produzca una explosión es necesario:

- Una nube de polvo, con una concentración de polvo que supere la concentración mínima de polvo y oxígeno.
- Un foco de ignición que aporte una energía superior a la energía mínima de ignición del polvo.
- Siendo necesaria la coexistencia en espacio y tiempo de ambos factores, la eliminación preventiva de ellos o de aquellas circunstancias que favorezcan su aparición, impedirá preventivamente la explosión.

Sistema de ventilación general

Estos sistemas no son por lo general eficaces contra la presencia de polvos, sin embargo puede eliminar la formación de capas de polvo debido a pequeñas emisiones producidas en las uniones, las llamadas estructurales.

Sistemas de ventilación localizada en las proximidades de las fuentes de emisión

Se trata de sistemas que se colocan en las inmediaciones de las fuentes de emisión dotados de aspiradores o extractores de modo que impiden que el polvo se difunda y se deposite en el entorno.

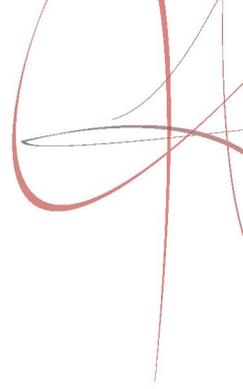
Se pueden emplear en sistemas que originan polvo como bocas de carga, molinos, ensacadoras, etc.

Debido a que se tratan de sistemas de eliminación del riesgo de explosiones se deben de tomar una serie de medidas para que un fallo de este sistema no origine una situación peligrosa.

Las medidas que se deben tomar son las siguientes:

- El grado de eficacia del flujo del aire debe ser controlada.
- La disponibilidad del sistema de aspiración.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Grado de eficacia

Se puede clasificar el grado de eficacia de estos sistemas en tres:

> Grado alto

Cuando el sistema artificial de remoción de los polvos está capaz de reducir la concentración de polvo en el aire de modo prácticamente instantáneo por debajo de LIE en las inmediaciones alrededor de la fuente de emisión y en el interior de sistema de aspiración.

Resulta una zona potencialmente explosiva de extensión irrelevante, ninguna zona peligrosa en el interior del sistema de captación y aspiración y ninguna zona peligrosa las inmediaciones de la fuente de emisión.

> Grado medio

Cuando el sistema artificial de aspiración de los polvos no está capaz de reducir la concentración de polvo en el aire por debajo de LIE en las inmediaciones alrededor de la fuente de emisión y en el interior del sistema de aspiración, pero es capaz de capturar todo el polvo emitido por la fuente de emisión, considerando el grado de emisión por el que el sistema ha sido dimensionado, y dónde la atmósfera explosiva no persiste excesivamente después de detención de la emisión.

Resulta una zona peligrosa que se extiende a un volumen incluido entre el SI y la boca de aspiración del sistema, una zona peligrosa al interior de sistema de captación y aspiración y una zona peligrosa en lo inmediato alrededor de la boca de descarga del sistema.

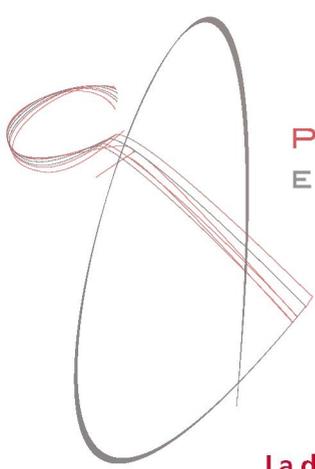
> Grado bajo

Cuando el sistema artificial de aspiración del polvo no está capaz de reducir alrededor de la fuente de emisión la concentración de polvo en el aire por debajo del LIE y en el interior del sistema de aspiración y no es capaz de capturar todo el polvo emitido por el SI, considerando el grado de emisión por el que el sistema ha sido dimensionado y/o dónde la atmósfera explosiva persiste excesivamente después de detención de la emisión.

Resulta una zona peligrosa que se extiende a un volumen incluido entre la fuente de emisión y la boca de aspiración de sistema y más allá de este, una zona peligrosa al interior de sistema de captación y aspiración y una zona peligrosa en las inmediaciones de la boca de descarga del sistema.

En práctica un sistema de captación y remoción polvos con grado BAJO no tiene a ninguna eficacia de captación y aspiración del polvo.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

La valoración del grado de eficacia de un sistema artificial de aspiración necesita ante todo el conocimiento del máximo alcance de emisión de polvo combustible de la fuente de emisión deducida por la experiencia o por razonamientos fundados.

La disponibilidad del sistema de aspiración

La disponibilidad de los sistemas de aspiración son importantes debido a que su fallo puede provocar la aparición de zonas con riesgo por ello se deben tomar medidas en caso de paro del sistema de extracción.

Se puede clasificar la disponibilidad en tres niveles:

> Muy Buena

Cuando el sistema de aspiración funciona constantemente o se para el proceso cuando el sistema está fuera de servicio.

> Buena

Cuando el sistema está presente en funcionamiento normal y son admitidas interrupciones poco frecuentes.

> Mediocre

Cuando el sistema de aspiración no es muy bueno o bueno.

Influencia del sistema de aspiración del polvo con el tipo de zona

Grado de la emisión	Grado de la aspiración						
	Alto			Medio			Bajo
	Disponibilidad de la aspiración						
	Muy buena	Buena	Mediocre	Muy buena	Buena	Mediocre	Muy buena, Buena o Mediocre
Continuo	Zona 20 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 20 ED Zona 22 ^{1,3}	Zona 20 ED Zona 1 ^{1,4}	Zona 20	Zona 20 + Zona 22 ³	Zona 20 + Zona 21 ⁴	No considerado
Primario	Zona 21 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 21 ED Zona 22 ^{1,3}	Zona 1 ED Zona 2 ¹	Zona 21	Zona 21 + Zona 22 ³	Zona 1 + Zona 2 ⁴	No considerado
Secundario	Zona 22 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 22 ED Zona no peligrosa ^{1,3}	Zona 22 ⁴	Zona 22	Zona 22 ³	Zona 2 ⁴	No considerado

¹ Zona 0 ED, 1 ED o 2 ED indica una zona teórica despreciable en condiciones normales.

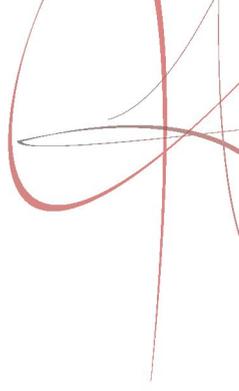
² Cuando el grado es bajo no se considera el sistema de aspiración.

³ Debe ser prevista la aparición de capas de polvo de espesor normalmente inferior a 5 mm.

⁴ Debe ser prevista la aparición de capas de polvo de espesor normalmente superior a 5 mm.

Nota. "+" significa "rodeada por".

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Influencia del sistema de aspiración del polvo con el tipo de zona

Sistema de contención de polvos en depresión

Eliminación de las capas de polvos presentes en el entorno

Inertización de la atmósfera peligrosa

Inertización de los polvos combustibles

Presurización del local clasificado

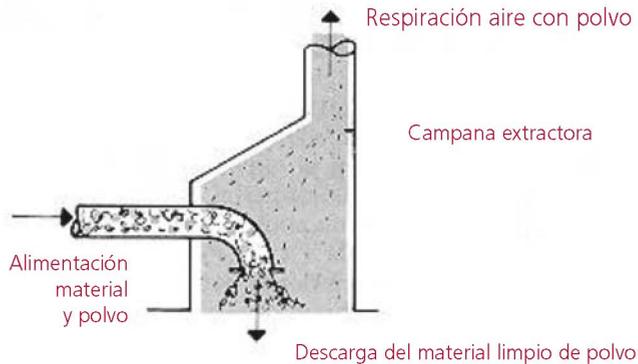
■ Limitar la existencia de combustible

Programando la limpieza periódica de depósitos de polvo en puestos de trabajo, ciclones, conducciones, filtros, etc.

Evitando la formación de depósitos por un diseño correcto de las conducciones que evite los codos, cambios bruscos de sección, etc., y programando una revisión y mantenimiento periódicos que limite las fugas (figura 4).

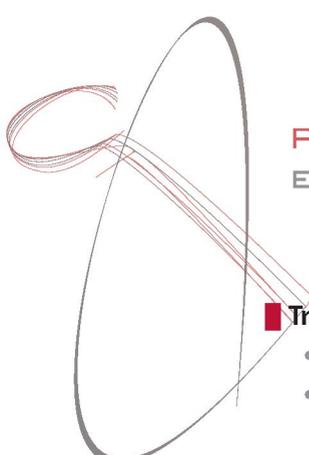


Instalando aspiración localizada en puntos donde se generen nubes de polvo (figura 5).



Evitando la formación de nubes de polvo limitando la caída libre.





PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

■ Transformar el polvo en incombustible

- Manejando el polvo por vía húmeda.
- Inertizando el polvo por mezcla con el mismo de un producto incombustible en una proporción suficiente (mínimo 50%).

■ Disminuir la concentración de oxígeno

- Manejando el polvo en atmósfera inerte mediante la adición de N_2 o CO_2 hasta que la concentración de oxígeno sea inferior a un porcentaje propio para cada polvo que se determina experimentalmente.

■ Actuación sobre los focos de ignición

■ Eliminar los focos de ignición peligrosos

- Eliminando las llamas en zonas con instalaciones de polvo: hornos, hogares, calderas, fumar y útiles de ignición, etc. Creación de áreas seguras para fumadores.
- Estableciendo permisos en trabajos de mantenimiento con riesgo, supervisados por persona competente en seguridad.
- Instalando dispositivos de corte sensibles a sobreintensidades como protección de motores de unidades que puedan sobrealimentarse.
- Instalando separadores neumáticos y magnéticos que eliminen objetos extraños (piedras, trozos de metal, etc.).
- Programando mantenimiento periódico de elementos de fricción (cojinetes, hélices, cintas, cangilones, etc.).
- Instalando equipo eléctrico acorde con la MIBT 029 del Reglamento de Baja Tensión para locales Clase II.
- Interconectando todas las masas metálicas entre sí y a su vez a una toma de tierra de resistencia limitada.

■ Autoignición

- Enfriando el polvo antes de su almacenamiento.
- Controlando la temperatura en almacenamientos (silos) mediante sensores térmicos.
- Controlando la humedad.
- Controlando la contaminación de los materiales a almacenar.

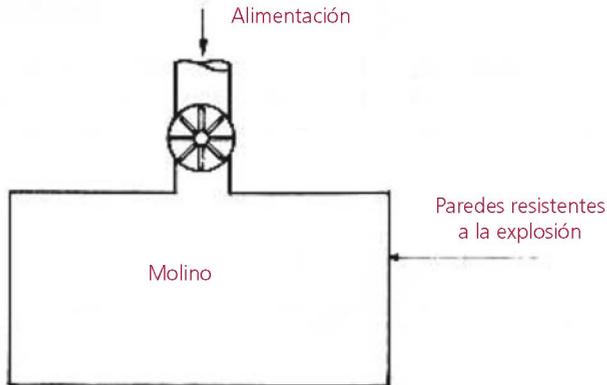
■ Medidas de protección

- Son aquellas que se adoptan para limitar las consecuencias de una posible explosión.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

Confinamiento

Diseñando la planta o unidad de forma que sea capaz de soportar la presión generada confinando la explosión.

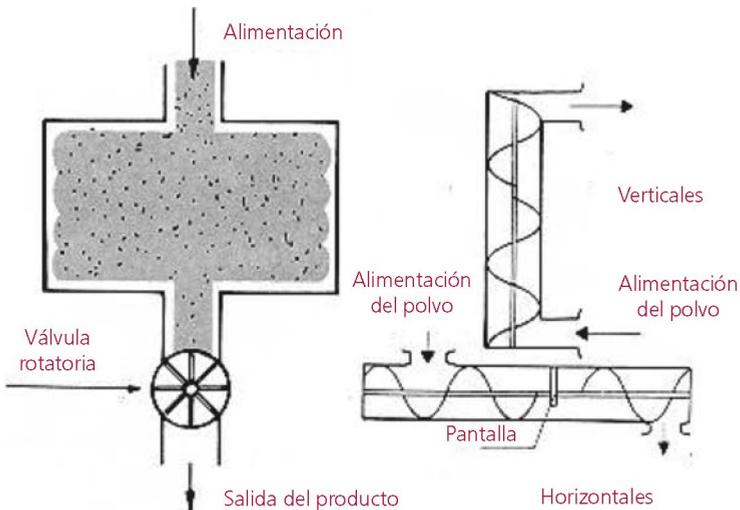


Es un sistema delicado cuya adopción queda limitada en la práctica a pequeñas unidades.

Separación

Aislando diferentes unidades de la planta de forma que, si se genera una explosión en una de ellas, no se pueda propagar a las vecinas.

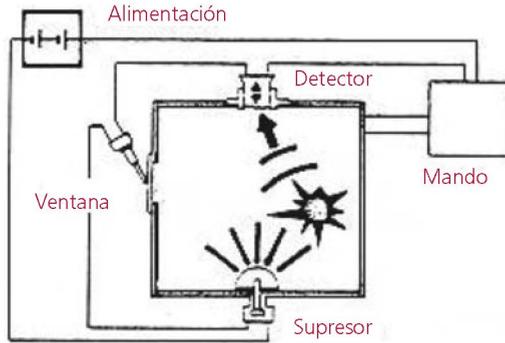
Esto se puede conseguir instalando tapones en forma de válvulas rotatorias, transportadores helicoidales incompletos o con baffles que comuniquen las unidades entre sí.



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

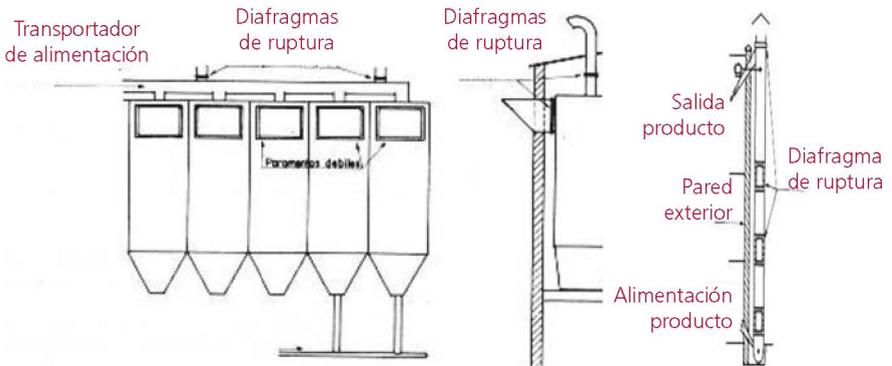
Supresores de explosión

Instalando los citados supresores que, tras la detección de la sobrepresión generada por la explosión, provocan la inundación de la zona con un polvo extintor o halón en milisegundos. En la práctica esta medida queda limitada a instalaciones no muy grandes.



Paramentos débiles

La protección por paramentos débiles está basada en la previsión de superficies débiles en conducciones, unidades de proceso, almacenamiento y edificios de forma que en caso de explosión cedan sin provocar daños al resto de la estructura (figuras 10 y 11).



Es la medida más barata, sencilla y difundida.

En caso de explosión, al ceder los paramentos débiles, por ellos se evacuarán gases, llamas y polvo ardiendo, por lo que su ubicación debe

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles

estudiarse con cuidado para no provocar incendios secundarios ni que resulten personas lesionadas.

Para su diseño debe estudiarse con cuidado la bibliografía especializada. La determinación de la superficie débil necesaria es empírica. Se acostumbra a expresar en unidades de área necesaria por unidades de volumen de la planta: pies²/pies³ (ft²/ft³) siendo 1 ft² = 0,0929 m² y 1 ft³ = 0,02832 m³.

Para instalaciones de hasta 1.000 ft³ (28 m³) de volumen el área recomendada es:

- Para volúmenes mayores la N FPA recomienda:
 - Para volúmenes entre 1000 ft³ (28 m³) y 25000 ft³ (700 m³), 1 ft² cada 30 50 ft³ (1 m² cada 10 15 m³).
- Para recintos o edificios de mayor volumen:
 - Pocas instalaciones peligrosas en su interior. 1 ft² cada 60 80 ft³ según la resistencia del resto de la superficie (1 m² cada 18 24 m³).
 - Muchas instalaciones peligrosas. 1 ft² cada 10 50 ft³ (1 m² cada 3 15 m³).

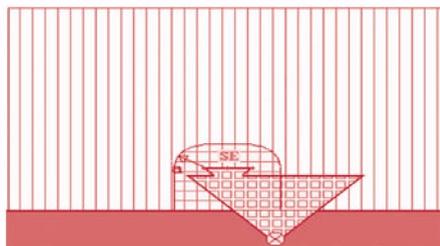
Cuando los paramentos deban ser instalados en conductos y otras unidades en que una de las dimensiones sea mucho mayor que las otras puede utilizarse la superficie aconsejada según el gradiente de presión pero fraccionando la superficie. Por ejemplo, para conducciones se distribuirá la superficie total en varios paramentos de forma que exista uno de ellos al menos cada 20 veces el diámetro de la sección; además se situará un paramento débil cerca de cada irregularidad como codos, cambios de sección, ventiladores, etc.

• Ejemplos de aplicación

Estos cálculos se realiza para harina de trigo. Los factores que afectan al tipo de polvo son el coeficiente Kw (entre 1 y 3) y Kd (entre 0,5 y 1), teniendo en cuenta que ambos factores en los siguientes ejemplos se toma como el más desfavorable, la clasificación de zonas obtenida será la más desfavorable. La fórmula que se utiliza $d_z = (d_o + d_h) k_d k_u k_t a k_w$. La cota a es un 20% superior de dz redondeando al entero superior.



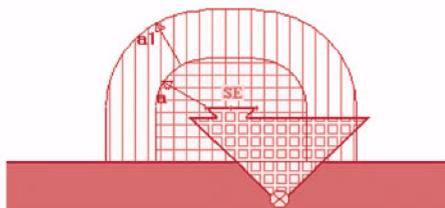
PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS



> Ejemplo de zonas peligrosas originado por el vaciado de contenedores en una tolva sin medios de aspiración polvos, situado en un entorno cerrado donde se prevé la posibilidad de formación de capas de polvo en todo el ambiente.

Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
					baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1

Debido a que existe capas de polvo en todo el ambiente se clasifica todo el local como zona 22.

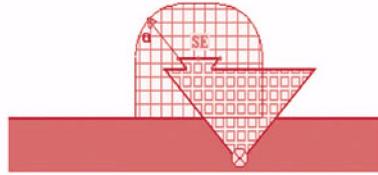


> Ejemplo de zonas peligrosas originado por el vaciado de contenedores en una tolva sin medios de aspiración polvos, situado en entorno cerrado en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.

Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
					baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1

Ya que la emisión se produce en un entorno cerrado, la zona 21 está rodeado por una zona 22 de extensión 1,0 m.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
					baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1

> Ejemplo de zonas peligrosas originado por el vaciado de contenedores en una tolva sin medios de aspiración polvos, situado en un entorno abierto en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.

Ya que la emisión se produce en un abierto, la zona 21 No se rodea por una zona 22.

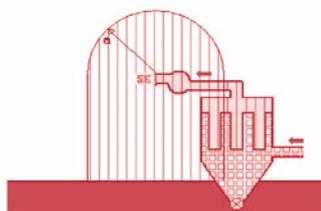


Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
					baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4

> Ejemplo de zona peligrosa originada por el eje de una máquina a moledora, situado en entorno cerrado o abierto en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.

Si el contenedor está en depresión con una disponibilidad muy buena o buena no originaría zonas peligrosas.

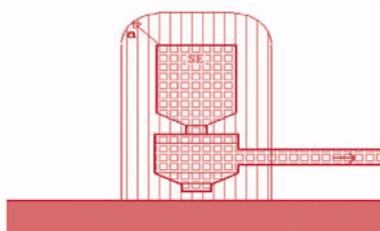
PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS



Zona 20 Zona 21 Zona 22

> Ejemplo de zona peligrosa originado por el descargue en entorno cerrado o también abierto, de un filtro dónde el polvo puede ser emitido sólo por el mal funcionamiento o rotura del filtro en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.

Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
					baja	0,5 m/s	cerrado	3 < h < 20	< 12%	1	0,5	1

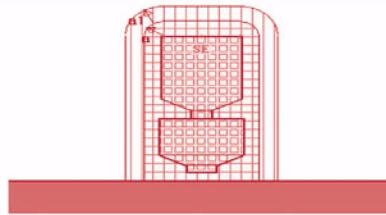


Zona 20 Zona 21 Zona 22

> Ejemplo de zonas peligrosas originado por la descarga de un gran saco provisto de aspiración de polvo en un lugar cerrado o abierto en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.

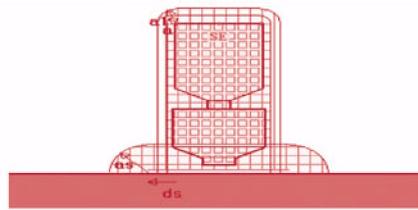
Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
					baja	2 m/s	abierto	< 3 m	< 12%	1	0	1
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	< 12%	1	0	1	3	1	2	3	4

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	> Ejemplo de zonas peligrosas originado por la descarga de un gran sin aspiración de polvo en un lugar cerrado en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.							
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	1	3	4

Ya que la emisión se produce en un entorno cerrado, la zona 21 está rodeado por una zona 22 de extensión 1,0 m.



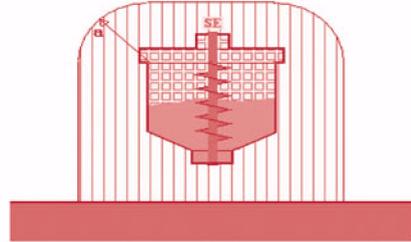
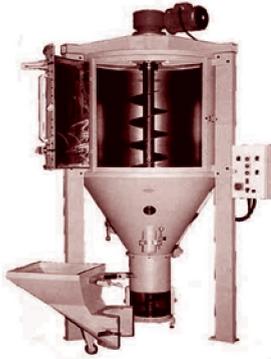
Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	> Ejemplo de zonas peligrosas originado por la descarga de un gran sin aspiración de polvo en un lugar cerrado en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.							
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	1	3	4

Ya que la emisión se produce en un entorno cerrado, la zona 21 está rodeado por una zona 22 de extensión 1,0 m.

					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	as
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	1	3	4



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS



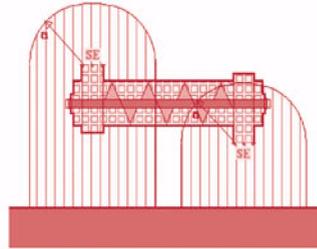
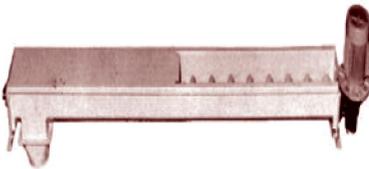
Zona 20 Zona 21 Zona 22

Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo
baja	0,5 m/s	cerrado	$3 < h < 20$	<12%

> Ejemplo de zonas peligrosas originado por un mezclador situado en entorno cerrado o abierto en el que no está previsto la posibilidad de formación de capas de polvo.

do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
1	0,5	1	3	1	1	4,5	5,5

Si dispusiera de un sistema de depresión no existiría zona peligrosa.



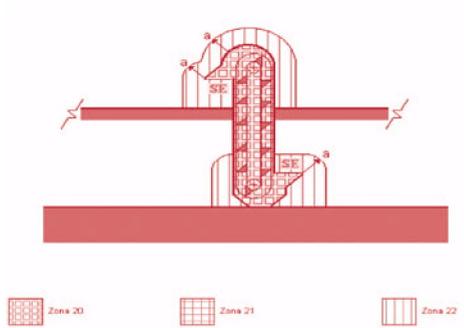
Zona 20 Zona 21 Zona 22

Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%

> Ejemplo de zonas peligrosas originado por un transportador de espiral situado en un entorno cerrado o abierto sin posibilidad de formación de capas.

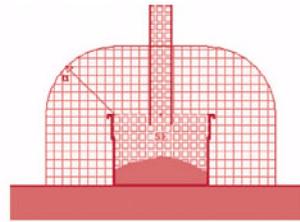
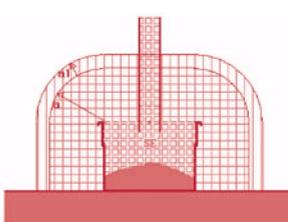
do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	as
1	0	1	3	1	1	3	4

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	as
					baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1

> Ejemplo de zona peligrosa originada por un elevador a cangilones situado en entorno cerrado o abierto sin previsión de formación de capas de polvo.

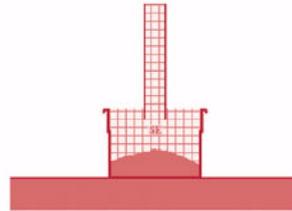
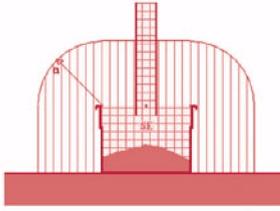


Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
					baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4

> Ejemplo de zona peligrosa originada por una descarga, o también transvase, continuos o frecuente de polvo, en un recipiente abierto con boca de descargue bajo el borde del contenedor situado en entornos abierto y cerrado.

Ya que la emisión se produce en un entorno cerrado, la zona 21 está rodeado por una zona 22 de extensión 1,0 m.

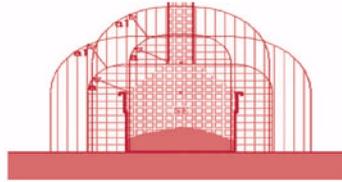
PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS



Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo								
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	0,5	1,5	2
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4

> Ejemplo de zona peligrosa originada por una descarga, o también transvase, ocasionales, en un recipiente abierto con boca de descargue bajo el borde del contenedor situado en entornos abierto o cerrado.

Si se tratase de poca cantidad no existiría zona peligrosa.



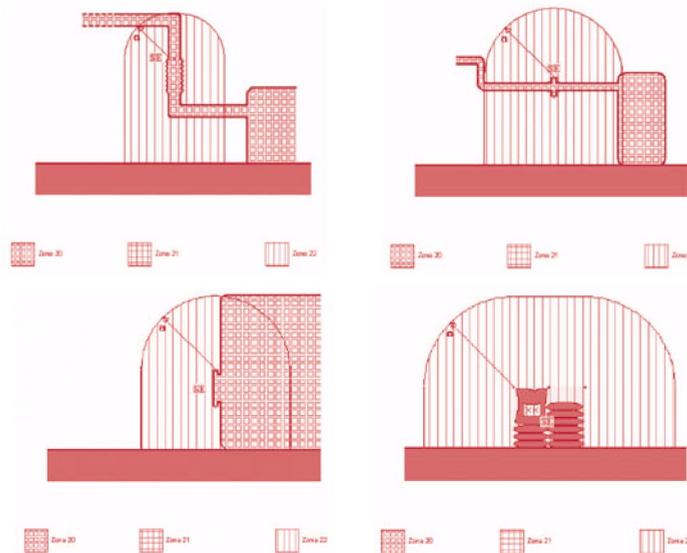
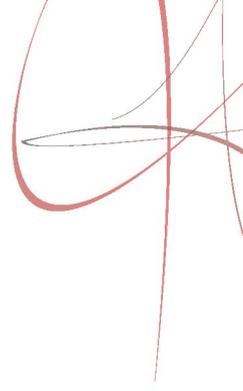
Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo								
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	0,5	1,5	2
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4

> Ejemplo de zona peligrosa originada por una descarga, o también transvase, continuos o frecuente de polvo, en un recipiente abierto con boca de descargue por encima del borde del contenedor situado en entornos abierto o cerrado.

Ya que la emisión se produce en un entorno cerrado, la zona 21 está rodeado por una zona 22 de extensión 1,0 m.

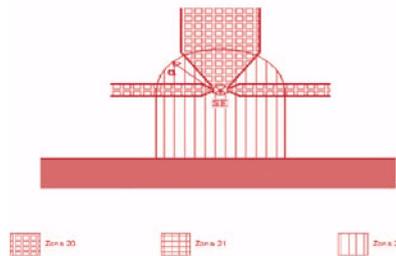
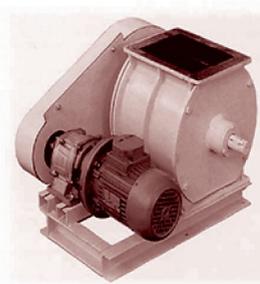
En este ejemplo la cantidad sería elevada si fuera cantidad moderada de polvo en ambiente abierto no existiría tipo de zona 22 alrededor de zona 21.

Clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles



Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	> Ejemplo de zona peligrosa originado por una manguera de conexión textil o por una brida situado en entorno cerrado o abierto.							
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	0,5	1,5	2
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4

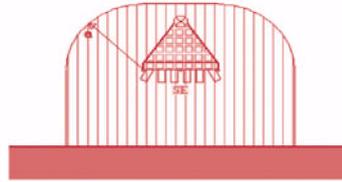
No deja filtrar el polvo. Si dejase filtrar el polvo será zona 21.



Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	> Ejemplo de zona peligrosa originado por una válvula situado en entorno cerrado o abierto.							
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	0,5	1,5	2
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4

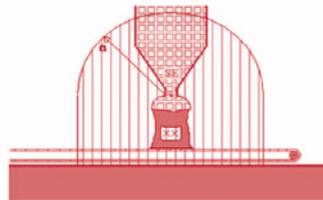


PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS



Zona 20 Zona 21 Zona 22

Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	> Ejemplo de zona peligrosa originado por un distribuidor rotativo sito en entorno cerrado o abierto.							
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	0,5	1,5	2
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4



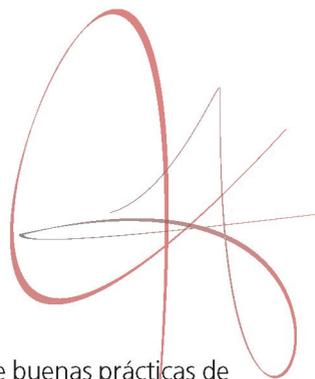
Zona 20 Zona 21 Zona 22

Presión en el punto de emisión	velocidad del aire	Tipo de ambiente	Altura de la fuente de emisión	Contenido de humedad del polvo	> Ejemplo de zonas peligrosas originado por una ensacadora situado en entorno cerrado o abierto.							
					do	dh	kd	kw	ku	Kta	dz	a
baja	2 m/s	abierto	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	0,5	1,5	2
baja	0,5 m/s	cerrado	< 3 m	<12%	1	0	1	3	1	2	3	4



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía



- > Comunicación de la Comisión relativa a la 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. **OM/2003/0515 final** <http://europa.eu.int/eur-ex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52003DC0515:ES:HTML>.
- > Manual práctico clasificación de zonas en atmósferas explosivas". Autores Francesc Escuer Ibars y Javier Garcia Torrent Edita Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Barcelona. <http://www.cetib.cat/cat/public/aparador/index.html>.
- > RD 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.
- > RD 400/1996 Equipos y Sistemas de Protección previstos para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- > RD 842/2002 Reglamento de Baja Tensión. ITC 29 Instalaciones en locales con Riesgo de Incendio y Explosión.
- > Norma UNE-EN 60079-10 Clasificación de emplazamientos peligrosos debido a gases combustibles.
- > Norma UNE-EN 61.241-10 Clasificación de lugares donde puede haber polvos combustibles.
- > Guía CEI 31-35. Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a gases explosivos y líquidos inflamables. Comité Electrotécnico Italiano.
- > Guía CEI 31-56. Guía para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles. Comité Electrotécnico Italiano.
- > UNE-EN 60079-10-1. 2010. Atmósferas explosivas Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas.
- > UNE-EN 60079-10-2. 2010. Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos Atmósferas explosivas de polvo.



PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS



ISSL

Instituto de Seguridad y Salud Laboral
de Castilla y León