



# Documentación

## NTP 29: Instalaciones de recogida de polvos combustibles. Control del riesgo de explosión

Combustible dust systems. Control of explosions hazard  
 Canalisation de poussières combustibles. Contrôle du risque d'explosion

### Redactor:

José Luis Villanueva Muñoz  
 Ingeniero Industrial

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

### Antecedentes

Algunas sustancias aparentemente inofensivas, dispersadas en el aire en forma de nube, arden frecuentemente con violencia explosiva. La manipulación de tales sustancias en la industria conlleva la existencia de un riesgo que, de actualizarse, puede ocasionar consecuencias catastróficas. Tal es el caso de fábricas de harina, azúcar, piensos, pulido de metales, etc.

El fraccionamiento de los combustibles (polvo), y su mezcla íntima en el seno del comburente (aire), favorece el aumento de la velocidad de reacción. Las materias orgánicas y metales sólidos pulverulentos, dispersados en el aire en forma de nube, pueden, si son inflamados, generar una explosión con las inevitables consecuencias térmicas y mecánicas propias de este tipo de fenómeno.

Las explosiones en polvos combustibles son del tipo deflagración, caracterizándose por la aparición de un frente de llama que propaga la inflamación a través de la nube de polvo, y la generación de una onda de presión que, a pesar de su pequeño valor (0,1 - 10 Kg/cm), representa fuerzas inmersas a aplicarse sobre superficies notables (Fig. 1).



### Objetivo

La presente NTP es un extracto de los trabajos del mismo autor referenciados en la bibliografía.

Tiene como objetivo establecer de forma esquemática las bases técnicas para la evaluación y control del riesgo de explosión inherentes a la manipulación de polvos combustibles.

## Accidentalidad

Se reseñan a continuación algunos de los accidentes graves ocurridos en Cataluña en los últimos cinco años:

**Barcelona.** Accidente por explosión en el desbarbado por abrasión (muelas) de objetos de aluminio. La deflagración-explosión causó quemaduras graves en cuatro de los operarios, dos de los cuales fallecieron posteriormente, y el destrozo total de las instalaciones (figura 2).



**Barcelona.** Accidente por explosión en el rectificado de cilindros de caucho. La deflagración causó quemaduras graves a uno de los operarios que falleció posteriormente.

**Tarragona.** Accidente por explosión en silos de maíz provocado por la realización de una soldadura. La explosión provocó tres heridos, uno de ellos grave, y daños muy importantes a las instalaciones (figura 3).



**Lérida.** Accidente por explosión en silos de diversos granos provocado por la realización de una soldadura. La explosión provocó 9 muertos, numerosos heridos y daños muy importantes a las instalaciones.

## Evaluación del riesgo

El sistema de evaluación más comúnmente utilizado es el método empírico introducido por el U.S. Bureau of Mines. Está basado en el cálculo del "Índice de Explosividad" del polvo. Dicho índice se obtiene como producto de otros denominados "Sensibilidad a la Ignición" y "Gravedad Explosiva".

Ambos índices factoriales son calculados para un polvo determinado, por cociente entre varias características explosivas de dicho polvo, y del polvo del "Carbón de Pittsburgh" que se utiliza como patrón.

**Sensibilidad a la ignición =**

$$\frac{\text{TMI} \times \text{CME} \times \text{EMI} (\text{Carbón Pittsburgh})}{\text{TMI} \times \text{CME} \times \text{EMI} (\text{Polvo a investigar})}$$

**Gravedad explosiva =**

$$\frac{\text{PME} \times \text{GMP} (\text{Polvo a investigar})}{\text{PME} \times \text{GMP} (\text{Carbón Pittsburgh})}$$

**Índice de explosividad =**

= Sensibilidad a la ignición x - Gravedad explosiva

- TMI - Temperatura mínima de inflamación en grados centígrados.
- CME - Concentración mínima explosiva en gramos de polvo por litro de mezcla polvo-aire.
- EMI - Energía mínima de inflamación en milijulios.

- PME - Presión máxima de explosión en libras/pul.<sup>2</sup>
- GMP - Gradiente máximo de crecimiento de la presión en libras/pulg.<sup>2</sup> x seg.

Los valores necesarios para el cálculo de los índices están recogidos para un gran número de sustancias en tablas contenidas en la bibliografía recomendada. Los índices antes mencionados se relacionan empíricamente con el riesgo de explosión

Sensibilidad a la ignición	Gravedad Explosiva	Índice de Explosividad	Riesgo de Explosión
< 0,2	< 0,5	< 0,1	Débil
0,2 ÷ 1	0,5 ÷ 1	0,1 ÷ 1	Moderado
1 ÷ 5	1 ÷ 2	1 ÷ 10	Fuerte
> 5	> 2	> 10	Muy Fuerte

### Relación no exhaustiva de polvos combustibles con riesgo fuerte o muy fuerte

Fuerte	Muy fuerte
Acetato de celulosa	Ácido adípico
Ácido acetilsalicílico (aspirina)	Ácido antranílico
Ácido benzoico	Ácido acelaico
Ácido 3.5 dinitrobenzoico	Ácido fumárico
Ácido esteárico	Ácido terftálico
Aluminio (polvo de amolado)	Algodón, harina de semillas
Aluminio, atomizado	Aluminio-silicio (12 % Sil), alec.
Anhidrido-magnesio, aleación	Asfalto de petróleo
Anhidrido ftálico	Azúcar
Celulosa alfa	Cacahuete, cáscara
Corcho	Carbón de Pittsburgh (valor ref.)
Difenil	Caucho endurecido
Difenilol propano (Bisfenol A)	Coco, cáscara
Dinitrotoluenamida	Goma arábiga
Etil celulosa	Goma de manila (copal)
Fenol Formaldehido, resina	Granos mezclados (maíz, avena, cebada)
Licopodio	Hierro carbonilo
Lignito	Leche desnatada
Magnesio	Maíz, mazorca
Maiz, dextrina	Malta, cebada
Metil celulosa	Poliacrilamida
Nilón	Poliálcohol vinílico
Poliacilonitrilo	Policarbonato
Polielileno	Polimetacrilato de metilo
Poliestireno	Polioxietileno
Poliformaldehido (resina de acetal)	Propinato de celulosa
Polipropileno	Sacarosa
Poliuretano, espuma	Salicilanilina
Poliuretano, espuma ignífuga	Soja, proteína
Salicílico, ácido	Urea formaldehido, polvo de molienda
Titanio	Vitamina B, monohidratada
Torio	Vitamina C
Uranio	Zirconio

## Medidas de prevención

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.

## Actuación sobre el polvo combustible

Dicha actuación contempla los siguientes aspectos:

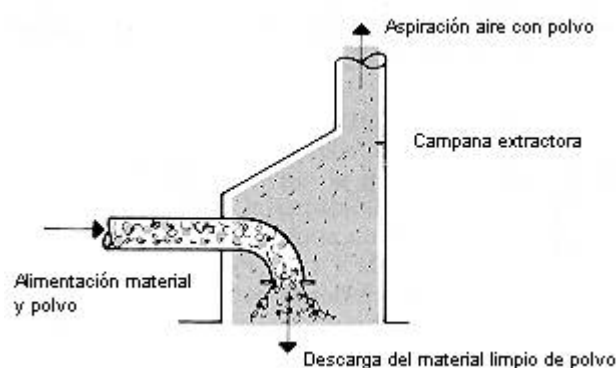
### Limitar la existencia de combustible

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.

### 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 026 del Reglamento de Baja Tensión para locales Clase II y división 1 ó 2 según casos.

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.

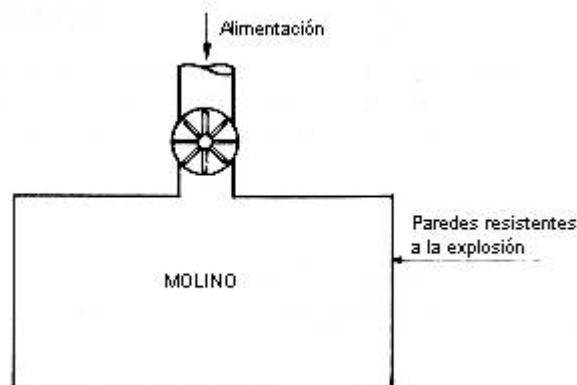
Controlando la contaminación de los materiales a almacenar.

## **Medidas de protección**

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

### **Confinamiento**

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

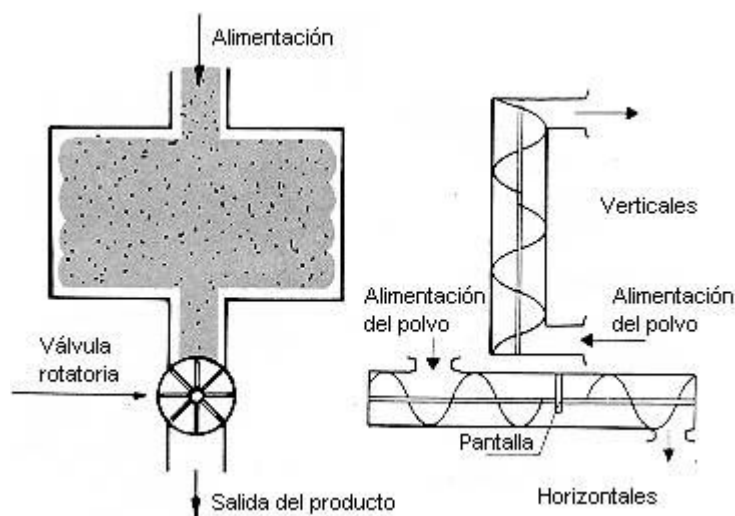


Es un sistema delicado cuya adopción queda limitada en la práctica a pequeñas unidades.

### Separación

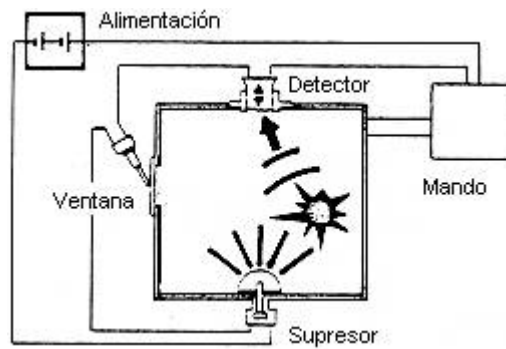
Aislando diferentes unidades de la planta de forma que, si se genera una explosión en una de ellas, no se pueda propagar a las vecinas.

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



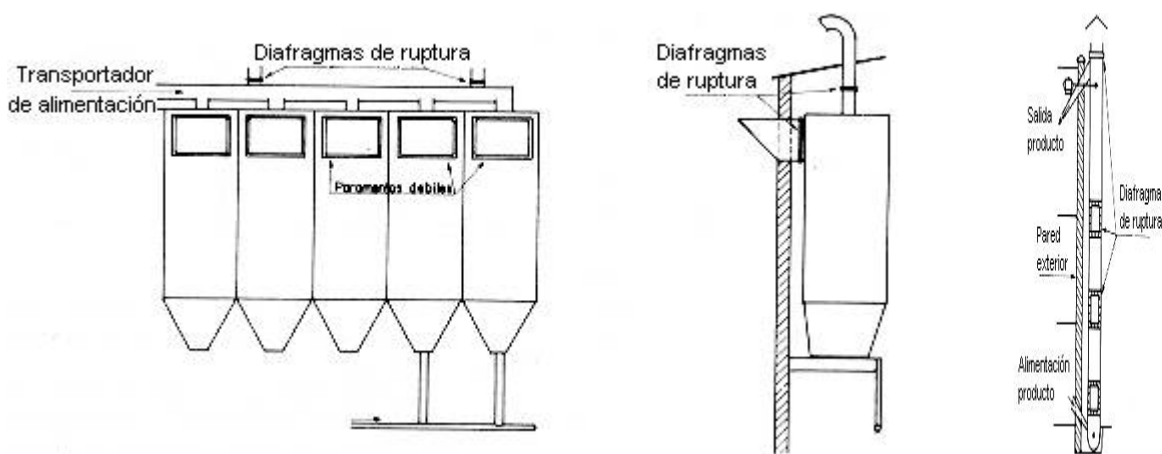
### Supresores de explosión

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 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:  $\text{pies}^2/\text{pies}^3$  ( $\text{ft}^2/\text{ft}^3$ ) siendo  $1 \text{ ft}^2 = 0,0929 \text{ m}^2$  y  $1 \text{ ft}^3 = 0,02832 \text{ m}^3$ .

Para instalaciones de hasta  $1000 \text{ ft}^3$  ( $28 \text{ m}^3$ ) de volumen el área recomendada es:

Para volúmenes mayores la N FPA recomienda:

Para volúmenes entre  $1000 \text{ ft}^3$  ( $28 \text{ m}^3$ ) y  $25000 \text{ ft}^3$  ( $700 \text{ m}^3$ ),  $1 \text{ ft}^2$  cada  $30 \text{ a } 50 \text{ ft}^3$  ( $1 \text{ m}^2$  cada  $10 \text{ a } 15 \text{ m}^3$ ).

Para recintos o edificios de mayor volumen:

Pocas instalaciones peligrosas en su interior.  $1 \text{ ft}^2$  cada  $60 \text{ a } 80 \text{ ft}^3$  según la resistencia del resto de la superficie ( $1 \text{ m}^2$  cada  $18 \text{ a } 24 \text{ m}^3$ ).



Muchas instalaciones peligrosas. 1 ft<sup>2</sup> cada 10 50 ft<sup>3</sup> (1 m<sup>2</sup> cada 3 15 m<sup>3</sup>).

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.

## Bibliografía

(1) JOSÉ LUIS VILLANUEVA MUÑOZ

**Polvos Combustibles, Capítulos I y II. "Análisis y Evaluación del Riesgo de Explosión en Polvos Combustibles"**

INSHT ITB/306077 y ITB/449676. Barcelona 1976 y 1977

(2) JOSÉ LUIS VILLANUEVA MUÑOZ

**Polvos Combustibles, Capítulo III. "Prevención y Protección del Riesgo de Incendio y Explosión en Polvos Combustibles"**

INSHT ITB/304981. Barcelona 1981

(3) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

**Manual de Protección Contra Incendios**

Editorial Mapfre. Madrid. 1978

(4) FACTORY MUTUAL SYSTEM

**Handbook of Industrial Loss Prevention**

McGraw-Hill. New York. 1967

(5) W. BARTKUECHT

**Explosions**

Springer - Verlag. 1981.