

**PROTECCION CONTRA EXPLOSIONES**

Desarrollado por

**Fike**  
CORPORATION

Presentado por  
Xavier de Gea  
Director

[www.fike.com](http://www.fike.com)

C/ Rosselló, 34, 3º, Barcelona, ☎. 93-600.08.00

**10 AÑOS MEJORANDO LA SEGURIDAD EN ESPAÑA**

Fike Corporation 1945  
Fike Europe 1984  
Fike Ibérica 1994

**PRODUCTOS**

Alivio de presión:  
• Discos de Ruptura

Protección de explosiones:  
• Venteos de explosiones  
• Venteos sin Llama Flammequench®  
• Supresión y Aislamiento de explosiones

**Fike**  
CORPORATION

[www.fike.com](http://www.fike.com)

**Fike Corporation**

**FIKE EUROPE**

**FIKE IBERICA**

**¿Cómo ocurre una Deflagración?**

**Combustible**

**O<sub>2</sub>**  
**Oxidante**

**Fuente de Ignición**

**¿Cómo ocurre una explosión?**

**Combustible**

**O<sub>2</sub>**  
**Oxidante**

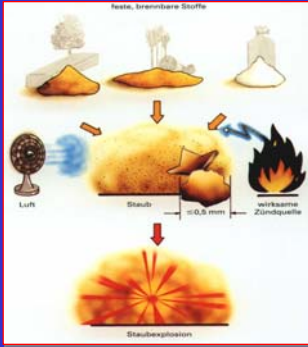
**Fuente de Ignición**

**RECIPIENTE**

**¿Cómo ocurre una explosión?**

TCR 00:39:46:01

## ¿Cómo ocurre una explosión de polvo?



## Diferencias Básicas entre la inflamación de polvos y la de gases o vapores

- La EMI de los gases  $\mu J$ , mientras los polvos requiere  $mJ$ . 1000 veces más Energía
- La ventilación es ideal para reducir el riesgo en gases, mientras en polvo es aumentar el riesgo, por ello debemos aspirar.

## Industrias con materias combustibles

- **Alimentación**
  - Harineras, panaderías,
  - Helados
  - Lácticas
  - Deshidratados
  - Dulces,...
- **Madera**
  - Muebles, palets, aserraderos,...
  - Tablero conglomerado,...
- **Agrícolas**
  - Pienso,
  - Cereales,
  - Aceites soja, girasol,...
- **Imprentas**
- **Pinturas**
- **Automoción**
- **Químicas**
- **Farmacéuticas**
- **Petroquímica**
- **Generación Eléctrica**
- **Biomasa**
- **Tratamiento de residuos**
- **Metales**
- ...

## Recipientes y equipos con riesgo de explosión

- **Polvos**
  - Filtro de Mangas
  - Elevador de cangilones
  - Molinos
  - Cribas
  - Silos
  - Tolvas
  - Lechos fluidificados
  - Atomizadores
- **Gases y vapores**
  - Depósitos
  - Bombas de impulsión o de vacío
  - Cisternas (transporte)
  - Reactores
  - Mezcladoras
  - Cabinas de pintado
  - Envasadoras de aerosoles

## SISTEMAS DE PROTECCIÓN



## Protección de Explosiones Proceso en 3 pasos:

- Definir el Riesgo
- Definir el Objetivo de la Protección
- Seleccionar Técnica de Protección

## Definir el RIESGO

- ¿Dónde se puede INICIAR la ignición?
- ¿Dónde si se propaga las consecuencias pueden ser CATASTRÓFICAS?

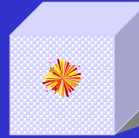
## Caracterización de un sólido

### COMBUSTIBLE:

**CME** Concentración mínima explosiva

### OXIDANTE:

**CLO** Concentración límite de Oxígeno



### IGNICIÓN:

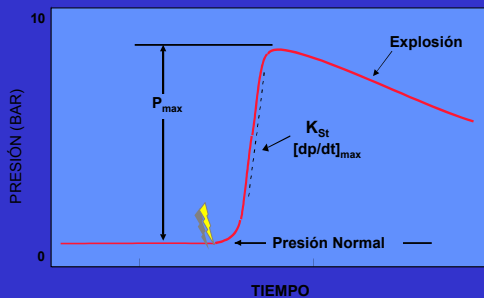
**EMI** Energía mínima de Inflamación

**TMI** temperatura Mín. Ignición

en nube **TMI n**

en capa **TMI c**

## Curva de Presión de Explosión



## Indice de Explosividad

$$K_{St} = (dp/dt)_{max} V^{1/3}$$

Clase Riesgo	$K_{St}$	$P_{max}$
St-1	$\leq 200$	$\leq 10$
St-2	201-300	$\leq 10$
St-3	$> 300$	$\leq 12$

## Datos de Explosividad

Producto	Tamaño partículas Micras	$P_{MAX}$ barg	$K_{St}$ bar-m/sec	Clase riesgo
Harina Malta	70	8.8	107	1
Leche en polvo	50	7,5	109	1
Omeprazol	<10	7,6	156	1
Toner	< 10	8,1	256	2
Aluminio	22	11.5	1100	3

Fuentes: BIA-Report 13/97 y Laboratorio Oficial Madariaga

## Definir el Objetivo de la Protección

- Protección del personal.
- Protección del activo.
- Asegurar la producción.
- ¿Cómo?
  - Controlando la Presión de Explosión
  - Controlando la presión y las llamas
  - Controlando la presión, las llamas y la energía.

## Técnicas de Protección

- Venteo
- Aislamiento
- Supresión



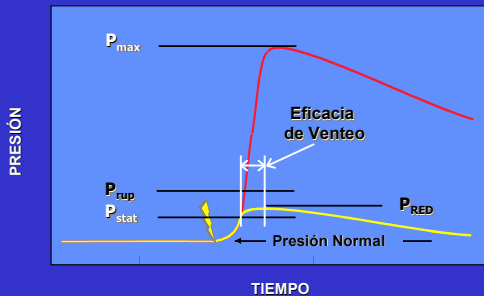
## Concepto de Venteo

• Una área predeterminada  $A_v$  libera presión a un nivel  $P_{stat}$  sin superar la **presión reducida**  $P_{red}$ .



• Se ventea la llama de la explosión, la presión y la mezcla sin quemar hacia una **zona segura**.

## Explosión Venteadada



## Venteo de almidón de maíz



## Venteo de gas PROPANO



## Venteo de explosión de almidón de maíz Kst 150



## Venteo de explosión de polvo de aluminio KST 600

Fike



## PANELES DE VENDEO CERTIFICADOS ATEX:

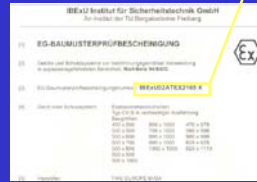
Fike

P stat

Eficiencia de venteo 90-100%

ATEX

IBExU02ATEX2165 X



## Ejemplo Paneles de Venteo

Fike



## Puertas de Explosión

Fike

- Baja eficacia de venteo
- Alta masa/área (¿Fragmentación?)
- FUGAS no herméticas
- Vulnerables a manipulación
- La presión apertura revisable (accesibles)
- Posible el vacío después de la explosión.



## VENTEO SIN LLAMA

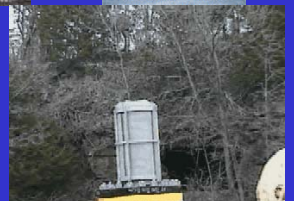
Fike

- Panel de venteo con apagallamas
- Certificado ATEX:
- LOM 01ATEX6056U



## VENTEO SIN LLAMA

Fike





## Aislamiento de Explosiones

### ¿Por qué Aislamiento?

- Las llamas y la presión se propagarán.
- Las explosiones secundarias suelen ser de mayor virulencia.
- Las deflagraciones pueden acelerarse a detonaciones.



## Propagación por las Conducciones de Captación

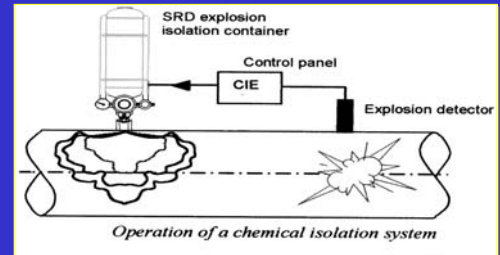


## Sistemas Activos de Aislamiento de Explosiones

- **Válvula de Aislamiento de Explosión** (válvula de cierre rápido)
- **Aislamiento Químico de Explosión** (barrera química de polvo supresor)



## ASLAMIENTO QUÍMICO



## Sistemas de detección de Explosiones

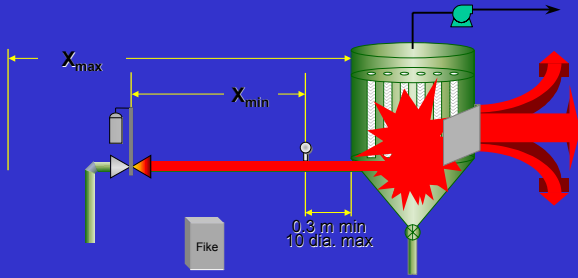
- **Indicador de Ruptura**
- **Detección óptica**
- **Detección por presión**



## Componentes de los Sistemas de Protección de Explosiones



## Aislamiento de Explosiones

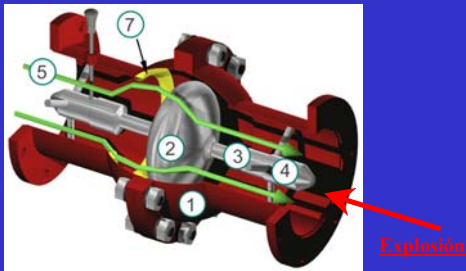


## Válvula de aislamiento de explosiones



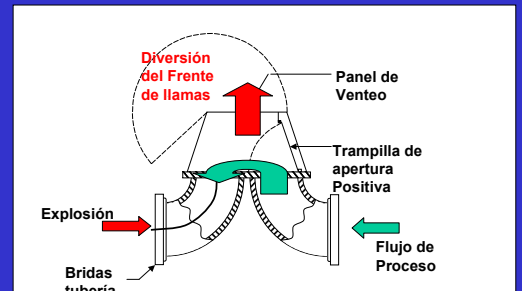
## Barrera "Ventex"

Proceso

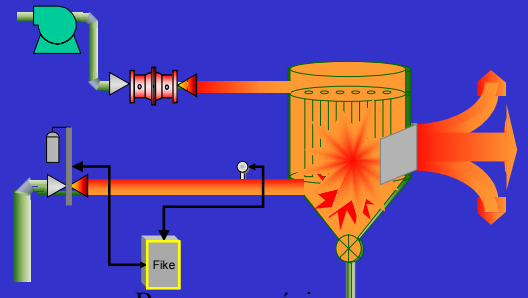


## Sistemas de Aislamiento PASIVOS

Aplicación, DIVERSOR de frente de llama

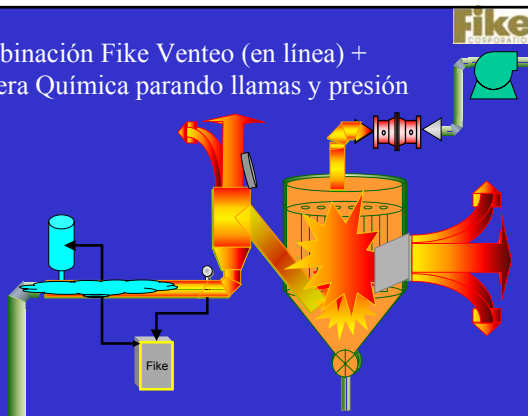


## Aislamiento de Explosiones

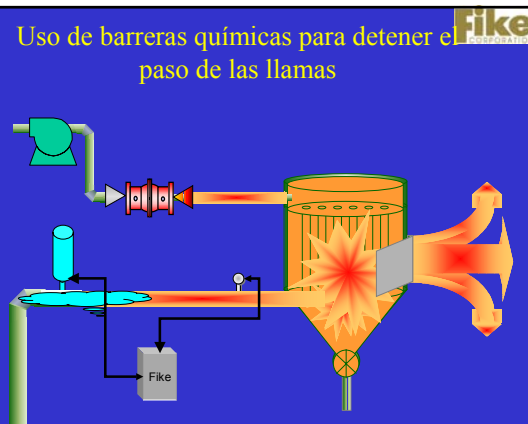


Barreras mecánicas  
Para para la presión y las llamas

## Combinación Fike Venteo (en línea) + Barrera Química parando llamas y presión

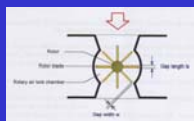


## Uso de barreras químicas para detener el paso de las llamas

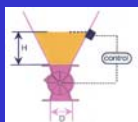


## Sistemas de Aislamiento PASIVOS

### VÁLVULA ROTATIVA

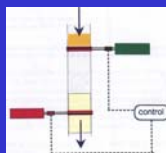


### SELLO CON PRODUCTO



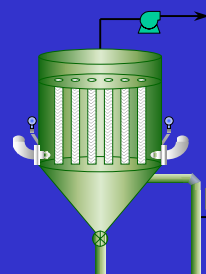
### Sistema de DOBLE COMPUERTA

### PARO AUTOMÁTICO



## Seleccionar Técnica de Protección

- Venteo de Explosiones
- Aislamiento de Explosiones
- Supresión de Explosiones

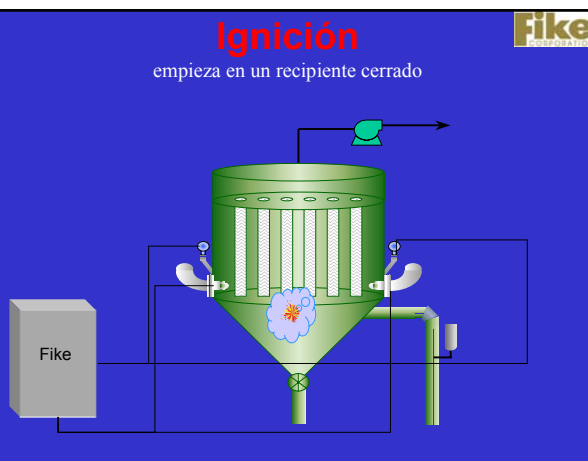


## SUPRESION

- DETECCIÓN
- ACTIVACIÓN
- EXTINCIÓN
- VENTAJA no se libera energía de manera descontrolada

## Ignición

empieza en un recipiente cerrado

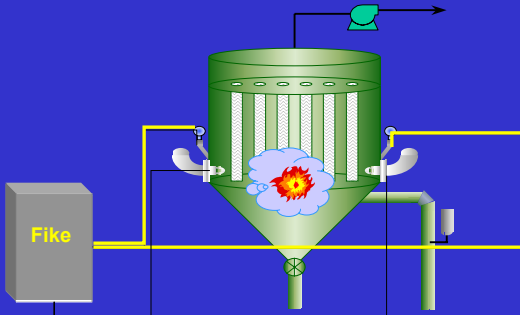




## Detección

El envía una señal al panel de control 1 Milisegundo

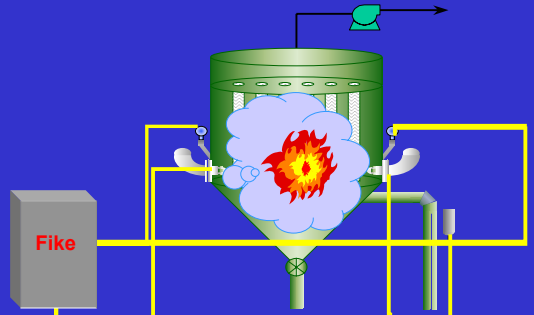
Fike



## Activación

El panel activa los iniciadores, 1 milisegundo

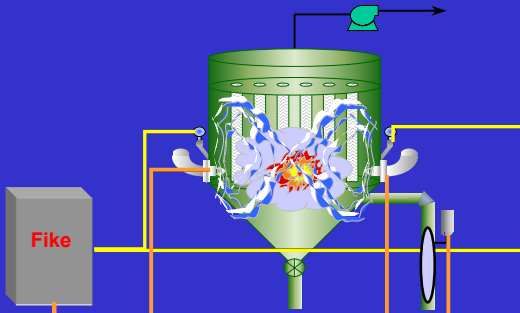
Fike



## Inyección

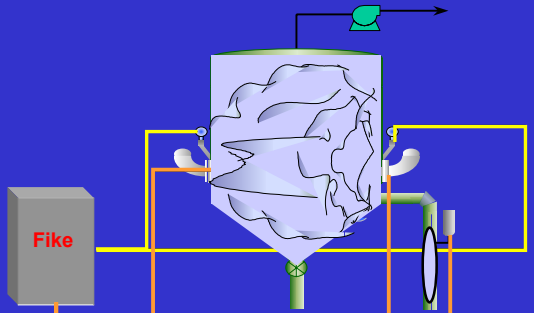
Se expulsa agente Supresor

Fike



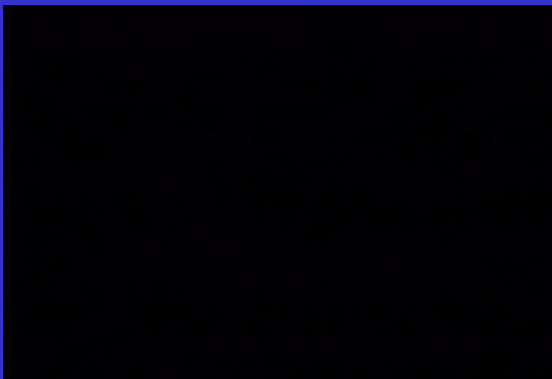
## Explosión suprimida

Fike



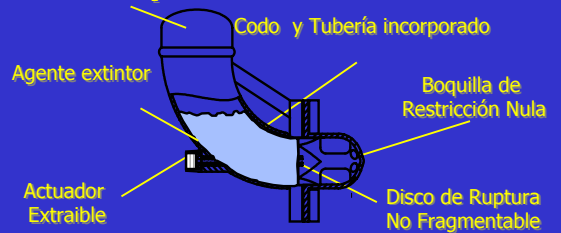
## SUPRESIÓN DE PROPANO

Fike



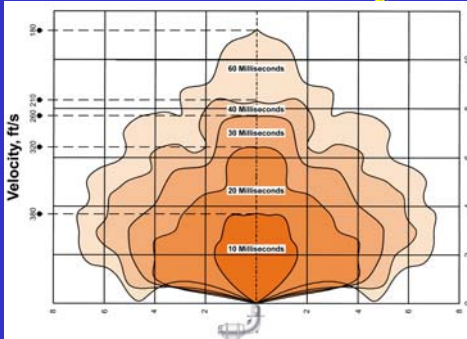
## Diseño de Descarga Máxima patentado por Fike

Presurizado con  $N_2$



## Supresión de Explosión

### Perfil de la Nube de Descarga

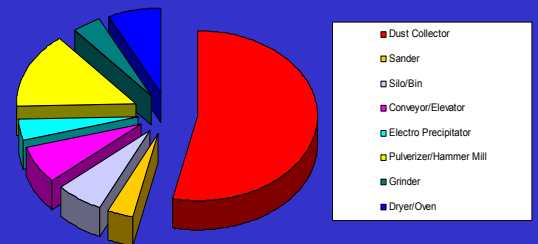


## Descarga de agente supresor



## EQUIPOS

## EQUIPOS



Factory Mutual Data Sheet 7-76

## Equipos con riesgo de explosión

- Filtro de Mangas, Cartuchos, Bolsas,...
- Elevador de cangilones
- Molinos
- Cribas
- Silos y Tolvas
- Lechos fluidificados
- Atomizadores

## Fuentes de ignición

- Electricidad estática.
- Trabajos de mantenimiento corte y soldadura.
- Rotura o desprendimiento de partes móviles.
- Entrada de objetos extraños.
- Auto combustión.
- Calentamiento por fricción.
- Materiales incandescentes fumar.
- Mantenimiento incorrecto.
- Uso de equipos no adecuados ATEX

**TAPA DE POLIETILENO****Riesgo de estática****MANTENIMIENTO CON  
PERMISOS DE TRABAJO****MANTENIMIENTO  
INCORRECTO****MANTENIMIENTO  
INCORRECTO****LIMPIEZA INCORRECTA****LIMPIEZA INCORRECTA**

## LIMPIEZA INCORRECTA

fike  
CORPORATION



## LIMPIEZA INCORRECTA

fike  
CORPORATION



## LIMPIEZA INCORRECTA

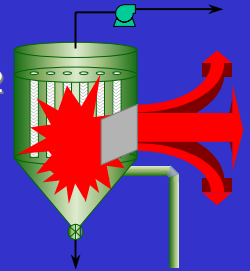
fike  
CORPORATION



## Dimensionado Área de Vento

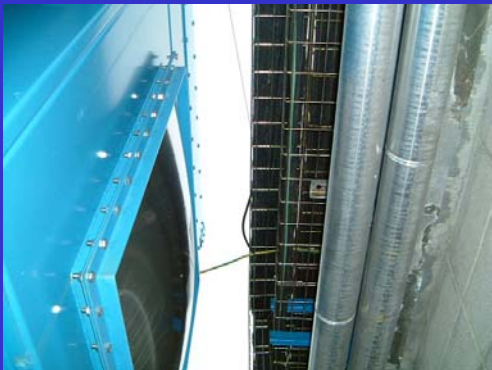
fike  
CORPORATION

- VDI 3673 Part 1, 2002
- prEN 14797



## VENTEO INCORRECTO

fike  
CORPORATION



## VENTEO INCORRECTO

fike  
CORPORATION



## ¿Es posible ventear ?

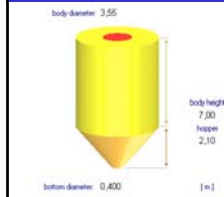


## Cálculos Venteo SILO VDI 3673

### Cálculo VDI 3673 Part 1 2002

#### Resumen:

Combustible	= Azúcar	
Volumen V	= 77,1	m <sup>3</sup>
Largo / Diámetro (efectivo) L/D <sub>e</sub>	= 2,23	
Resistencia (Sobrepresión) P <sub>red</sub>	= 1,21	bar
Dispersión de polvo	= estándar	
Datos de Explosividad del producto		
Constante del producto K <sub>st</sub>	= 165	m bar/s
Sobrepresión explosión P <sub>max</sub>	= 8,5	bar
Presión de Apertura P <sub>ser</sub>	= 0,10	bar
Área de Venteo (equivalente) A	= 2,00	m <sup>2</sup>
Conducto de Venteo (longitud) LA	= 2,0	m



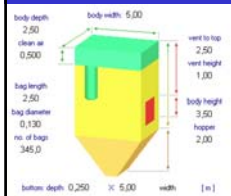
Máxima fuerza de retroceso FR	= 286,9	kN
Duración retroceso Id	= 527	ms
Impulso transferido IR	= 79	kN·s
Longitud máxima de llama LF	=	m
Presión externa max. P <sub>Amax</sub>	=	mbar
a distancia R <sub>s</sub>	=	m
presión exterior P <sub>a</sub>	=	mbar
a distancia R <sub>x</sub>	=	m

## Cálculos Venteo Filtro VDI 3673

#### Resumen:

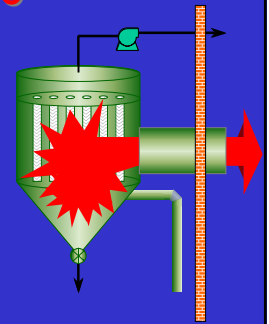
Combustible	= Polvo madera	
Volumen V	= 39,8	m <sup>3</sup>
Largo / Diámetro (efectivo) L/D <sub>e</sub>	= 1,00	
Resistencia (Sobrepresión) P <sub>red</sub>	= 0,25	bar
Dispersión de polvo	= estándar	
Datos de Explosividad del producto		
Constante del producto K <sub>st</sub>	= 155	m bar/s
Sobrepresión explosión P <sub>max</sub>	= 8,2	bar
Presión de Apertura P <sub>ser</sub>	= 0,10	bar
Área de Venteo (equivalente) A	= 1,46	m <sup>2</sup>
Conducto de Venteo (longitud) LA	= 0,0	m

Máxima fuerza de retroceso FR	= 43,5	kN
Duración retroceso Id	= 1687	ms
Impulso transferido IR	= 38	kN·s
Longitud máxima de llama LF	= 34,1	m
Presión externa max. P <sub>Amax</sub>	= 101	mbar
a distancia R <sub>s</sub>	= 8,5	m
presión exterior P <sub>a</sub>	=	mbar
a distancia R <sub>x</sub>	=	m



## Dimensionado del Área de Venteo

- Situación interior
- Conducto de venteo de máximo 6 m, con inclinación hasta 20° y SIN CODOS



## EJEMPLOS de protección:

### Los elevadores de cangilones

### Los filtros de mangas

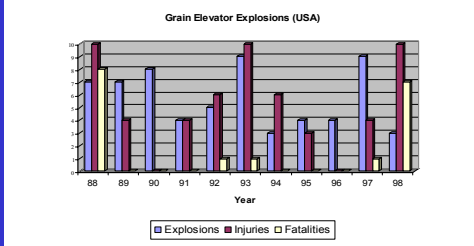
## Elevadores

- Para un diseño correcto de la protección debemos:
  - SABER COMO FUNCIONA
  - CONOCER SU ESTRUCTURA
  - DONDE Y PORQUE HAY RIESGO
  - MEDIDAS DE PREVENCIÓN
  - SELECCIONAR LA PROTECCION



## Almacenaje de Grano Elevadores: Principal fuente de ignición

- +/- 50% de las explosiones en instalaciones de almacenaje de grano se iniciaron en los elevadores de cangilones
- +/- 20 explosiones por año



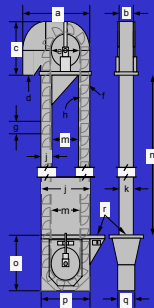
## ¿Qué son los elevadores?

- Elevadores son un modo muy común de transporte de para el almacenaje vertical
- Tipos Básicos:
  - Elevadores de cangilones,
  - Tornillos sin fin,
  - Transporte neumático
- El más usado: Elevador de Cangilones

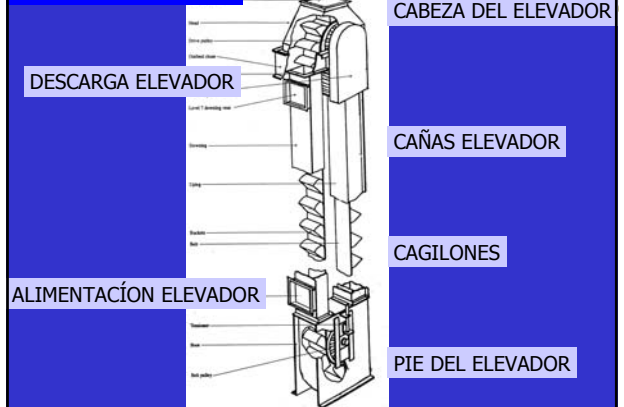


## ¿Cómo funciona un elevador de cangilones?

- El cangilón se llena del producto y sube por el elevador, descargando al llegar arriba, por ello al transportar sólidos tiene polvo en suspensión.



## PARTES DEL ELEVADOR



## POSIBLES FUENTES DE IGNICIÓN

Descarga electrostática

Calentamiento rodamientos

Entrada de material incandescente o cuerpos extraños

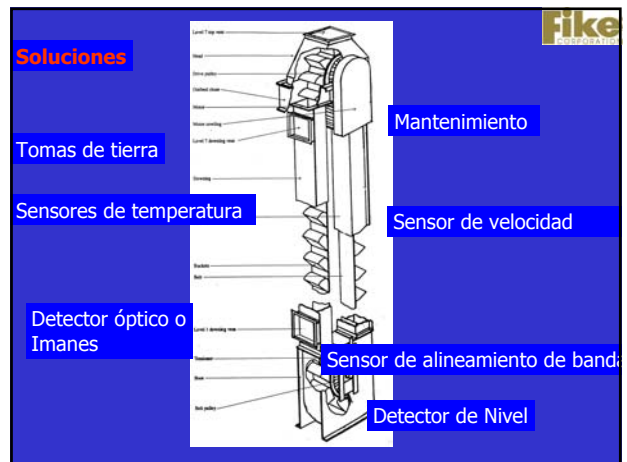
Chispas de fricción o mecánica

CAGILONES golpean pared deformación o rotura

Desalineado de la correa

Sobrellenado, patina la correa





## NIVELES DE PROTECCION

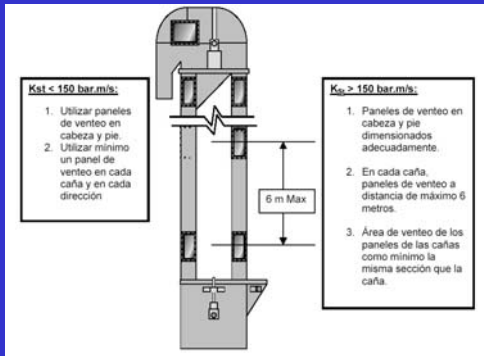
- **Nivel básico**
  - Venteo de Explosiones (Exterior)
  - Venteo sin llamas (Interior)
- **Nivel intermedio**
  - Venteo de explosiones Combinado con asilamiento químico de la cabeza y el pie del elevador.
- **Nivel Máximo**
  - Supresión de explosiones (Contención total)

## Nivel Básico depende del Kst

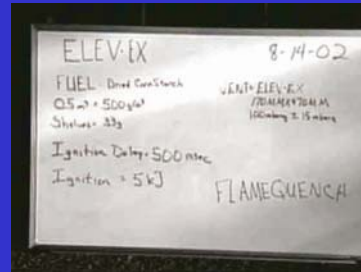
- **Venteo de explosiones:**
  - En función de explosividad:
    - Hasta  $K_{max}$ : 80 bar m / s
      - SOLO Venteo en Cabeza
    - Hasta  $K_{max}$ : 150 bar m / s
      - Venteo en cabeza y hasta seis metros de la misma y del pie en cada caña.
    - Más de 150  $K_{max}$ :
      - Venteo en cabeza pie y como máximo cada seis metros de cada caña.
  - Si el venteo es interior siempre SIN LLAMA

## Nivel Básico depende del Kst

### • Venteo



## VENTEO SIN LLAMA EN ELEVADORES ELEQUENCH



## VENTEO SIN LLAMA EN ELEVADORES ELEQUENCH



## Nivel Básico depende del Kst

### • Venteo



## Elevador de una caña

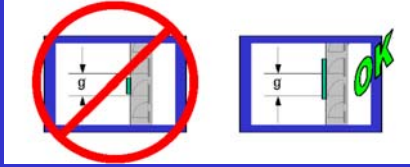


## Nivel Básico: Venteo ¿dónde y como?



## Nivel Básico: Venteo ¿dónde y como?

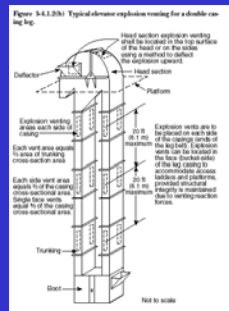
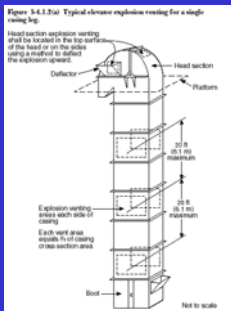
- Área de venteo debe ser igual o superior a la sección de la caña.
- Y su longitud ha de ser superior a la separación entre dos cangilones (g)



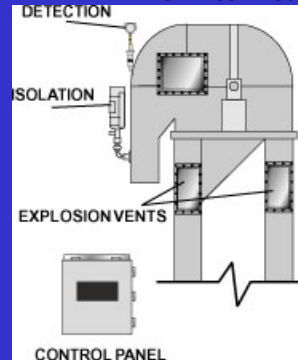
## Nivel Básico: Venteo ¿dónde y como?

- Una caña:
  - Se divide el elevador en secciones  $L/D < 10$ .
  - Se calcula el venteo como un recipiente alargado.
  - Se ventea en el lateral.

## Venteo según NFPA 61 ed. 1999

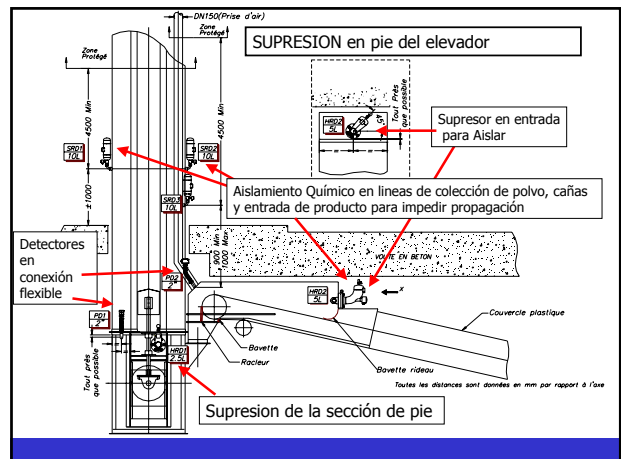


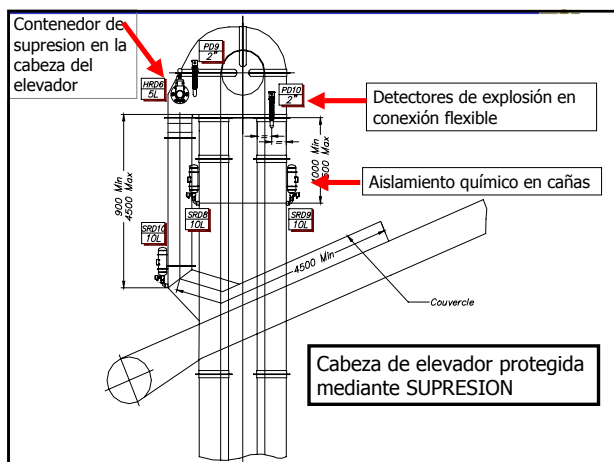
## Nivel Intermedio



## NIVEL MAXIMO

- Supresión de Explosiones





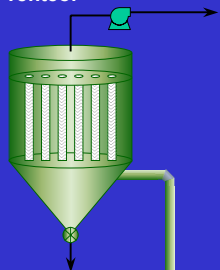
## FILTROS

### Fuentes de ignición

- Descarga electrostática.
- Entrada de un objeto incandescente.
- Trabajos de corte y soldadura.
- Auto combustión.

## Ventoe en FILTROS

Definición del Problema: **Obstrucción por desprendimiento** de las mangas o cartuchos del área de ventoe.

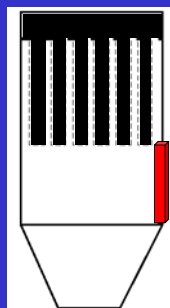


Alternativas de ventoe aceptables:

### PREFERIDA

Localizar (todo) el ventoe por debajo de las mangas

- Recomendaciones de Fike para el cálculo del ventoe en utilizar tan sólo el volumen sucio ( resta del volumen total menos el área limpia: cámara + interior de mangas)
- Solo aplicable para L/D del volumen por debajo de las mangas

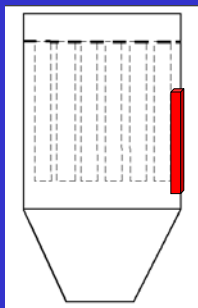


Alternativas de ventoe aceptadas

### ACEPTADA

Localizar (todo) el ventoe de manera que el final de la manga pase a través del orificio

- Recomendaciones de Fike para calcular el área de ventoe es usar el volumen total (limpio+sucio)
- Solo aplicar L/D en el volumen por debajo de las mangas



Alternativa de ventoe aceptada

### COMENTARIO

Para esta aplicación específica, filtro de mangas, con mangas especialmente reforzadas en previsión de que se desprendan.







**Alternativa de Venteo NO recomendada:**

No se recomienda la instalación de los paneles de venteo por encima del fondo

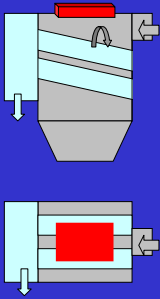
Si esto se hace así se recomienda para el cálculo del área de venteo Tomar todo el volumen (Limpio + Sucio)

Aplicar L/D en el volumen por debajo de las mangas

Usar rejās para controlar el desplazamiento de las mangas, la ubicación de esta reja debe ser igual al área A' que a su vez tiene que ser igual al área de venteo  $A_v$ .

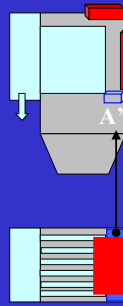


### Otros tipos de filtros: Tipo Cartuchos



- Localización (todos) los paneles de venteo en el techo del filtro, normalmente es la única área disponible
- Fike recomienda para el cálculo del área de venteo tomar sólo el área sucia (Representada en color gris)

### Otros tipos de filtros: Tipo Bolsas



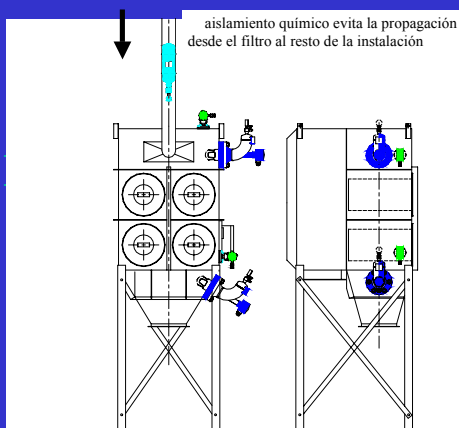
- Es preferible situar (Todos) los paneles de venteo en la cara opuesta a las bolsas
- Alternativamente puede aceptarse en el techo. Si el área Libre A' es igual al área de venteo Av.
- Fike recomienda para calcular el área de venteo utilizar sólo el volumen sucio (representado en gris)

## SUPRESIÓN

- CUANDO NO SE PUEDE VENTEAR:
  - El equipo está en el interior
  - El Kst es muy alto
  - El producto es tóxico o nocivo para el medio ambiente
  - El equipo resiste poco
  - Se desea reducir el tiempo de parada
- El venteo condiciona la emisión de llamas, presión y partículas

## AISLAMIENTO

- La explosión puede propagarse por las líneas a otras partes del proceso productivo agravando las consecuencias de la explosión.
- En el caso de que los equipos interconectados no soporten la presión de la explosión reducida (Pred o TSP), en este caso se recomienda el empleo de válvulas de aislamiento.
- También se emplearán válvulas de aislamiento si queremos proteger al resto de la instalación de la contaminación por los subproductos de una explosión.



## MOLINOS

### Fuentes de ignición

- Descarga electrostática.
- Entrada de un objeto incandescente.
- Entrada de un objeto duro
- Trabajos de corte y soldadura.
- Rotura de un diente

## MOLINOS

### Fuentes de ignición

Entrada de un objeto duro



## SILOS

### Fuentes de ignición

- Descarga electrostática.
- Entrada de un objeto incandescente.
- Trabajos de corte y soldadura.



## ATOMIZADORES Y LECHOS FLUIDOS

### Fuentes de ignición

- Rotura de parte móvil
- Temperatura
- Autocombustión



## ATOMIZADORES Y LECHOS FLUIDOS



A tener en cuenta !!!!

Una catástrofe  
nunca permite una  
segunda  
oportunidad

Gracias  
por su atención