

# PROTECCION CONTRA EXPLOSIONES

Desarrollado por



Presentado por  
Xavier de Gea  
Director

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

C/ Rosselló, 34, 3<sup>er</sup>, 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:

- Ventilas de explosión
- Ventilas sin Clave Franchuch<sup>®</sup>
- Suspensión y Aislamiento de explosiones



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

Fike Corporation

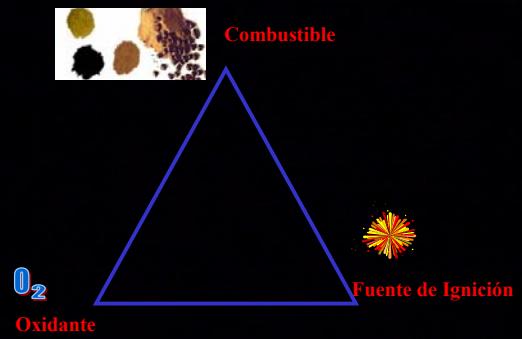


FIKE EUROPE



FIKE IBERICA

## ¿Cómo ocurre una Deflagración?



## ¿Cómo ocurre una explosión?



Combustible

RECIPIENTE

O<sub>2</sub>

Oxidante



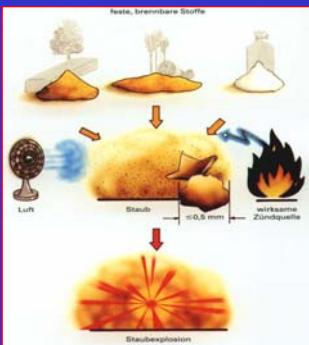
Fuente de Ignición

## ¿Cómo ocurre una explosión?

TCR 00:39:46:01



## ¿Cómo ocurre una explosión de polvo?



## Industrias con materias combustibles



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

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

- La EMI de los gases  $\mu\text{J}$ , mientras los polvos requiere  $\text{mJ}$ . 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.



## 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:

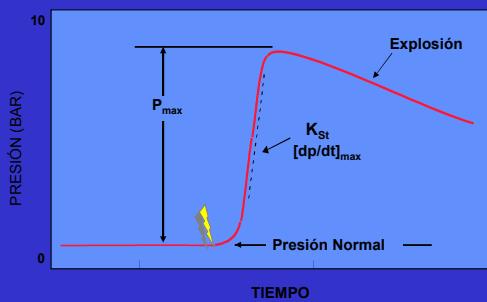
EMI Energía mínima de Inflamación

TMI temperatura Mín. Ignición

en nube TMI n

en capa TMI c

## Curva de Presión de Explosión



## Índice de Explosividad

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

Clase Riesgo	K <sub>st</sub>	P <sub>max</sub>
St-1	≤ 200	≤ 10
St-2	201-300	≤ 10
St-3	> 300	≤ 12

## Datos de Explosividad

Producto	Tamaño partículas Micras	P <sub>MAX</sub> barg	K <sub>st</sub> 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



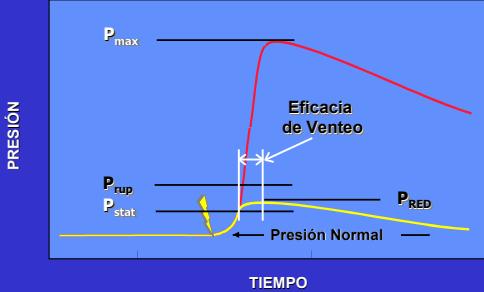
## Concepto de Venteo

- 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 Venteada



## 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**  
CORPORATION



## PANELES DE VENTEO CERTIFICADOS ATEX:

P stat

Eficiencia de venteo 90-100%

ATEX IBExU02ATEX2165 X



## Ejemplo Paneles de Vento



## Puertas de Explosión

- 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**  
CORPORATION

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



## VENTEO SIN LLAMA

**Fike**  
CORPORATION



## 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

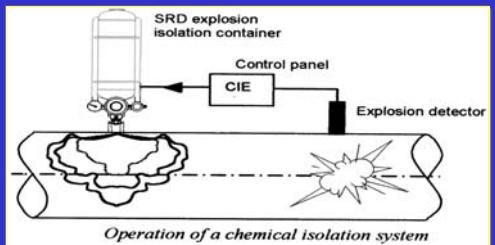


## Sistemas Activos de Aislamiento de Explosiones

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



## AISLAMIENTO QUÍMICO



## Sistemas de detección de Explosiones

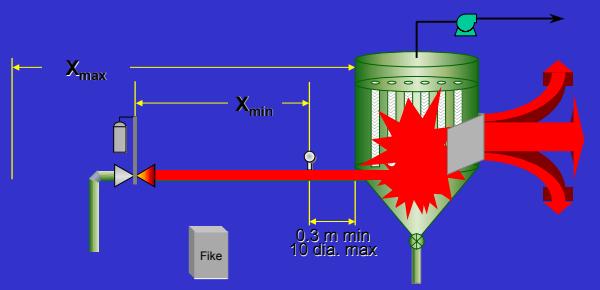
- Indicador de Ruptura
- Detección óptica
- Detección por presión



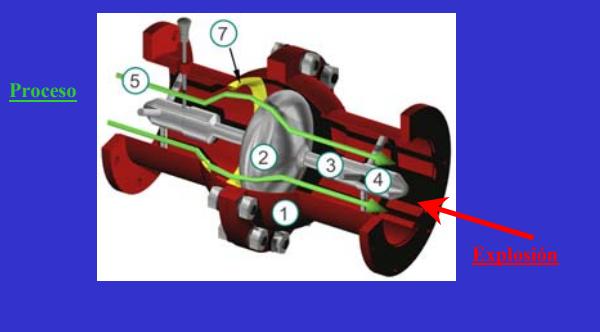
## Componentes de los Sistemas de Protección de Explosiones



## Aislamiento de Explosiones

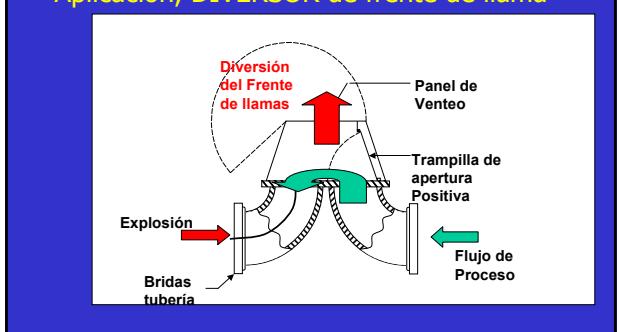


## Barrera "Ventex"

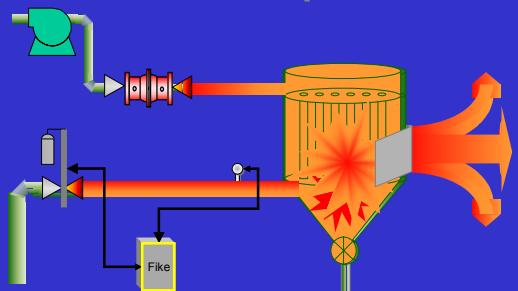


## Sistemas de Aislamiento PASIVOS

Aplicación, DIVERSOR de frente de llama

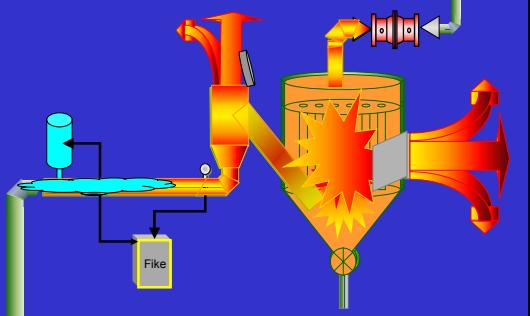



## Aislamiento de Explosiones

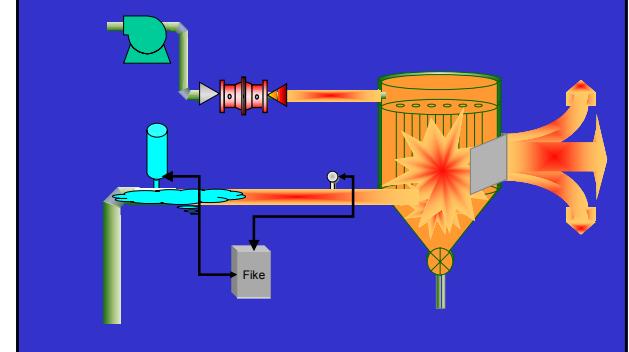


Para para la presión y las llamas

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

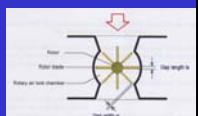


Uso de barreras químicas para detener el paso de las llamas

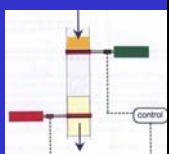


## Sistemas de Aislamiento PASIVOS

### VÁLVULA ROTATIVA



### SELLO CON PRODUCTO

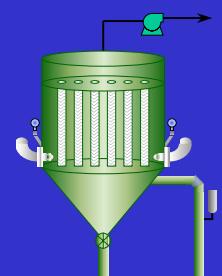


### Sistema de DOBLE COMPUERTA

### PARO AUTOMÁTICO

## Seleccionar Técnica de Protección

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

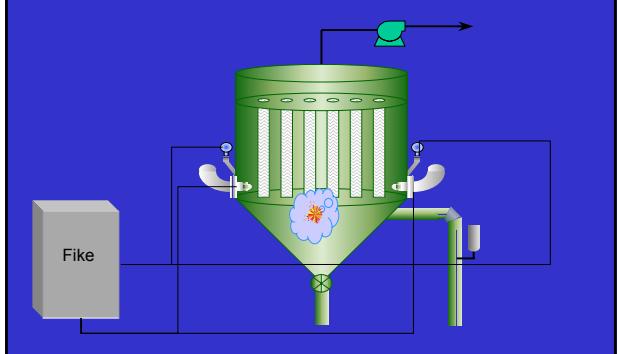


## SUPRESIÓN

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

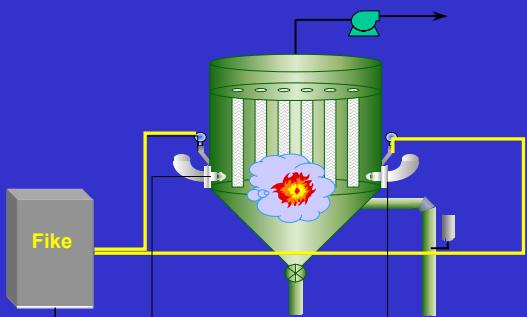
## Ignición

empieza en un recipiente cerrado



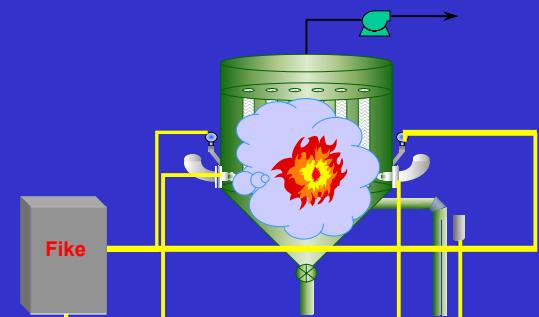
## Detección

El envía una señal al panel de control 1 Milisegundo



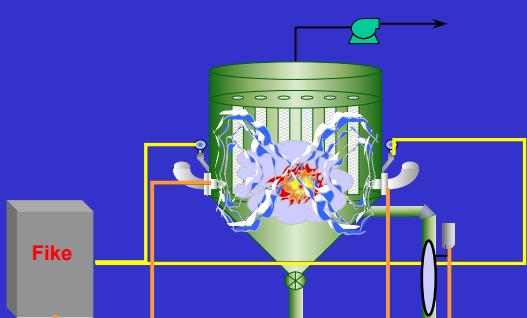
## Activación

El panel activa los iniciadores, 1 milisegundo

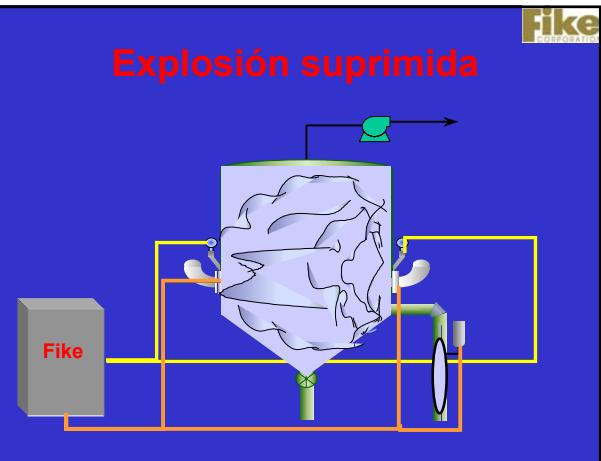


## Inyección

Se expulsa agente Supresor



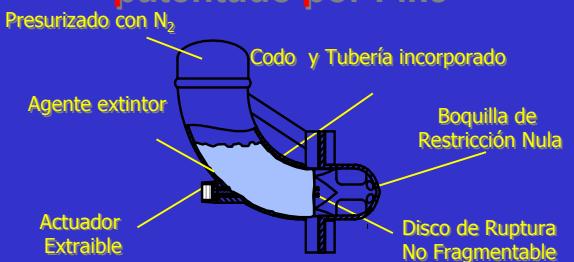
## Explosión suprimida



## SUPRESIÓN DE PROPANO

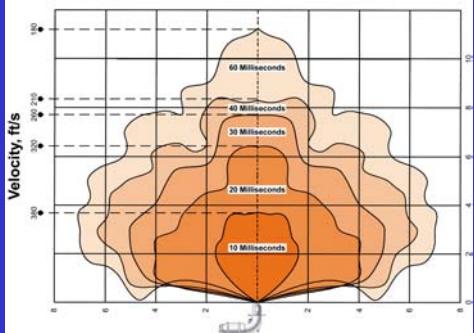


## Diseño de Descarga Máxima patentado por Fike



## Supresión de Explosión

### Perfil de la Nube de Descarga



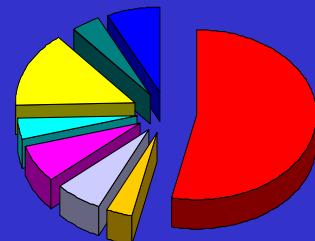
## Descarga de agente supresor



## 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

**Fike**  
CORPORATION



**MANTENIMIENTO CON  
PERMISOS DE TRABAJO**

**Fike**  
CORPORATION



**MANTENIMIENTO  
INCORRECTO**

**Fike**  
CORPORATION



**MANTENIMIENTO  
INCORRECTO**

**Fike**  
CORPORATION



**LIMPIEZA INCORRECTA**

**Fike**  
CORPORATION



**LIMPIEZA INCORRECTA**

**Fike**  
CORPORATION



## LIMPIEZA INCORRECTA



## LIMPIEZA INCORRECTA

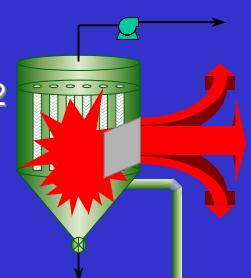


## LIMPIEZA INCORRECTA

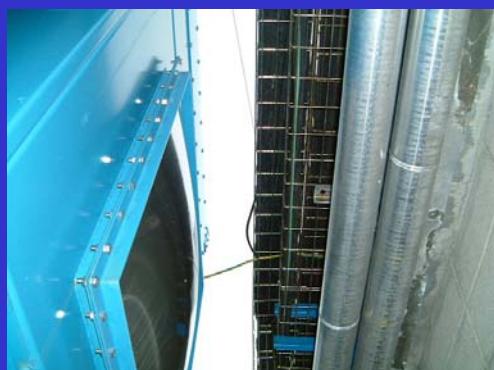


## Dimensionado Área de Viento

- VDI 3673 Part 1, 2002
- prEN 14797



## VENTEO INCORRECTO



## VENTEO INCORRECTO

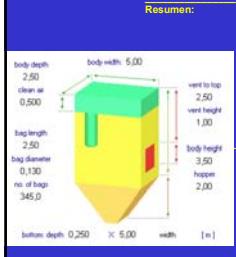


## ¿Es posible ventear?



**Fike**  
CORPORATION

## Cálculos Venteo SILO VDI 3673



Resumen:	
Combustible	= Polvo madera
Volumen	V = 39,8 m <sup>3</sup>
Largo / Diametro (efectivo)	L/De = 1,00
Resistencia (Sobrepresión) P <sub>ref</sub>	P = 0,25 bar
	= estándar
Datos de Explosividad del producto	
Constante del producto	K <sub>st</sub> = 155 m-bar/s
Sobrepresión explosión	P <sub>max</sub> = 8,5 bar
Presión de Apertura	P <sub>set</sub> = 0,10 bar
Área de Venteo (equivalente) A	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	td = 1687 ms
Impulso transferido	IR = 38 kN·s
Longitud máxima de llama LF	= 34,1 m
Presión exterior max.	P <sub>Amax</sub> = 101 mbar
a distancia Rx	= 8,5 m
presión exterior Pa	= 0,10 mbar
a distancia Rx	= 0,0 m

## Cálculos Venteo SILO VDI 3673

### Cálculo VDI 3673, Part 1 2002

#### Resumen:

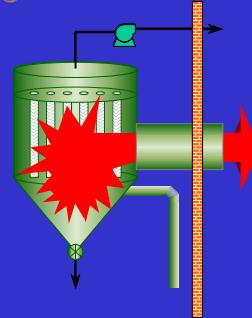
Combustible	= Azúcar
Volumen	V = 77,1 m <sup>3</sup>
Largo / Diametro (efectivo)	L/De = 2,23
Resistencia (Sobrepresión) P <sub>ref</sub>	P <sub>ref</sub> = 1,21 bar
Dispersión de polvo	= estándar
Datos de Explosividad del producto	
Constante del producto	K <sub>st</sub> = 165 m-bar/s
Sobrepresión explosión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

Maxima fuerza de retroceso FR	= 286,9 kN
Duración retroceso	td = 527 ms
Impulso transferido	IR = 79 kN·s
Longitud máxima de llama	= 1 m
Presión exterior max.	P <sub>Amax</sub> = 0 mbar
a distancia Rx	= 0 m
presión exterior Pa	= 0 mbar
a distancia Rx	= 0 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

**Fike**  
CORPORATION

## Elevadores

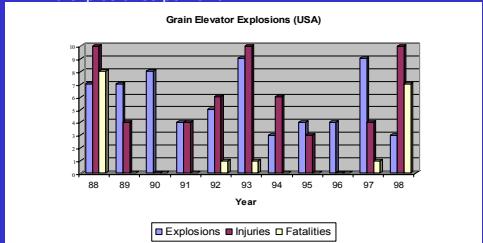
- Para un diseño correcto de la protección debemos:
  - SABER COMO FUNCIONA
  - CONOCER SU ESTRUCTURA
  - DONDE Y PORQUE HAY RIESGO
  - MEDIDAS DE PREVENCION
  - SELECCIONAR LA PROTECCION

**Fike**  
CORPORATION

## 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



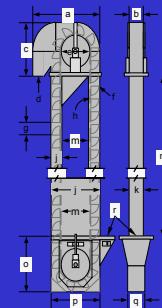
### ¿Qué son los elevadores?

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

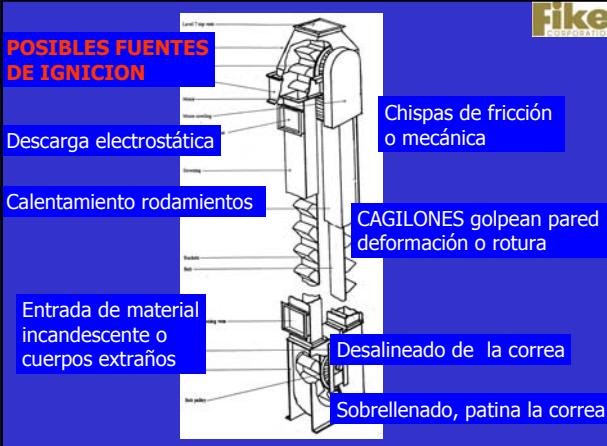
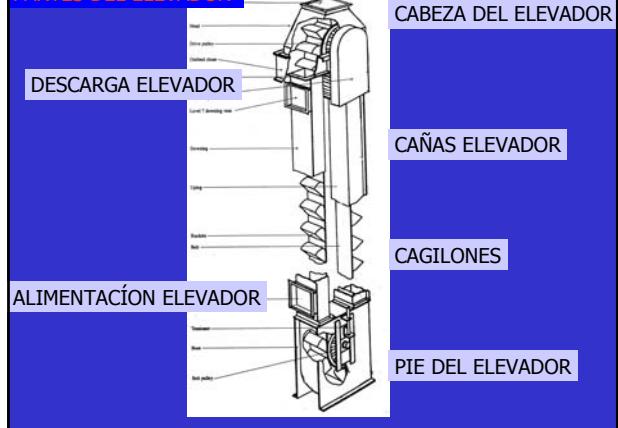


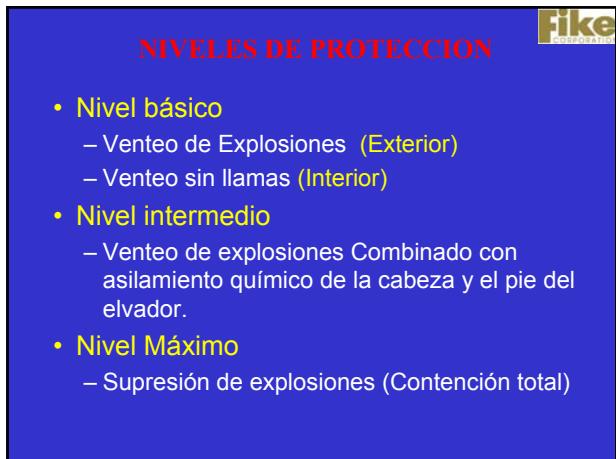
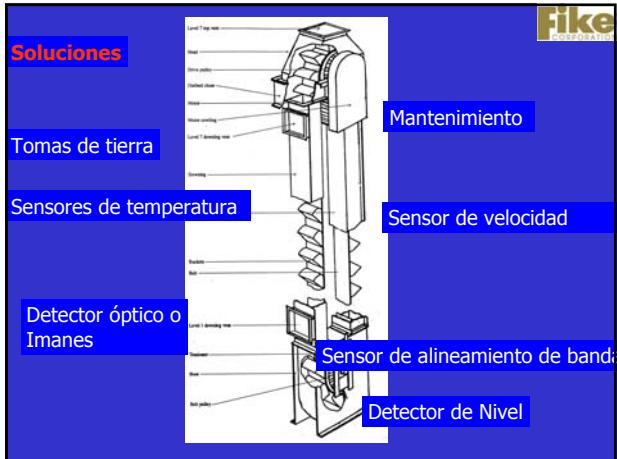
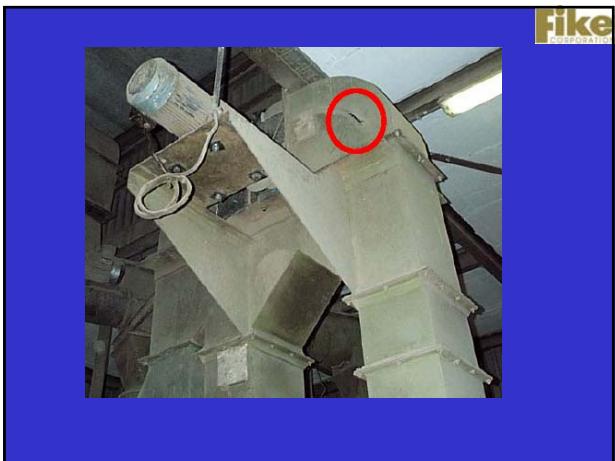
### ¿Cómo funciona un elevador de cangilones?

- 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





#### Nivel básico

- Vento de Explosiones (Exterior)
- Vento sin llamas (Interior)

#### Nivel intermedio

- Vento de explosiones Combinado con asilamiento químico de la cabeza y el pie del elevador.

#### Nivel Máximo

- Supresión de explosiones (Contención total)



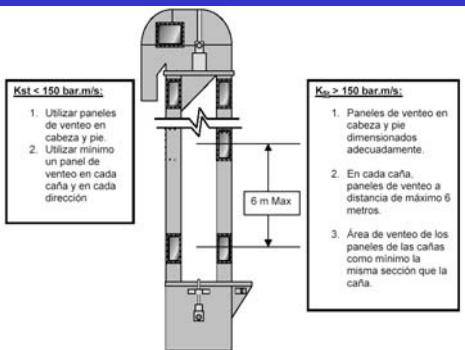
#### Vento de explosiones:

- En función de explosividad:
  - Hasta Kmax: 80 bar m / s
    - SOLO Vento en Cabeza
  - Hasta Kmax: 150 bar m / s
    - Vento en cabeza y hasta seis metros de la misma y del pie en cada caña.
  - Más de 150 Kmax:
    - Vento en cabeza pie y como máximo cada seis metros de cada caña.

– Si el venteo es interior siempre SIN LLAMA

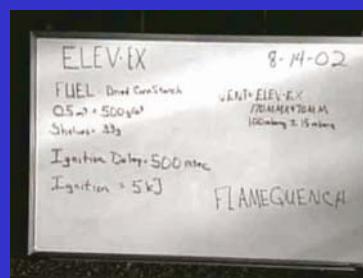
## Nivel Básico depende del Kst

- Venteo



**Fike**  
CORPORATION

## VENTEO SIN LLAMA EN ELEVADORES ELEQUENCH



## VENTEO SIN LLAMA EN ELEVADORES ELEQUENCH



**Fike**  
CORPORATION

## Nivel Básico depende del Kst

- Venteo



## Elevador de una caña



**Fike**  
CORPORATION

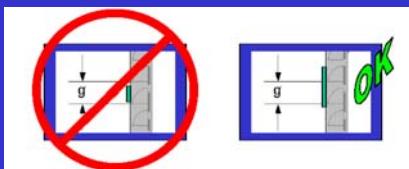
**Fike**  
CORPORATION

## Nivel Básico: Venteo ¿dónde y como?



## Nivel Básico: Vento ¿dónde y como?

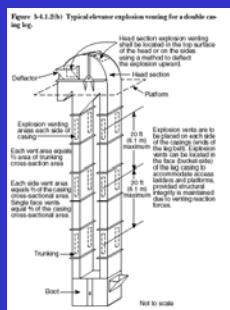
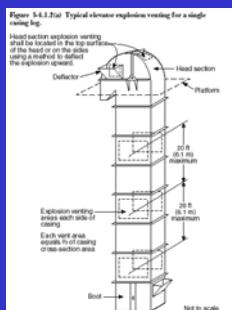
- Área de venteo debe ser igual o superior a la sección de la caña.
- Y su longitud ha de ser superior a la separación entre dos cangilones (g)



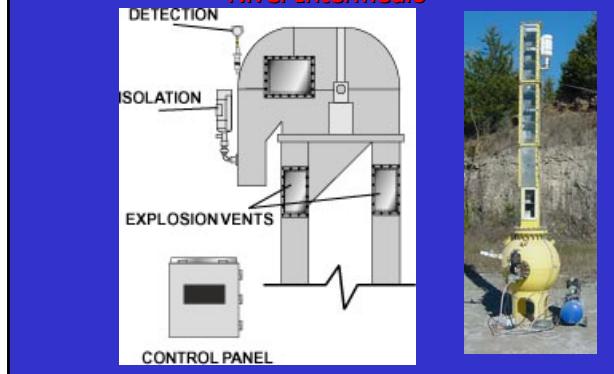
## Nivel Básico: Vento ¿dónde y como?

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

## Vento según NFPA 61 ed. 1999

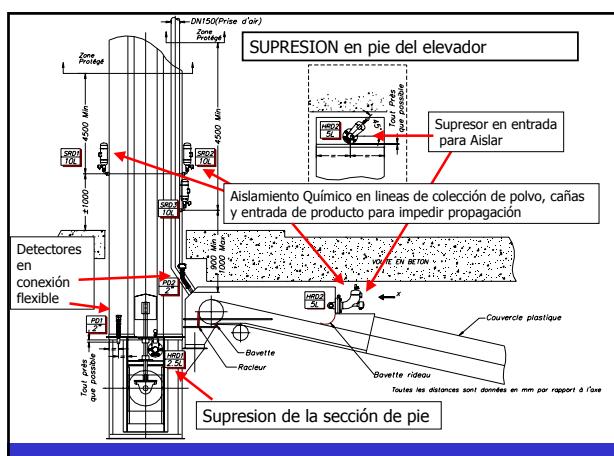


## Nivel Intermedio



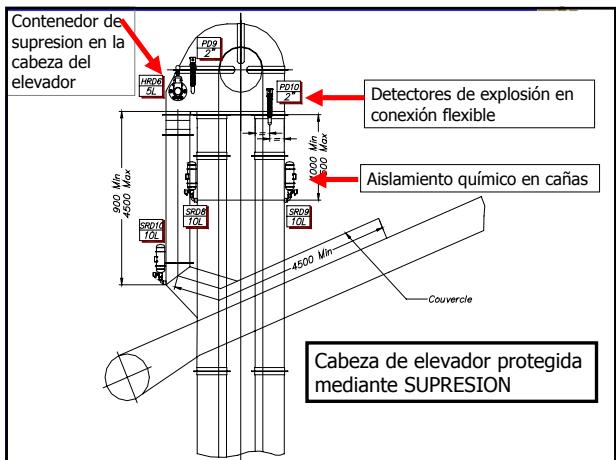
## NIVEL MAXIMO

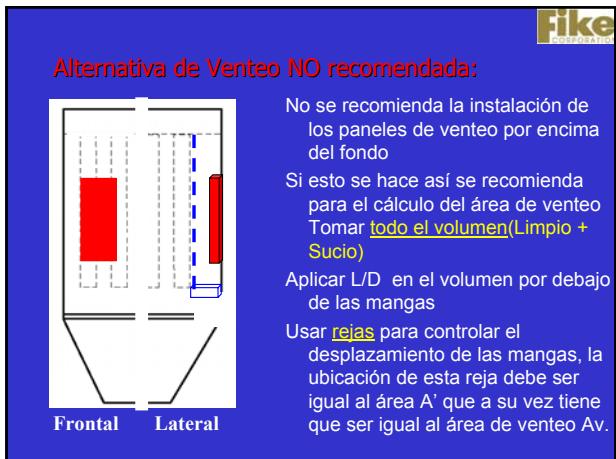
### – Supresión de Explosiones



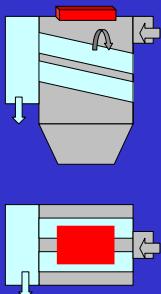
## FILTROS Fuentes de ignición

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



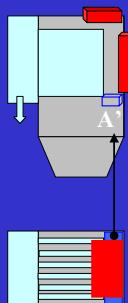


### Otros tipos de filtros: Tipo Cartuchos



- 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 tan solo el área sucia (Representada en color gris)

### Otros tipos de filtros: Tipo Bolsas



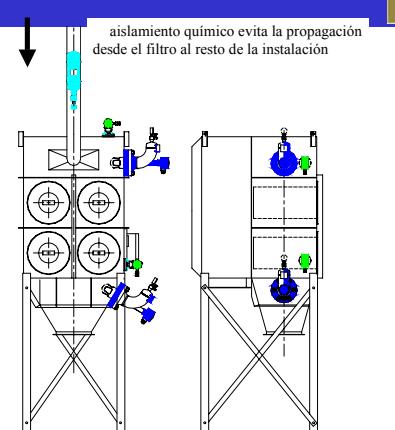
- Es preferible situar (Todos) los paneles de venteo en la cara opuesta a las bolsas
- Alternativamente puede aceptarse en el techo. Si el área Libre A' es igual al área de venteo Av.
- Fike recomienda para calcular el área de venteo utilizar sólo el volumen sucio (representado en gris)

## 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 emplearan 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