

Curso

Desarrollo y Control Incendios Industriales



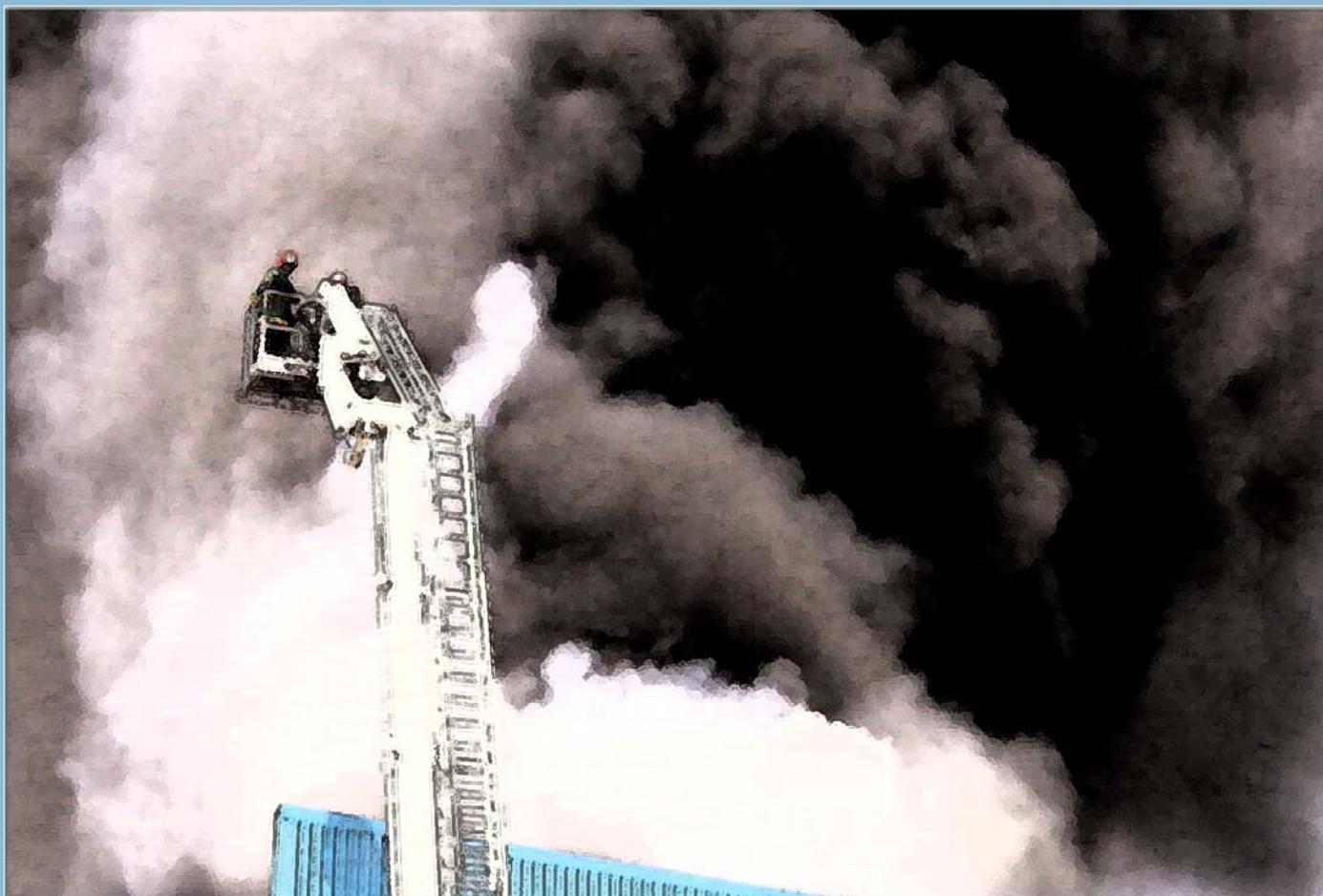
Federación de servicios y
Administraciones Públicas

Itinerario Formativo
Bomberos



federación de servicios y
administraciones públicas

ITINERARIO FORMATIVO
BOMBEROS



**CURSO DE DESARROLLO
Y CONTROL DE
INCENDIOS INDUSTRIALES**

**CURSO DE DESARROLLO Y
CONTROL DE INCENDIOS
INDUSTRIALES**

AUTORES DEL MANUAL

D. CRISTOBAL CRESPO URBANO

Sargento Jefe de turno del Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante).

D. JOSE ARANEGA BAREA

Sargento Jefe de turno del Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante).

D. ANTONIO CÓRDOBA MELLADO

Suboficial Jefe del Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante).

D. JORDI SOLER ROVIRA

Bombero del Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante).

D. JUAN CARLOS CALLES MIRA

Sargento Jefe de turno del Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante).

ASESOR TÉCNICO

D. JOSE LUIS GARCÍA CANTÓ

Bombero del Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante).
Diplomado en Psicopedagogía por la U.N.E.D.

MONTAJES AUDIOVISUALES

D. DAVID DELHOM MOLINA

Bombero del Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante).

INTRODUCCIÓN

Quizá sean los incendios de industria entre los siniestros en espacios confinados que con más asiduidad tenemos, los que presentan un mayor número de variables a tener en cuenta:

- Presencia de personas trabajando cuando se inicia el incendio.
- Resistencia de la estructura del edificio.
- Presencia de electricidad.
- Existencia de grandes cantidades de materias inflamables dependiendo del tipo de industria (textiles, maderas, plásticos, etc.)
- Presencia de de otras materias inflamables y tóxicas para uso auxiliar (gases, líquidos, etc.).
- Existencia de empresas colindantes.
- Posibilidad de afectación al medio ambiente.
- Y así un largo etcétera.

Por todo ello, cuando se nos ofreció la posibilidad de organizar este “Curso de Intervención en Incendios Industriales”, pensamos sobre todo, a la hora de elegir los contenidos, en como poder ofrecer una visión lo más amplia y global de las características de este tipo de siniestros, para poder dar una respuesta lo más eficaz y segura posible desde el punto de vista de nuestra profesión.

Todo esto es lo que os pretendemos transmitir desde un nivel básico e iniciador, a través de este manual que ahora tienes en tus manos.

JOSE LUIS GARCÍA CANTÓ

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
MÓDULO 1: HIDRÁULICA.....	6
MÓDULO 2: AGENTES EXTINTORES	26
MÓDULO 3: LAS ESTRUCTURAS Y EL FUEGO.....	46
MÓDULO 4: DESARROLLO DE UN INCENDIO INDUSTRIAL.....	65
MÓDULO 5: RIESGOS DE INCENDIO EN UN RECINTO INDUSTRIAL.....	89
MÓDULO 6: ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS PARA LA INTERVENCIÓN EN INCENDIOS INDUSTRIALES.....	111
MÓDULO 7: MÉTODOS DE VENTILACIÓN EN LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES.....	133
MÓDULO 8: LOS INCENDIOS INDUSTRIALES Y EL MEDIO AMBIENTE.....	154
BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	171

MÓDULO 1: HIDRAULICA.

Autor: Cristóbal Crespo Urbano

MECÁNICA DE FLUIDOS

Introducción.

1. Objetivos específicos.
2. Definición.
3. Conceptos de hidráulica.
 - 3.1. Viscosidad.
 - 3.2. Tensión superficial.
 - 3.3. Presión en un fluido.
 - 3.4. Presión.
 - 3.4.1. Presión Absoluta y relativa o manométrica.
 - 3.4.2. Presión estática y dinámica.
4. Ecuación de la continuidad.
5. Ecuación de descarga.
6. Principio de Pascal.
7. Teorema de Bernoulli.
8. Perdidas de carga.
9. Punto de funcionamiento de una instalación.

BOMBAS CENTRÍFUGAS

Introducción

1. Objetivos específicos.
2. Definición.
3. Funcionamiento de las bombas centrífugas.
4. Partes de una bomba centrífuga.
5. Curvas características de una bomba centrífuga.
6. Aspiración.
7. Mecanismos de cebado.
 - 7.1. Pistones.
 - 7.2. Anillo de agua.
 - 7.3. Sistema Trocomat.
 - 7.4. Efecto venturi eyector de gases.
8. Aspiración desde una superficie abierta.
9. Que es cavitación.
10. Que es golpe de ariete.
11. Utilización de las bombas desde un hidrante.
12. Pruebas de estanqueidad.
 - 12.1. Prueba de espiración en seco.
 - 12.2. Prueba hidráulica con presión en bomba.
 - 12.3. Prueba de los mangotes de aspiración.
13. Comportamiento durante las operaciones.
 - 13.1. Parada de la bomba.
 - 13.2. Limpieza de la bomba.

MECÁNICA DE FLUIDOS

INTRODUCCIÓN

Los fluidos son cruciales en muchos aspectos de la vida cotidiana. Los bebemos, los respiramos, nadamos en ellos. Ellos circulan por nuestro cuerpo y controlan el clima. Los aviones vuelan en ellos; los barcos flotan en ellos. Un fluido es cualquier sustancia que puede fluir, tanto líquidos como gases. Normalmente pensamos que un gas es fácil de comprimir, y un líquido es casi incompresible, pero hay casos excepcionales.

Comenzamos nuestro estudio con la estática de fluidos, el estudio de fluidos en reposo en situaciones de equilibrio. Exploraremos los conceptos clave de presión, viscosidad y tensión superficial. La dinámica de fluidos, el estudio de fluidos en movimiento, es mucho más compleja; de hecho, es una de las ramas más complejas de la mecánica.

Por fortuna, podemos analizar muchas situaciones importantes usando modelos idealizados sencillos y principios que ya conocemos, como las leyes de Newton y la conservación de la energía. Aun así, apenas rozaremos la superficie de este amplio e interesante tema.

1.- OJETIVOS ESPECIFICOS

⇒ **Reparar los conceptos básicos para la mecánica de fluidos aplicados en las bombas centrífugas contra incendios.**

2.- DEFINICIÓN

La **mecánica de fluidos** es la rama de la mecánica de medios continuos (que a su vez es una rama de la física) que estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos).

La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes. También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita. La hipótesis fundamental en la que se basa toda la mecánica de fluidos es la hipótesis del medio continuo.



Perturbación provocada por un avión al despegar hecha visible con humo coloreado

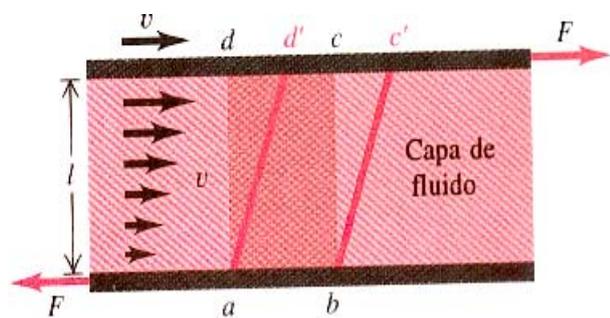
3.- CONCEPTOS DE HIDRAULICA

La **hidráulica** es una rama de la física que se relaciona con el estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos, dentro del campo de la extinción de incendios la hidráulica es el principio básico del funcionamiento de muchas herramientas necesarias para desarrollar la mayoría de tareas.

3.1.- VISCOSIDAD

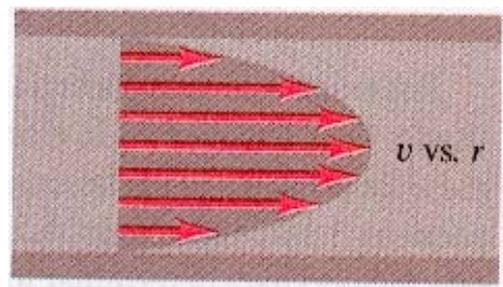
La *viscosidad* es la fricción interna en un fluido. Las fuerzas viscosas se oponen al movimiento de una porción de un fluido relativo a otra. La viscosidad hace que cueste trabajo palear una canoa en aguas tranquilas, pero también es lo que hace que funcione la pala.

Los efectos viscosos son importantes en el flujo de fluidos en tuberías, el flujo de la sangre, la lubricación de las piezas de un motor y muchas otras situaciones. Un fluido viscoso tiende a adherirse a una superficie sólida en contacto con ella. Hay una *capa de frontera* delgada de fluido cerca de la superficie, en la que está casi en reposo respecto a la superficie.



El ejemplo más sencillo de flujo viscoso es el movimiento de un fluido entre dos placas paralelas. La placa inferior es estacionaria, y la superior se mueve con una velocidad constante v . El fluido en contacto con cada superficie tiene la misma velocidad que la superficie.

La rapidez de flujo de capas intermedias de fluido aumenta uniformemente de una superficie a la otra, como indican las flechas, así que las capas de fluido se deslizan suavemente unas sobre otras; el flujo es laminar.



Una porción del fluido que tiene la *forma abcd* en cierto instante tiene la *forma abc'd'* un instante después y se distorsiona cada vez más al continuar el movimiento. Es decir, el fluido está en un estado de *deformación cortante* en continuo aumento.

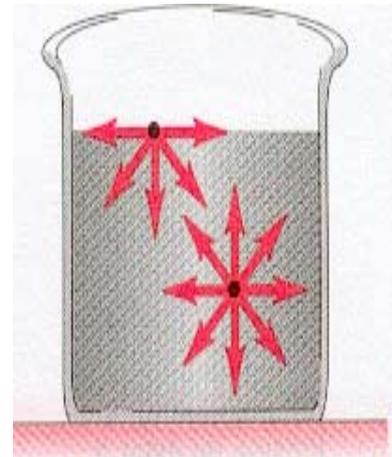
Para mantener este movimiento, debemos aplicar a la placa superior una fuerza constante F hacia la derecha para que siga moviéndose, y una fuerza de igual magnitud hacia la izquierda a la placa inferior para mantenerla fija. Si A es el área de cada placa, la relación F/A es el *esfuerzo cortante* ejercido sobre el fluido.

Por tanto definiremos la viscosidad del fluido, denotada con η ("eta"), como la relación entre el esfuerzo cortante $= F/A$, y la razón de deformación $= v/l$.

$$\eta = \frac{\text{Esfuerzo cortante}}{\text{Razón de deformación}} = \frac{F/A}{v/l} \quad (\text{definición de viscosidad})$$

3.2.- TENSION SUPERFICIAL

Un *clip* puede descansar sobre el agua aunque su densidad es varias veces mayor que la del agua. Algunos insectos pueden caminar en la superficie del agua; sus patas crean depresiones en la superficie pero no la penetran.



Tales fenómenos son ejemplos de *tensión superficial*: la superficie del líquido se comporta como una membrana en tensión.

Las moléculas del líquido ejercen fuerzas de atracción entre sí; la fuerza neta sobre una molécula dentro del volumen del líquido es cero, pero una molécula en la superficie es atraída hacia el volumen.

Por ello, el líquido tiende a minimizar su área superficial, tal como lo hace una membrana estirada.

Una molécula de un líquido es atraída por las demás moléculas. Una molécula en la superficie es atraída hacia el volumen del líquido, y esto tiende a reducir el área superficial del líquido.

La tensión superficial σ en la película se define como la relación entre la fuerza de tensión superficial F y la longitud d a lo largo de la cual actúa:

$$\sigma = \frac{F}{d}$$

La tensión superficial es *una fuerza por unidad de longitud*. La unidad en el SI es N/m, pero es más común usar la unidad en el cgs, dina por centímetro (din/cm):

$$1 \text{ din/cm} = 10^{-3} \text{ N/m} = 1 \text{ mN/m.}$$

VALORES EXPERIMENTALES DE TENSION SUPERFICIAL		
Líquido contacto en aire	Temperatura ° C	Tensión Superficial (mN/m o din/cm)
Benceno	20	28,9
Tetracloruro de carbono	20	26,8
Etanol	20	22,3
Glicerina	20	63,1
Mercurio	20	465,0
Aceite de oliva	20	32,0
Disolución de jabón	20	25,0
Agua	0	75,6
Agua	20	72,8
Agua	60	66,2
Agua	100	58,9
Oxígeno	-193	15,7
Neón	-247	5,15
Helio	-269	0,12

La tensión superficial de un líquido suele disminuir al aumentar la temperatura; la tabla muestra este comportamiento para el agua, la temperatura está relacionada con la energía del movimiento molecular de un material.

Al aumentar la temperatura, las moléculas de un líquido se mueven con mayor rapidez y las interacciones entre ellas tienen un efecto menor sobre su movimiento, así que la tensión superficial disminuye.

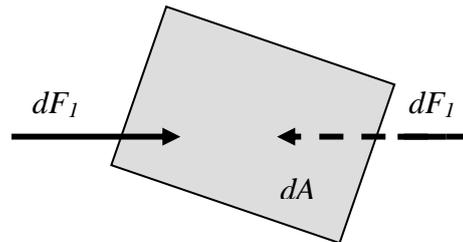
3.3.- PRESIÓN EN UN FLUIDO.

Cuando un fluido (líquido o gas) está en reposo, ejerce una fuerza perpendicular a cualquier superficie en contacto con él, como la pared del recipiente o un cuerpo sumergido en el fluido.

Si imaginamos una superficie *dentro* del fluido, el fluido a cada lado de ella ejerce fuerzas iguales y opuestas sobre ella. (Si no, la superficie se aceleraría y el fluido no permanecería en reposo.) Considere una superficie pequeña de área dA centrada en un punto en el fluido; la fuerza normal ejercida por el fluido sobre cada lado es dF_1 .

Definimos la presión P en ese punto como la fuerza normal por unidad de área, es decir, la razón de dF_1 a dA :

$$P = \frac{dF_1}{dA} \quad (\text{definición de presión})$$



Si la presión es la misma en todos los puntos de una superficie plana finita de área A , dF_1 es la fuerza normal neta sobre un lado de la superficie. La unidad en el SI de la presión es el pascal, donde:

$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Dos unidades relacionadas empleadas principalmente en meteorología, son el *bar*, igual a 10^5 Pa, y el *milibar*, igual a 100 Pa. La presión atmosférica P_a es la presión de la atmósfera terrestre, la presión en el fondo de este mar de aire en que vivimos.

Esta presión varía con el clima y con la altura. La presión atmosférica normal a nivel del mar (Alicante) (valor medio) es de 1 *atmósfera* (atm), definida como exactamente $101325 \text{ Pa} = 1 \text{ Atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$(Pa)_{\text{med}} = 1 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 1000 \text{ milibar} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,013 \text{ bar} = 1.013 \text{ milibar}$$

3.4.- PRESIÓN

Si podemos ignorar el peso del fluido, la presión en un fluido es la misma en todo su volumen. La presión atmosférica es menor a gran altura que a nivel del mar, lo que obliga a presurizar la cabina de un avión que vuela a 10600 m. Al sumergimos en agua, los oídos nos dicen que la presión aumenta rápidamente al aumentar la profundidad.

La capa gaseosa está formada por la atmósfera que rodea el planeta y está unida a él por la fuerza de gravedad, por ello la acompaña en sus movimientos de rotación y traslación. Su espesor es de aproximadamente 10.000 kilómetros.

De este modo, en cada metro de altura se pierde 0,0001 bar y por tanto 0,01 bar cada 100 metros, o sea se pierde 0,1 metro de aspiración en una bomba centrífuga cada 100 mts de altitud.

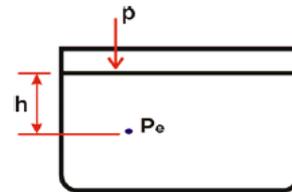
3.4.1.- PRESIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA O MANOMÉTRICA.

Si **P** es la presión atmosférica, **$\rho g h$** será la **presión relativa** o **manométrica**, que se conoce también por nombre de **altura de presión**, la suma de la atmosférica y manométrica o relativa se denomina presión absoluta.

3.4.2.- PRESIÓN ESTÁTICA Y DINÁMICA

La **presión estática absoluta** de un fluido a profundidad **h** será: **$P_e = P + \rho g h$**

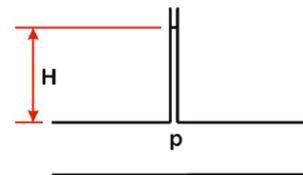
- P: Presión sobre la superficie.
- ρ : Densidad del fluido (Kg/m^3).
- g: aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).
- h: profundidad.



El agua subirá por el tubo, venciendo la presión atmosférica, hasta una altura **H**, que será igual al peso de la columna de agua.

$$P = \gamma H$$

- $\gamma = \rho \cdot g =$ Peso específico del agua
- H: altura en metros



El **peso específico** de una sustancia es igual a la densidad por la aceleración de la gravedad (**ρg**) y se mide en **newton/m³**

Se define la **presión dinámica** de un fluido: **$P_d = \rho v^2 / 2$**

- ρ : Densidad del fluido (Kg/m^3).
- v: velocidad del fluido (m/s).

Esta presión es la debida a la velocidad del fluido en su movimiento. Podemos asimilar esta circunstancia a la velocidad que adquiriría esta masa de fluido si cayera libremente desde su estado de reposo una distancia igual a la altura de presión.

Esta relación se representa por la conocida como **Ecuación de Torricelli**: **$v = 2gh$**

- v: velocidad.
- g: aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).
- h: altura.

4.- ECUACIÓN DE LA CONTINUIDAD

Consideremos un fluido, que atraviesa dos superficies S_1 y S_2 , las cuales, son perpendiculares a las direcciones de las *líneas de corriente* del fluido.

Como entre ambas superficies no existe ninguna fuente ni sumidero de fluido, la masa que atraviesa las superficies tiene que ser igual, por tanto: $M_1 = M_2$

El caudal másico de fluido que atraviesa una superficie, es igual: $M = \rho S v$

ρ : Densidad del fluido (Kg/m^3).

S : Área (m^2).

v : velocidad del fluido (m/s).

Si consideramos que la densidad del fluido no varía entre las dos superficies, tenemos:

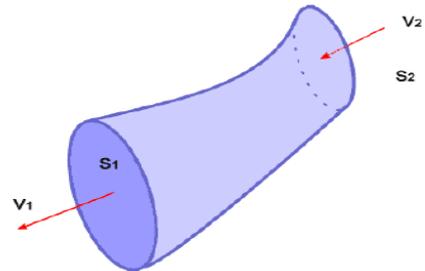
$$M_1 = \rho S_1 v_1 = M_2 = \rho S_2 v_2$$

Por tanto $S_1 v_1 = S_2 v_2$

$$\rho S v = \text{constante Ecuación de Continuidad}$$

Definiremos el **caudal** que circula por un tubo de corriente de sección S al producto:

$$Q = Sv$$



5.- ECUACIÓN DE DESCARGA

Sea un depósito con un orificio inferior por el que se está vaciando:

La velocidad con la que sale el líquido es igual, según la **ecuación de Torricelli**:

$$v = \sqrt{2gh}$$

v : velocidad.

g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

h : altura.

Luego su caudal será: $Q = KSv$

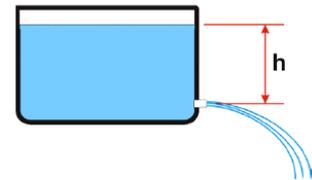
Q : Caudal.

S : Sección del orificio.

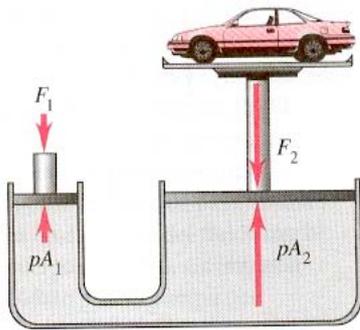
K : es un factor que tiene en cuenta la extricción que sufre el fluido en su salida.

v : velocidad de descarga.

Aplicado el valor de v : $Q = KS\sqrt{2gh}$



6.- PRINCIPIO DE PASCAL



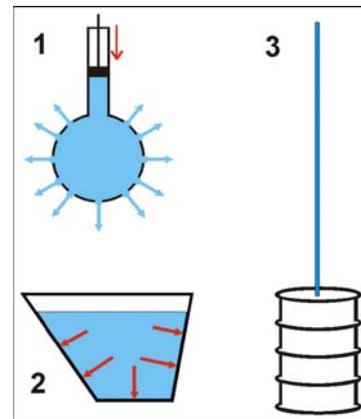
Si aumentamos la presión en la superficie (p_0), tal vez usando un pistón que ajusta con el recipiente para empujar contra la superficie del fluido, la presión (p) a cualquier profundidad aumenta en la misma cantidad.

Blaise Pascal (1623-1662) reconoció este hecho en 1653, y se llama Ley de Pascal:

La presión aplicada a un fluido encerrado se transmite sin disminución a todas las partes del fluido y a las paredes del recipiente.

El elevador hidráulico de la ilustra la ley de Pascal. Un pistón con área seccional pequeña A_1 ejerce una fuerza F_1 sobre la superficie de un líquido (aceite). La presión aplicada $p = F_1/A_1$ se transmite a través del tubo conector a un pistón mayor de área A_2 , la presión aplicada es la misma en ambos cilindros.

Cuando se aplica una fuerza F_1 , al émbolo más pequeño, la presión en el líquido aumenta el F_1/A_1 , la cual se transmite en todas direcciones, al llegar al émbolo más grande, transmite al mismo una fuerza F_2 que será igual al incremento de presión por el área A_2 , por lo que:



Si A_2 , es mucho mayor que A_1 , puede utilizarse una fuerza pequeña F_1 , para ejercer otra mucho más mayor F_2 , que permita levantar un peso considerable situado sobre el émbolo grande.

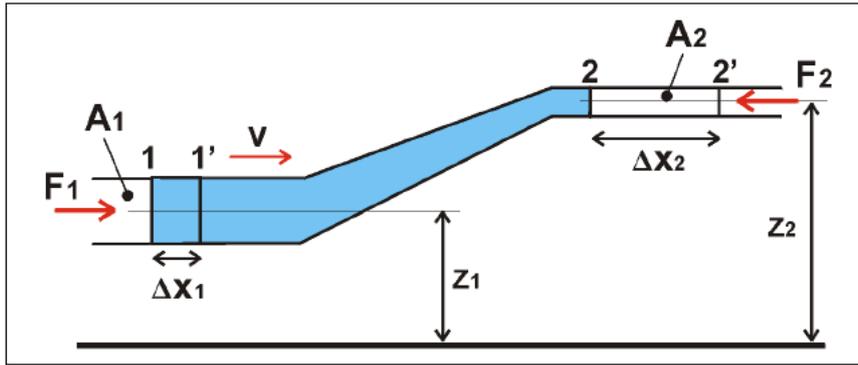
7.- TEOREMA DE BERNOULLI

El teorema o ecuación de **Bernoulli** es una relación fundamental para entender el funcionamiento de la circulación del agua en tuberías o mangueras.

Consideremos un fluido que circula por una tubería de sección variable la cual varía su altura respecto a un plano de referencia desde la altura z_1 a z_2 , tal como se representa en la figura. Considere el flujo incompresible y que circula sin rozamiento.

Inicialmente el fluido se encuentra entre los puntos 1 y 2, al cabo de un cierto tiempo Δt , el fluido se habrá movido y estará comprendido entre los puntos 1' y 2'.

La variación debida al movimiento es como si el volumen de fluido comprendido entre 1 y 1' que se encontraba a una cota z_1 y poseía una velocidad v_1 , se ha elevado a la altura z_2 y ahora posee una velocidad v_2 .



Sea $\Delta m = \rho \Delta V$ masa de la porción de fluido comprendida entre 1 - 1' y 2 - 2'.
La variación de **energía potencial** que ha experimentado Δm , es igual a:

$$\Delta E_p = \Delta m g z_2 - \Delta m g z_1 = \rho \Delta V g (z_2 - z_1)$$

Y la variación de la **energía cinética**:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$$

Para que se produzca el movimiento del fluido situado en el volumen 1 - 1', el fluido situado a la izquierda del mismo ejerce una fuerza F_1 , hacia la derecha de valor:

$$F_1 = P_1 A_1$$

Donde:

P_1 : es la presión estática en 1 (presión sobre las paredes)

A_1 : es la sección del tubo en 1

Al mismo tiempo el fluido que precede al comprendido entre 2 - 2' ejerce una fuerza F_2 hacia la izquierda de valor:

$$F_2 = P_2 A_2$$

Donde:

P_2 : es la presión estática en 2 (presión sobre las paredes)

A_2 : es la sección del tubo en 2.

Estas fuerzas realizan un trabajo:

$$W_1 = F_1 \Delta x_1 = P_1 A_1 \Delta x_1 = P_1 \Delta V$$

$$W_2 = F_2 \Delta x_2 = P_2 A_2 \Delta x_2 = P_2 \Delta V$$

El trabajo total:

$$W_t = W_1 - W_2 = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = (P_1 - P_2) \Delta V$$

Este trabajo se utiliza en aumentar la energía cinética y potencial de Δm :

$$Wt = \Delta E_p + \Delta E_c$$

$$(P_1 - P_2) \Delta V = \rho \Delta V g (z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$$

Dividiendo por ΔV y agrupando los subíndices:

$$P_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

O expresándolo en términos de altura de presión:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\gamma = \rho g$$

Este resultado lo podemos escribir como:

$$\frac{P}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g} = \text{cont.}$$

Esta expresión establece que en un tubo de corriente:

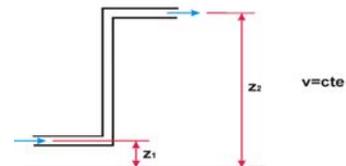
*"La suma de la altura de presión estática (**presión sobre paredes**) más la altura geométrica (**presión por altura**) más la presión dinámica (**presión por velocidad**) permanece constante a lo largo de un tubo de corriente"*

Veamos unos ejemplos de la aplicación del **Teorema de Bernoulli**

Consideremos en primer lugar el ejemplo de un sifón:

Como la velocidad del fluido permanece constante $v_1 = v_2$:

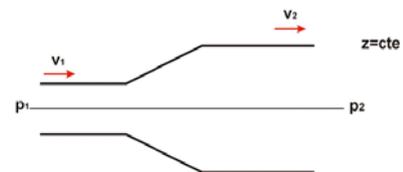
$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$



En la figura el fluido está circulando por un tubo horizontal ($z_1 = z_2$) pasando de una sección menor a una mayor.

La ecuación queda:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

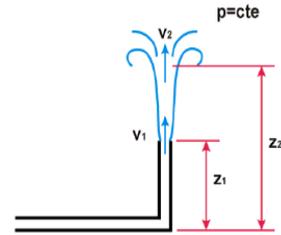


Esto es una importante consecuencia del teorema de **Bernoulli**:

"Si se desprecian los efectos del cambio de altura la presión de un fluido está en relación inversa con su velocidad"

En el caso de un surtidor en donde la presión permanece constante toda la energía de presión se gasta en adquirir energía cinética:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$



8.- PERDIDAS DE CARGA

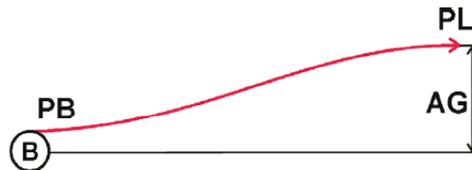
El **teorema de Bernoulli** era aplicable en el caso de fluidos que circulaban por tubos de corriente sin rozamiento.

Pero la realidad es otra, la existencia de este rozamiento hacen que aparezcan las llamadas **perdidas de carga**, que se manifiestan en una pérdida de presión en la conducción. Sea la instalación, formada por una bomba que impulsa agua a través de una manguera, cuya punta de lanza esta a distinto nivel:

Aplicando **Bernoulli**, se cumple la siguiente relación:

$$PL = PB - AG - PC$$

- PL:** Presión en punta de lanza.
- PB:** Presión a la salida de la bomba.
- AG:** Altura geométrica.
- PC:** Pérdidas de carga.



En las pérdidas de carga existentes en una instalación, aparte del rozamiento, también se tiene en cuenta las llamadas **pérdidas menores**, que son las debidas a los elementos auxiliares (bifurcaciones, reducciones, etc.) existentes en la manguera o tubería.

Muchas han sido las formulas que se han empleado en el cálculo de las pérdidas de carga, la más acertada es la llamada expresión de **Darcy-Weisbach**.

En función del caudal la fórmula queda:
$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

- f: coeficiente de fricción.
- L: longitud de la instalación
- D: diámetro de la manguera o tubería.
- v: velocidad de circulación del fluido
- g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

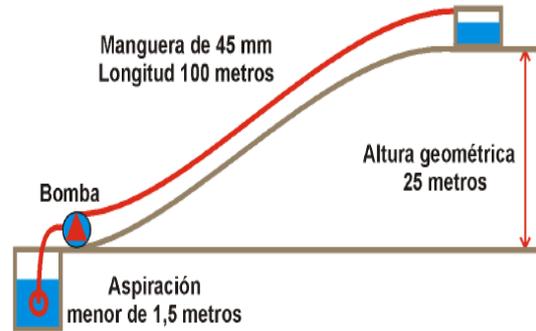
9.- PUNTO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN

Se define la **altura total** de una bomba, como la altura que debe proporcionar la misma, en una instalación, para elevar un determinado caudal de agua a través de una manguera, desde un nivel inferior a otro superior.

Esta altura total será igual a: **AT = AG + PC** donde:

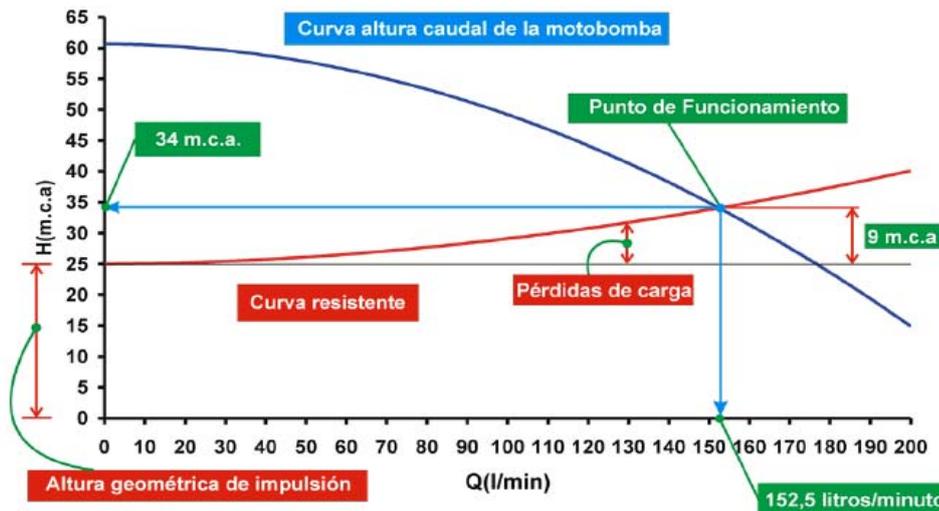
AG: es la altura geométrica o desnivel.
 PC: es la pérdida de carga del tramo de manguera.

La altura total de la bomba se puede representar en una gráfica en función del caudal, para ello, hay que encontrar una expresión que me relacione las pérdidas de carga con el caudal.



Se llama **punto de funcionamiento** de una instalación, a la intersección de la curva de altura total y la altura de impulsión en función del caudal.

En nuestro caso la bomba estará proporcionando una altura de 34 m.c.a. y un caudal de 152,5 l/min, con una pérdida de carga en la instalación de 9 m.c.a.



Ahora se podría calcular el nuevo punto de funcionamiento para una nueva velocidad de giro, que es la operación que se realiza cuando queremos aumentar el caudal o la altura geométrica de la instalación.

Siempre que aceleremos el motor aumentamos la altura y el caudal que da la bomba, pero hay que tener en cuenta que alejarse de la velocidad de régimen implica una disminución de rendimiento, ya que un aumento lineal del caudal lleva consigo que la potencia aumente al cubo.

BOMBAS CENTRÍFUGAS

INTRODUCCIÓN

Las bombas centrífugas, también denominadas rotativas, tienen un rotor o varios de paletas giratorios. El líquido entra en la bomba cerca del eje de rotor, y las paletas lo arrastran hacia sus extremos a alta presión. El rotor también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba, conocida como difusor (entre la grifería y el rodete).

En las bombas de baja presión, el difusor suele ser un canal en espiral cuya superficie transversal aumenta de forma gradual para reducir la velocidad.

El rotor debe ser cebado antes de empezar a funcionar, es decir, debe estar rodeado de líquido cuando se arranca la bomba. Puede ser necesario cebar la bomba introduciendo líquido desde una fuente externa, como el depósito de salida. Por lo general, las bombas centrífugas tienen una válvula en el conducto de salida para controlar el flujo y la presión.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⇒ **Conocer las partes fundamentales de las bombas centrífugas.**
- ⇒ **Aplicar los conceptos básicos de la mecánica de fluidos en las bombas centrífugas.**

2.- DEFINICIÓN

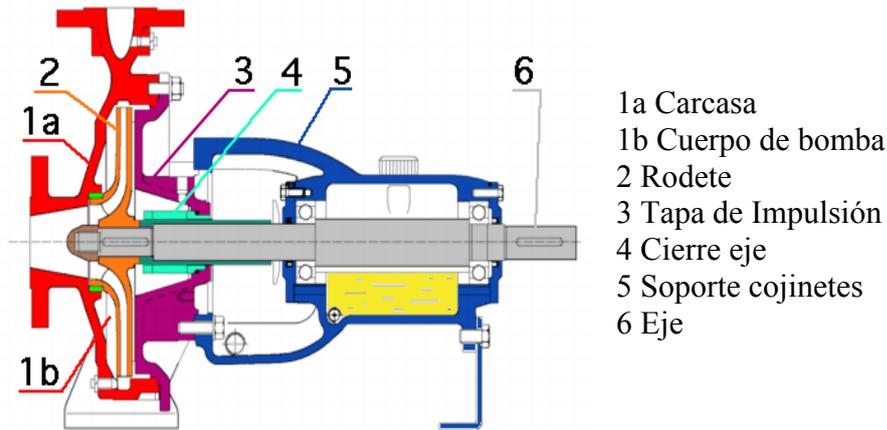
Una **bomba centrífuga** es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial.

3.- FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS LAS CENTRIFUGAS.

La bomba se compone de forma genérica de una carcasa, impulsores, eje, difusores y empaquetadora. El agua entra en el rodete procedente de la entrada de aspiración. Este proceso se denomina alimentación axial, ya que el agua fluye en dirección al centro del eje. Posteriormente es desviado por el rodete. Aquí se produce una deflexión de 90 grados y sale del rodete en dirección perpendicular al eje. Por tanto se produce una descarga radial.

La salida del agua depende principalmente del efecto de la fuerza centrífuga. Existe una holgura entre el rodete y el difusor. Este es estacionario y fijo al cuerpo de la bomba. La holgura es necesaria para prevenir el rozamiento entre ambos.

La energía de una corriente líquida, consta de componente cinética y componente de presión. El componente de velocidad cinética puede transformarse en presión. El agua sale del impulsor con una velocidad muy alta; la transformación de velocidad a presión tiene lugar en el difusor. Las canalizaciones están dimensionadas de forma que el componente de velocidad en la salida de impulsión sea tan pequeño que pueda despreciarse en comparación con el componente de presión.

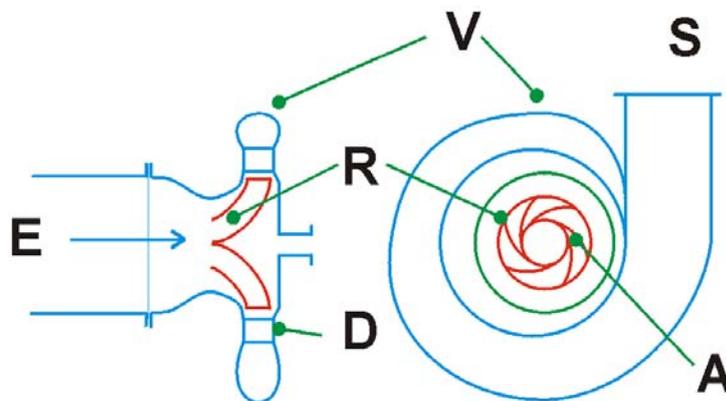


Por lo general la bomba impulsora es accionada por el motor del vehículo a través de una toma de fuerza. Debido a que el motor no siempre es capaz de proporcionar las revoluciones por minuto que requiere la bomba, se intercala una multiplicadora que tendrá unas características que varían en función del motor del vehículo y de la bomba.

4.- PARTES DE UNA BOMBA CENTRIFUGA.

Las partes fundamentales de una bomba centrífugas son:

- Una entrada E, unida al manguito de aspiración.
- El rodete móvil R que gira, impulsado por un motor, éste está compuesto por unos elementos denominados alabes (A) que canalizan el fluido y le hacen variar su momento cinético.



- El difusor D, tiene como misión disminuir la velocidad de salida del rodete, y por tanto transformarla en energía de presión.
- Una voluta V que canaliza los filetes fluidos salientes del difusor hacia la salida S.

La **Bomba**, así descrita corresponde a una bomba centrífuga monocelular, es decir con un solo rodete, si a la salida se conecta otro rodete haremos que el fluido aumente más su presión estas se denominan de varias etapas.

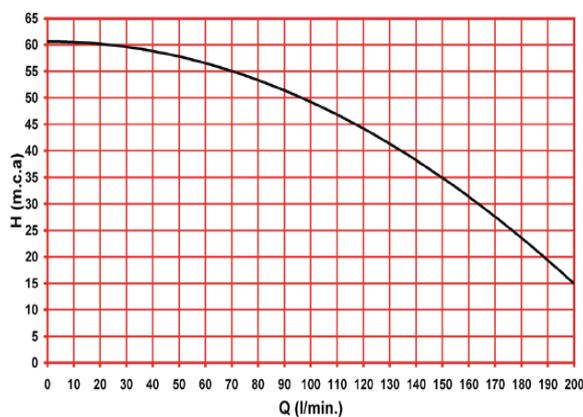
Los vehículos de Bomberos, disponen de dos gamas de presión Alta y Baja, esto se consigue por medio de bombas centrífugas multicelulares o combinadas.

5.- CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

Al pasar el agua por el interior de una bomba centrífuga experimenta un aumento de presión, que varía según el caudal que circula. Esta diferencia de presión se denomina **altura de impulsión** y se expresa en metros de columna de agua (m.c.a.).

La **altura de aspiración manométrica** es la presión efectiva negativa o depresión que se produce en el manguito de aspiración de la bomba, más adelante se verá, que es fundamental que no supere un determinado valor para evitar la **cavitación**.

La altura de impulsión se puede medir fácilmente, ya que a la entrada y salida de la bomba no varía de velocidad y no existe diferencia de cota entre la entrada y la salida, se puede aplicar la ecuación de **Bernoulli**, entre los puntos A y B:



Si se realizan mediciones en un banco de pruebas con ayuda de dos manómetros a la salida y a la entrada de la bomba, para los distintos caudales, que altura de impulsión tenemos, los valores obtenidos, se representan en un gráfico. Esta curva denominada **relación altura - caudal**, nos mostrará la capacidad de la bomba para generar energía hidráulica y también nos permitirá elegir que tipo de bomba es adecuada en nuestra instalación.

6.- ASPIRACIÓN.

La primera operación que debe realizar una bomba es la de obtener agua. Para ello existen dos sistemas, uno en el que el depósito esté más alto que la bomba y entre a ella por gravedad y el segundo es el que denominamos aspiración.

La aspiración consiste en realizar un vacío de forma que sea la presión atmosférica la que empuje el agua hacia la bomba. Por lo tanto sólo será posible cebar una bomba aspirante cuando la altura de aspiración, que es la diferencia de nivel entre el cuerpo de la bomba y la superficie del líquido (agua) sea igual o inferior a 10,3 metros.

En la práctica la altura de aspiración no debe pasar de unos 6 metros (normalmente en las autobombas disponemos de 4 manguitos de 2 metros cada uno), para obtener buenos rendimientos de la bomba. Además altura de aspiración no siempre es constante sino que depende de los siguientes factores:

- De la presión barométrica y de la altitud. Al ascender a lugares altos la presión disminuye de forma que se considera aproximadamente una pérdida de altura de aspiración de 0,129 metros por cada 100 metros de altura. Así en un lugar situado a 1300 metros de altura una bomba aspirará como máximo a: $10,33 - (0,129 \times 13) = 8,6$ metros.
- De la temperatura del agua. Un líquido emite vapores a una cierta temperatura. Estos vapores disminuyen el vacío creado por la bomba. A mayor temperatura más vapor y

por lo tanto menor altura de aspiración. Se ha calculado experimentalmente las pérdidas de aspiración a diferentes temperaturas de forma que:

- A 10° se pierde 0,125 metros
- A 15° se pierde 0,175 metros
- A 20° se pierde 0,236 metros
- A 25° se pierde 0,320 metros
- A 50° se pierde 1,25 metros³.

- De la densidad del agua aspirada. No es lo mismo agua salada que agua dulce.
- De las fugas y entradas de aire. Las juntas, los racores, las válvulas, poros o imperfecciones de fabricación impiden realizar un vacío total. Estas causas se añaden a las anteriormente señaladas.
- De las pérdidas de carga en los mangotes. Para disminuir este factor, los mangotes deberán ser de mayor diámetro que la salida de la bomba, oscilando estos diámetros entre 70, 100 y 110 mm., según tamaños.
- Del caudal a obtener. Para obtener un mayor caudal debemos disminuir la altura de aspiración (para un mismo régimen de funcionamiento)

7.- MECANISMOS DE CEBADO.

Las bombas centrífugas no pueden por sí mismas crear el vacío inicial para poder aspirar y por lo tanto deben estar dotadas de un mecanismo auxiliar capaz de hacer esta función. A estos mecanismos se les denomina sistemas de cebado y aunque existen múltiples tipos los más comunes son los que a continuación vamos a conocer:

- 1.- Pistones.
- 2.- Anillo de agua.
- 3.- Sistema Trocomat.
- 4.- Efecto Venturi o eyector de gases.

7.1.- PISTONES.

El mecanismo de pistones se basa en el sistema alternativo. Consta de dos cilindros con dos émbolos movidos por una excéntrica central. Lleva un sistema de membranas de escape y admisión que permiten el paso del flujo de aire en la dirección adecuada para crear una depresión que permita la aspiración del agua hasta la entrada de bomba.

7.2.- ANILLO DE AGUA.

Con el accionamiento de una pequeña bomba, alimentada por el agua de un depósito auxiliar, produce una depresión que facilita la aspiración del aire y la repentina subida de agua por los manguitos hasta cuerpo de la bomba.

Se compone de una cámara cilíndrica con dos lumbreras que comunican una con el cuerpo de la bomba y otra con el conducto de aspiración y una rueda central de paletas. El sistema se basa en el vacío que produce el agua al girar la excéntrica de paletas que proyecta el agua sobre la periferia de la cámara cilíndrica formando un anillo de agua.

El excedente de agua sale por lumbrera de comunicación con el exterior formándose

entre las paletas pequeñas cámaras que al ir haciéndose más grandes realizan el vacío.

7.3.- SISTEMA TROCOMAT.

Sistema compuesto por dos cilindros y dos émbolos situados en la parte trasera de la bomba, los cuales giran de derecha a izquierda alternativamente para conseguir un vacío en el cuerpo de bomba. Los elementos que permiten realizar ese trabajo, es una excéntrica de fibra integrada en el eje de bomba.

Es un sistema mecánico que no necesita ajuste ni mantenimiento, pero al ir siempre unido al cuerpo de bomba toda la suciedad que aspire o contenga la cuba, este sistema la recoge.

7.4.- EFECTO VENTURI O EYECTOR DE GASES.

Se realiza aprovechando los gases que salen por el tubo de escape del motor. Estos gases se hacen pasar por un estrechamiento, aumentando su velocidad, produciendo se una fuerte depresión que hace salir el aire del interior de bomba.

8.- ASPIRACIÓN DESDE UNA SUPERFICIE ABIERTA.

Cuando se aspira desde ríos, arroyos, etc., el filtro debe situarse en dirección a la corriente. Cuando se coloca el filtro (válvula de pie) al final de una conexión de mangotes, asegúrese de que está lo suficientemente por encima del fondo para que no se entierre en la arena, grava o cualquier otro material abrasivo, ya que esto reduciría notablemente el rendimiento de la bomba y pueda producir averías importantes en el interior de la bomba.

Cuando se aumenta la altura de aspiración se reduce la capacidad de la bomba, lo que quiere decir que el diámetro de la boquilla debe reducirse. Cuando se trabaja con alturas de aspiración muy grandes, diámetro de boquillas grandes y velocidades elevadas de la bomba, esta pueda cavitarse.

9.- QUE ES LA CAVITACIÓN.

La cavitación se define como el proceso de formación de burbujas en la zona de baja presión y su colapso en la zona de alta presión. Cuando la presión del agua se reduce por debajo de un punto crítico, (igual a la presión de vapor del agua a la temperatura que se encuentre) se forman estas pequeñas burbujas que se liberan como cuando se abre una bebida carbonatada.



Cuando una burbuja llega a una zona de presión de la bomba, el gas retorna a estado líquido repentinamente produciendo desgaste e incluso daños importantes en la bomba. Las burbujas que colapsan en una impulsión repentina, hace que el agua impacte violentamente, como golpes pequeños y muy repetitivos, contra la superficie de trabajo de la bomba. La cavitación produce y genera un

fuerte ruido y por supuesto un desgaste excesivo de la bomba. La cavitación no es producto de la bomba, si no de la instalación montada, para evitarla hay tomar precauciones:

- Referirse a la hoja de instrucciones y especificaciones técnicas del fabricante de la bomba, respetar los límites de la capacidad de succión vertical.
- Si fuese posible, minimizar la altura de aspiración, evitar curvas, dobleces o desniveles pronunciados en los mangotes, el agua debe fluir con facilidad.
- Hay que evitar entrada de aire a la bomba.
- Las impurezas o partículas presentes en el agua, intensifican los efectos de la cavitación, al actuar como núcleos de formación de burbujas.

10.- QUE ES EL GOLPE DE ARIETE.

El golpe de ariete se produce a la sobre presión que aparece en la tubería al variar bruscamente el caudal. Estas variaciones se producen al abrir y cerrar bruscamente una llave o válvula. Las sobre presiones producidas pueden deteriorar el material provocando accidentes, motivo por el cual trabajando a presión todas las llave deberán abrirse y cerrarse lentamente.

11.- UTILIZACIÓN DE LA BOMBA DESDE UN HIDRANTE.

Cuando se utiliza agua de hidrantes, se han de tener en cuenta varios factores e incluso limitar el rendimiento de la bomba. Estos factores incluyen el caudal nominal de la red y su caudal en situación de extrema demanda, las presiones de la red en las mismas circunstancias y en los diámetros de las bocas de los hidrantes.

Cualquiera de estos factores pueden reducir significativamente el rendimiento de la bomba, limitando la cantidad de mangueras y sus diámetros, la presión de impulsión, etc. Según el diámetro de las bocas de hidrantes, podría ser necesario disponer de reductores de 100 ó 110 de diámetro a 70 de diámetro, o adaptadores de otros tipos de racores.

- Conectar mangotes ó mangueras al hidrante ya la boca de aspiración de la bomba.
- Cerrar la válvula de cisterna a bomba.
- Desplegar las mangueras necesarias para la intervención, cuando no supere el diámetro de la manguera de abastecimiento.

Cuanto más agua salga por la bomba, menos será la presión del agua que entra. Asegurarse de mantener una presión ó se podría colapsar la manguera de suministro de agua desde el hidrante.

12.- PRUEBAS DE ESTAQUEIDAD.-

Para que la bomba centrífuga funcione correctamente deben realizarse periódicamente una serie de pruebas. Permiten saber que el funcionamiento de la bomba centrífuga es óptimo, evitando la cavitación de la misma y el deterioro de esta en general.

12.1.- PRUEBA DE ASPIRACIÓN EN SECO

La prueba de aspiración en seco sirve para averiguar si la bomba es hermética y si el sistema de cebado funciona correctamente. También se usa para el vaciado completo de la bomba, lo que es muy importante en invierno en zonas muy frías.

Se deben efectuar esta prueba por lo menos una vez al mes. Conectar a un hidrante ó bomba de otro vehículo a al entrada de aspiración y dar presión, si pasar de 3 a 6 bares de presión en el interior de la bomba.

Abrir la válvula del conducto (bomba - cisterna) para que pueda escapar el aire del interior de la bomba. La presión del hidrante ó bomba actúan sobre el interior de la bomba que estamos probando es estanco. El agua se escapara por el sitio que la bomba esté defectuosa, por lo que tendrá que ser reparada.

Las operaciones para ejecutar la prueba de aspiración en seco son:

- Vaciar totalmente la bomba centrifuga.
- Cerrar todas las válvulas de impulsión, válvula de bola, purgadores y drenajes.
- Quitar las tapas de las bocas de impulsión y cerrar las válvulas del conducto de aspiración.
- Apretar la tapa de la boca de aspiración desde el exterior.
- Engranar la toma de fuerza.
- Durante el cebado la aguja del manovacuómetro debe encontrarse enseguida dentro de la zona roja. Después de 20 segundos debe alcanzar un vacío de 8 m. c. a. (0,8 bar)
- Después de parar el motor y durante un periodo de 60 segundos el vacío no debe de 1 m. a. c. (0,7 bar). Si en este periodo el vacío no se mantiene ó se pasa de la presión indicada, la bomba está desajustada y requiere revisarla.

12.2.- PRUEBA HIDRAULICA CON PRESION EN BOMBA

Para poder comprobar posibles fugas, es preciso hacer una prueba de presión con agua, para averiguar donde están las fugas y desajustes.

Para ejecutar la prueba con presión en bomba hay que:

- Acoplar una reducción store 100/110 de diámetro x 70 de diámetro a la entrada de la boca de aspiración de bomba.
- Cerrar las válvulas de impulsión, de bola y llaves de drenaje.
- Quitar las tapas de las bocas de impulsión.

12.3.- PRUEBA DE LOS MANGOTES DE ASPIRACIÓN

- Conectar los mangotes de aspiración a la boca de aspiración y colocar la tapa al otro extremo, apretando bien todos los racores con las llaves.
- Efectuar una prueba de aspiración en seco.
- Si los mangotes de aspiración no están herméticamente cerrado ó tienen perdidas que no se pueden percibir, se realizara una prueba de presión.
- No presionar los mangotes de aspiración con una presión máxima de agua de (aproximadamente 3 bar), porque los mangotes de aspiración no están preparados para soportar presiones mayores de carácter positivo.

13.- COMPORTAMIENTO DURANTE OPERACIONES

Durante el uso de la bomba, el operador debe observar los indicadores de medida y control de la bomba; manómetros, termómetro, pilotos, etc., así como el consumo de combustible del motor.

En el caso de llenado ó aspiración del tanque, ha de estar atento al nivel del agua a través del indicador de nivel del tanque. Hay que evitar el abrir y cerrar bruscamente válvulas y lanzas para evitar golpes de ariete en los rodets de la bomba.

13.1.- PARADA DE LA BOMBA

- Reducir la velocidad del motor hasta ralentí.
- Cerrar las válvulas de impulsión y los circuitos do **bomba - cisterna** ó **cisterna - bomba**.
- Desconectar mangotes y mangueras.
- Desconectar la toma de fuerza.
- Asegurarse que la cisterna esté llena ó que se llenara en seguida.
- Vaciar la bomba y los circuitos y si es preciso, efectuar una prueba de aspiración en seco

13.2.- LIMPIEZA DE LA BOMBA

- Limpiar los residuos de la boca de aspiración, después de cada utilización.
- Limpieza de la bomba si se ha usado en aguas muy sucias ó agua del mar, enjuagar la bomba con agua limpia para eliminar cualquier residuo que pueda quedar en su interior.

BIBLIOGRAFIA DEL MÓDULO 1

Juan Miguel Suay Belenguer
Técnico Superior del SPEIS Alicante

Física Universitaria
Editorial: Pearson Educación

Introducción a los fluidos
Editorial: Adams

Manual Bomberos
Consorcio Provincial de Alicante

MÓDULO 2: AGENTES EXTINTORES.

Autor: Juan Carlos Calles Mira

Introducción.

1. Objetivos específicos.
2. Definición.
3. Métodos de extinción.
 - 3.1. Eliminación.
 - 3.2. Sofocación.
 - 3.3. Enfriamiento.
 - 3.4. Inhibición.
4. Clasificación de los fuegos.
 - 4.1. Clase A.
 - 4.2. Clase B.
 - 4.3. Clase C.
 - 4.4. Clase D.
5. Agentes extintores: clases, características y aplicación.
 - 5.1. Clasificación.
 - 5.1.1. Líquidos.
 - 5.1.2. Sólidos.
 - 5.1.3. Gaseosos.
 - 5.2. Características, métodos de extinción y campo de aplicación.
 - 5.2.1. Agua.
 - 5.2.1.1. Características
 - 5.2.1.2. Métodos de extinción.
 - 5.2.1.3. Campo de aplicación.
 - 5.2.2. Espuma física.
 - 5.2.2.1. Características.
 - 5.2.2.2. Métodos de extinción.
 - 5.2.2.3. Campo de aplicación.
 - 5.2.3. CO₂.
 - 5.2.3.1. Características.
 - 5.2.3.2. Métodos de extinción.
 - 5.2.3.3. Campo de aplicación.
 - 5.2.4. HFC23, HFC227 y HFC125.
 - 5.2.4.1. Características.
 - 5.2.4.2. Métodos de extinción.
 - 5.2.4.3. Campo de aplicación.
 - 5.2.5. Argón.
 - 5.2.5.1. Características.
 - 5.2.5.2. Métodos de extinción.
 - 5.2.5.3. Campo de aplicación.
 - 5.2.6. Polvos químicos
 - 5.2.6.1. Características.
 - 5.2.6.2. Métodos de extinción.
 - 5.2.6.3. Campo de aplicación.
 - 5.2.7. Polvos especiales para metales.
 - 5.2.7.1. Polvo MET-L-X.
 - 5.2.7.2. Polvo Na-X.
 - 5.2.7.3. G-1 y Metal Guard
 - 5.2.7.4. Polvo Lith-X
 - 5.2.7.5. Polvo de cloruro eutéctico ternario (TEC)
 - 5.2.7.6. Polvo de cobre.
6. Cuadro de utilización de los agentes extintores.

INTRODUCCIÓN.

Para comprender que es un agente extintor, como actúa y cual es la forma más adecuada de utilizarlo es necesario comprender como se inicia y propaga el fuego.

Un incendio es el calor y la luz que se producen al quemarse una sustancia. Este proceso de combustión es una reacción química entre un material combustible y el oxígeno, durante el cual se libera energía en forma de calor.

Para que un incendio se produzca será necesaria la presencia de tres elementos básicos: un material *combustible*, el *calor* o la fuente de ignición y una concentración apropiada de *comburente*. Estos elementos componen el conocido triángulo del fuego.

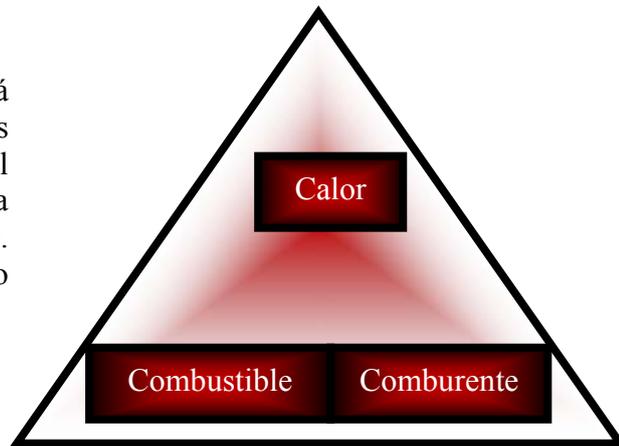


Fig. 1. Triángulo del fuego.

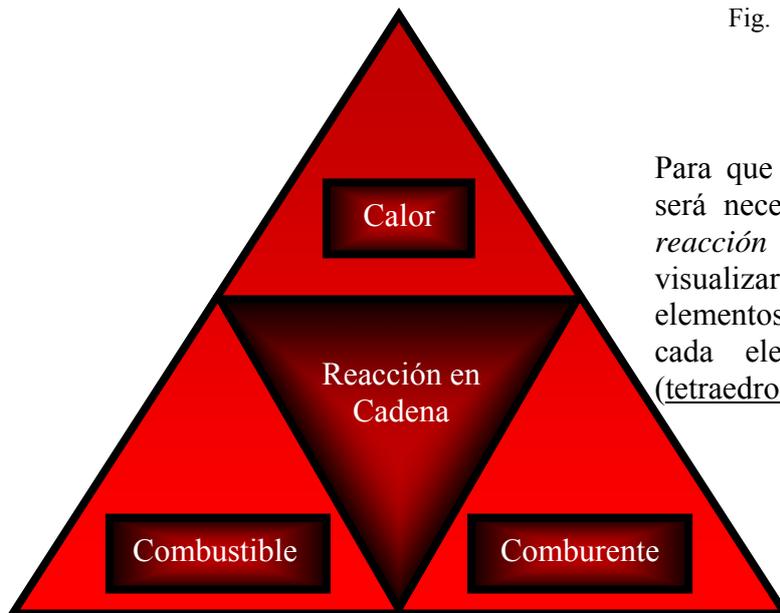


Fig.2. Tetraedro del fuego

Para que el proceso tenga continuidad será necesario un cuarto elemento: la *reacción en cadena*. Se acostumbra a visualizar la relación de estos cuatro elementos como una pirámide en la que cada elemento representa un lado (tetraedro del fuego).

El *combustible* puede ser cualquier materia: gasolina, madera, propano, etc., pero tanto los combustibles sólidos como los líquidos necesitan convertirse en gas para arder.

El *calor* nos da la temperatura necesaria para convertir en gas el combustible. Algunos combustibles requieren temperaturas más elevadas para gasificarse, mientras que otros como la gasolina precisan menor calor para volatilizarse y arder.

El *comburente* (normalmente oxígeno) es necesario para que se produzca la ignición. Sin la proporción adecuada del mismo no existiría el proceso de combustión.

Por último, la *reacción en cadena* nos garantiza la continuidad del incendio en el espacio y en el tiempo.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⇒ **Clases y características de los agentes extintores.**
- ⇒ **Agentes extintores. El agua y la espuma, productos más utilizados en los incendios industriales.**

2. - DEFINICIÓN.

Para extinguir un incendio se debe aplicar la cantidad necesaria del agente extintor adecuado al tipo de incendio que se está produciendo.

Podemos definir al agente extintor como el producto cuya acción, al ser proyectado sobre un fuego, provoca la extinción del mismo.

Por lo tanto, tiene una gran importancia la elección del agente para extinguir los diferentes tipos de incendios que se producen, ya que, la decisión correcta nos facilitará la extinción.

3. - MÉTODOS DE EXTINCIÓN.

Para extinguir un incendio bastará con eliminar alguno de los cuatro elementos que componen el tetraedro del fuego.

3.1.- ELIMINACIÓN DEL COMBUSTIBLE O DILUCIÓN.

Este método actúa eliminando el combustible. En el caso de los sólidos retirando los combustibles y en el caso de los líquidos y gases interrumpiendo el flujo.

Igualmente funciona diluyendo la concentración para reducir la velocidad de reacción.

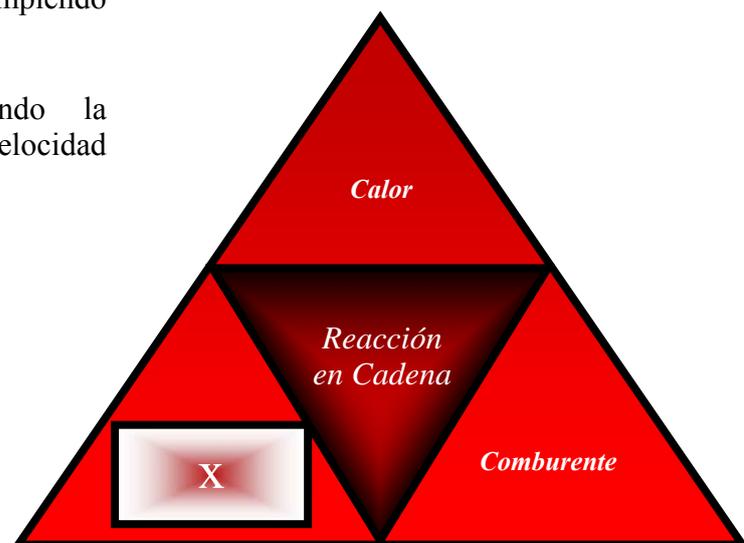


Fig. 3. Eliminación del combustible.

3.2. - SOFOCACIÓN.

Consiste en eliminar o desplazar el comburente.

También se puede separar el comburente de los productos en combustión o reducir la concentración del comburente (en el Oxígeno por debajo del 15%).

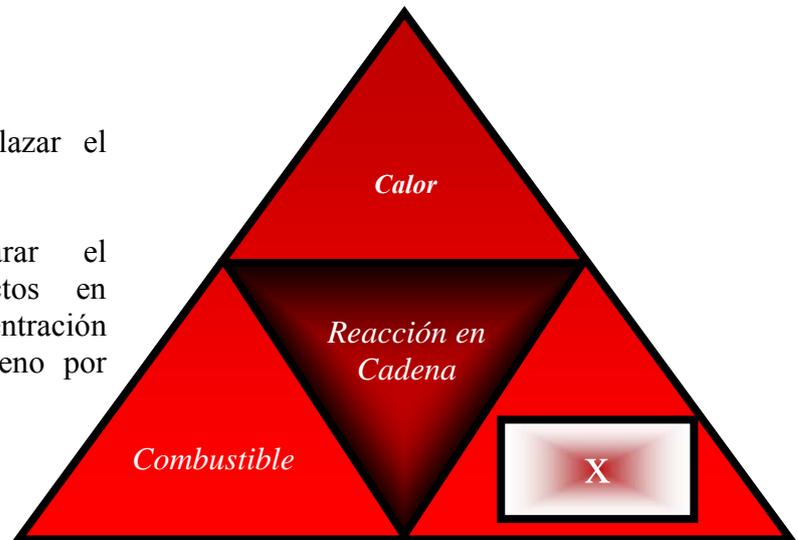
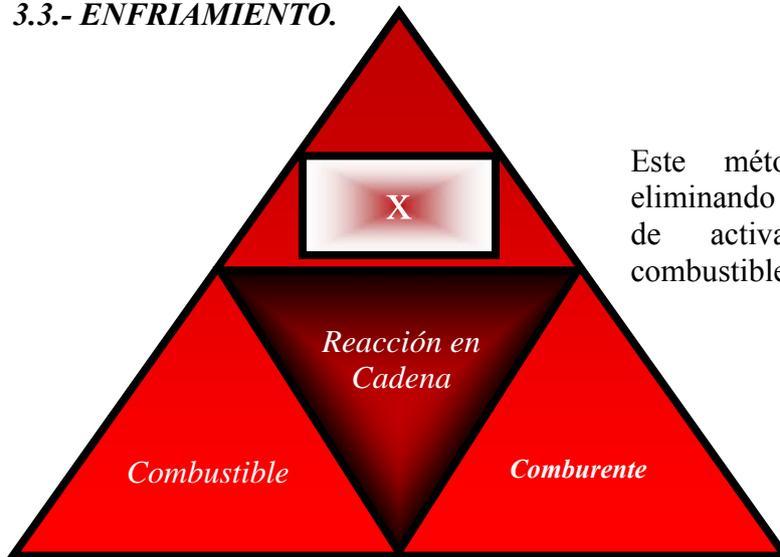


Fig. 4. Sofocación.

3.3.- ENFRIAMIENTO.



Este método de extinción actúa eliminando o disminuyendo la energía de activación de la reacción combustible – comburente.

Fig. 5. Enfriamiento.

3.4.- INHIBICIÓN.

Extinguimos con este método cuando neutralizamos los radicales libres intermedios, paralizando (o provocando la no continuidad) de la reacción en cadena.

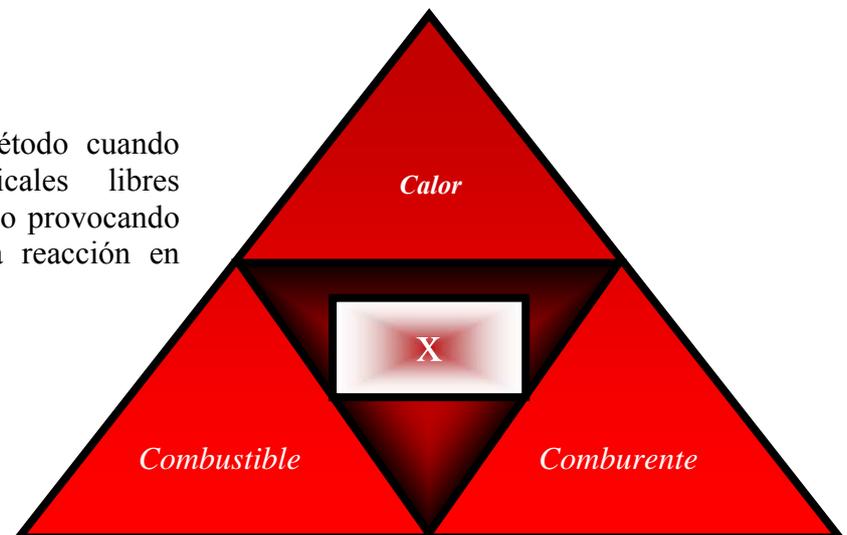


Fig. 6. Inhibición.

4.- CLASIFICACIÓN DE LOS FUEGOS.

La norma establece los diferentes tipos de fuego normalizados:

4.1.- CLASE A.

Incendios que implican sólidos inflamables que dejan brasas, generalmente de naturaleza orgánica como la madera, tejidos, goma, papel, y algunos tipos de plástico.

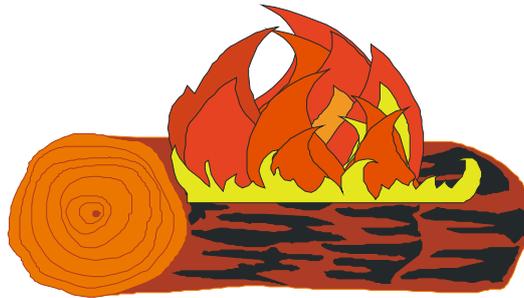


Fig. 7 – Combustibles sólidos.

4.2.- CLASE B.

Incendios que implican líquidos inflamables o sólidos licuables, como el petróleo o la gasolina, aceites, pintura, algunas ceras y plásticos.

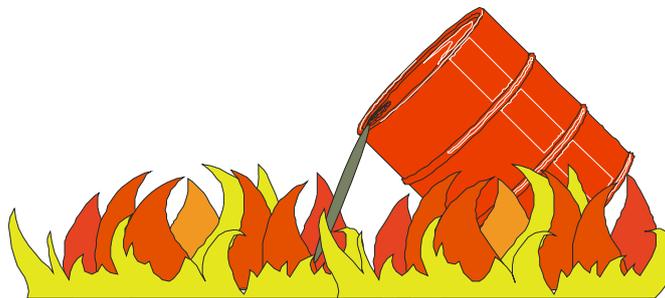


Fig. 8 – Combustibles líquidos.

4.3.- CLASE C.

Incendios que implican gases inflamables, como el gas natural, el hidrógeno, el propano o el butano.



Fig. 9 – Combustibles gaseosos.

4.4.- CLASE D.

Incendios que implican metales combustibles, como el sodio, el magnesio, el potasio o muchos otros cuando estén reducidos a virutas muy finas.



Fig. 10 – Metales combustibles.

La norma no incluye como otra clase los fuegos eléctricos ya que la corriente eléctrica no arde. Sin embargo deberemos tener en cuenta su presencia por los riesgos que conlleva, tomando precauciones como utilizar el agente extintor adecuado o desconectar la tensión eléctrica.

5.- AGENTES EXTINTORES.

Existen diferentes tipos de agentes extintores y para que sea efectiva la utilización de cada uno de ellos, éste debe ser el indicado en cada caso específico.

5.1.- CLASIFICACIÓN.

A continuación se realiza una clasificación de los agentes extintores atendiendo al estado en el que se encuentran.

	ESTADO	DENOMINACIÓN
AGENTES EXTINTORES	LÍQUIDOS	<i>AGUA</i>
		<i>ESPUMA FÍSICA</i>
	GASEOSOS	<i>DIÓXIDO DE CARBONO</i>
		<i>HFC-23, HFC-227, HFC-125</i>
		<i>ARGÓN</i>
	SÓLIDOS	<i>POLVOS QUÍMICOS</i>
		<i>POLVOS ESPECIALES PARA METALES</i>

Fig. 11. Clasificación de los agentes extintores.

5.2.-CARACTERÍSTICAS, MÉTODOS DE EXTINCIÓN Y CAMPO DE APLICACIÓN.

A continuación se describen los agentes extintores más frecuentes, los mecanismos de extinción de cada uno de ellos sus características, propiedades y aplicaciones.

5.2.1.- AGUA.

El **agua** es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Su fórmula molecular es H_2O .

Centígrados y en forma gaseosa formando parte de la atmósfera terrestre como vapor de agua.

El agua cubre el 72% de la superficie del planeta Tierra. Es una sustancia muy abundante y el agente extintor por excelencia. Se puede encontrar en cualquiera de los tres estados: sólido, líquido y gaseoso.

Se halla en forma líquida en los mares, ríos, lagos y océanos; en forma sólida, nieve o hielo, en los casquetes polares, en las cumbres de las montañas y en los lugares de la Tierra donde la temperatura es inferior a cero grados



Fig. 12.- Agua.

5.2.1.1.- Características.

El **agua** no tiene olor, sabor, ni color y sus principales características físicas son:

- Es un líquido pesado y relativamente estable.
- Su punto de ebullición es de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, y su punto de congelación es de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- La densidad máxima del agua líquida es 1 g/cm^3 , alcanzándose este valor a una temperatura de $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. La densidad del agua sólida es menor que la del agua líquida a la misma temperatura, $0,917\text{ g/ml}$.
- El agua tiene una tensión superficial muy elevada, se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrecer cierta resistencia al intentar romperla.
- Su calor específico es de $1\text{ cal/gr. (4,18 KJ/Kg.)}$.
- El agua es considerada un disolvente universal, ya que es el líquido que más sustancias disuelve, por ser una molécula polar.
- Tiene una densidad máxima de 1 g/cm^3 a $3,8^{\circ}\text{C}$ y 1 atmósfera de presión. Así, por cada centímetro cúbico (cm^3) hay 1 g de agua o lo que es lo mismo 1 litro de agua pesa 1 kg.
- El calor latente de vaporación del agua a 100°C es de 540 cal/g , por lo que presenta un gran poder de enfriamiento.
- Tiene una gran fuerza de cohesión entre sus moléculas.

5.2.1.2.- Métodos de extinción.

El principal mecanismo de extinción del agua es por enfriamiento, aunque no el único, a continuación se enumeran los diferentes mecanismos de extinción de este agente:

- **Enfriamiento.** Absorbiendo una gran cantidad de calor al evaporarse.
- **Sofocación.** Al vaporizarse el agua, se produce un aumento de volumen próximo a las 1700 veces el inicial, desplazando de esta manera al oxígeno. Igualmente al recubrir el combustible con agua se evita el contacto con el comburente.
- **Dilución.** Se consigue al mezclarse con combustibles hidrosolubles. De esta forma disminuye la concentración del combustible presente en el incendio.

5.2.1.3.- Campo de aplicación.

El agua la podemos aplicar a chorro (tiene mucho alcance y actúa enfriando el foco) y pulverizada (tiene poco alcance pero realiza un enfriamiento muy rápido).

Para mejorar su eficacia podemos añadirle una serie de aditivos que producirán distintos efectos en cada caso. Entre estos están: los humectantes, que reducen la tensión superficial del agua; los espesantes que le dan una mayor viscosidad y los anticongelantes que evitan su congelación.

TIPO DE FUEGO	APLICACIÓN
CLASE A	Es el agente recomendable para este tipo de fuegos. Se pueden utilizar aditivos para mejorar sus propiedades. Podrá aplicarse por medio de extintores manuales, mangueras de impulsión, sistemas fijos y elementos de proyección pesados.
CLASE B	No es el agente indicado para estos fuegos, debido a su elevada densidad. Pero puede ser muy adecuado para refrigerar las paredes de los recipientes que contienen estos líquidos.
CLASE C	Podemos utilizar agua pulverizada para el control de estos incendios y para la refrigeración de los recipientes que contienen los gases.
CLASE D	No se puede utilizar.
EN PRESENCIA DE TENSIÓN ELÉCTRICA	El agua es conductora de la electricidad, por lo que no debe emplearse en presencia de corriente eléctrica. Si fuera necesaria su utilización siempre la aplicaremos debidamente pulverizada, en bajas tensiones y respetando las debidas distancias de seguridad.

Fig. 13.- Campo de aplicación del agua.

5.2.2.- ESPUMA.

La espuma es una masa de burbujas, que se consigue de la siguiente forma:



Fig. 14 – Formación de la espuma.

El *espumógeno* es el concentrado que se mezcla con el agua para conseguir el espumante. Este proceso se realiza por medio de los premezcladores o proporcionadores que dosifican el tanto por ciento adecuado para formar la espuma.

La concentración de esta mezcla suele variar de 0,1 al 1 % en los espumógenos para fuegos de clase A y del 3 al 6 % para el resto.

Los espumógenos los podemos clasificar en:

- Espumógenos AFFF con alta eficacia en hidrocarburos.
- Espumógenos AFFF-AR adecuados para hidrocarburos y líquidos polares.
- Espumógenos FS-AR con bajo contenido en flúor.

- Espumógenos Sintéticos de baja, media y alta expansión.
- Espumógenos para fuegos de clase A, fundamentalmente humectantes y retardantes.



Fig.15 – Espumógeno

Una vez obtenida la mezcla espumante será necesario utilizar lanzas, acoples o generadores que añadan aire a la mezcla. Actualmente los vehículos de extinción de incendios suelen incorporar un dosificador en la bomba e incluso un depósito auxiliar con espumógeno.



Fig.16- Lanza de media, proporcionadores, lanza de baja y acople lanza de 45 mm.



Fig.17 – Generador de alta expansión

Las espumas podemos clasificarlas, atendiendo a su coeficiente de expansión en:

- Espumas de baja expansión. Coeficiente entre 3 y 30.
- Espumas de media expansión. Coeficiente entre 30 y 200.
- Espumas de alta expansión. Coeficiente superior a 200.

5.2.2.1.- Características.

Las principales características físicas de la espuma son:

- Cohesión o adherencia entre las diferentes burbujas para conseguir una capa resistente.
- La capacidad de retención de agua se denomina tiempo de drenaje al 25% y es el tiempo que tarda en perder el 25% del agua contenida en la espuma. El tiempo varía de los 2'30" del AFFF al 0,5% en los CAFS (stmas. de aire comprimido), hasta los más de 40' de algunos espumógenos al 6%.
- Fluidez que le permita sobrenadar cualquier obstáculo.
- Resistencia al calor que le impida disgregarse.
- Resistencia a ser contaminada, ya que si no podría perder la película que sella y extingue el incendio.
- Resistencia a los combustibles polares, en las espumas AFFF-AR Y FS-AR.
- Su toxicidad es nula o muy ligera.
- Presentan una cierta conductividad eléctrica.

5.2.2.2.- Métodos de extinción.

El principal mecanismo de extinción de la espuma es por sofocación, aunque también actúa por enfriamiento.

- Eliminación del contacto del combustible con el aire produciendo la sofocación del incendio.
- Enfría el combustible ya que parte de la espuma es agua.



Fig.18-Extinción de hidrocarburos.

5.2.2.3.- Campo de aplicación.

Dependiendo del tipo de espuma y de su empleo y dosificación, las espumas serán más adecuadas para un determinado tipo de fuego:

TIPO DE ESPUMA	APLICACIÓN
BAJA EXPANSIÓN	Su principal campo de aplicación son los fuegos de clase B. Suelen aplicarse a través de medios manuales o sistemas fijos.
MEDIA EXPANSIÓN	Suelen utilizarse en incendios confinados aunque también se emplea de manera preventiva, por ejemplo para cubrir derrames de líquidos inflamables.
ALTA EXPANSIÓN	Son adecuadas para la extinción de fuegos de clase A y B. Fundamentalmente se utiliza para realizar la inundación total de zonas de difícil acceso y como instalación fija de protección.

Fig. 19 – Tabla de aplicación de la espuma.

5.2.3.- DIÓXIDO DE CARBONO - CO₂.

El anhídrido carbónico lo podemos encontrar en la atmósfera en concentraciones próximas al 0,03 por ciento. Si esta cantidad es superior al 7% el CO₂ puede tener efectos narcóticos sobre el cuerpo humano e incluso podría causar la muerte.

Hay que prever las adecuadas medidas de seguridad al utilizar este agente extintor. También tendremos en cuenta que el hielo seco tras la descarga puede producir quemaduras por su baja temperatura.

El dióxido de carbono no es combustible y no reacciona con la mayor parte de las sustancias. Su propia tensión de vapor proporciona la presión necesaria para su impulsión.

5.2.3.1.- Características.

A continuación se describen las propiedades básicas del dióxido de carbono que influyen directamente sobre las propiedades de extinción.

- Gas incoloro e inodoro.
- No es corrosivo.
- No deja residuos.
- Es mal conductor de la electricidad.
- Se licua fácilmente mediante compresión y enfriamiento, almacenándose en botellas.
- Durante su descarga parte lo hace en forma de gas y parte se solidifica en forma de partículas de hielo seco (nieve carbónica), alcanzando los - 79° C.
- Es asfixiante y peligroso en concentraciones superiores al 9%.
- El CO₂ tiene una densidad del 50% superior a la del aire.

Cuando se presenta en forma de gas o como sólido finamente dividido se le conoce como nieve carbónica.



Fig.20 - Sistema fijo de extinción de CO₂



Fig.21 –Extintores de CO₂

5.2.3.2.- Métodos de extinción.

El principal mecanismo de extinción del dióxido de carbono es por sofocación y en menor medida por enfriamiento.

- Sofocación: este agente reduce la concentración del comburente por debajo de los niveles en que no es posible la combustión. Al realizar la descarga el CO₂ envuelve al combustible evitando su contacto con el oxígeno o disminuyendo su concentración.
- Enfriamiento. Cuando se efectúa la descarga, parte del dióxido de carbono se transforma en gas absorbiendo temperatura y parte se convierte en nieve carbónica a - 79 ° C. De esta forma conseguimos un sensible descenso de la temperatura del incendio.

5.2.3.3.- Campo de aplicación.

Las características propias de un gas inerte y no conductor de la electricidad determina la utilización de este agente extintor fundamentalmente en lugares con presencia de tensión eléctrica.

Su aplicación local se realiza utilizando los extintores portátiles y la inundación total se efectúa utilizando los sistemas fijos de extinción.

A continuación se esquematiza su aplicación en los distintos tipos de fuego:

TIPO DE FUEGO	APLICACIÓN
CLASE A	Tiene muy poca eficacia, su función se reduce a fuegos muy superficiales.
CLASE B y C	Aunque es efectivo frente a estos tipos de fuegos no es el agente más adecuado.
EN PRESENCIA DE TENSIÓN ELÉCTRICA	Es el agente extintor adecuado para este tipo de incendios. Puede descargarse sobre máquinas bajo tensiones eléctricas elevadas. Hay que tener en cuenta que puede dañar los equipos térmicamente delicados.

Fig. 22 – Campo de aplicación del CO₂

Deberemos tener en cuenta que el dióxido de carbono no es tóxico para las personas pero si asfíxante en concentraciones superiores al 7%. La descarga de CO₂ sobre la piel puede producir quemaduras.

Los extintores de CO₂ disponen a la salida del mismo de un acople plástico que protege de un posible contacto con la mano y dedos del usuario.



Fig. 23- Carro de extintores de CO₂

5.2.4.- HFC-23, HFC227 Y HFC125.

Tras la desaparición de los halones a finales del 2003, se han ido sustituyendo por productos con unas cualidades extintoras muy parecidas y que no dañan la capa de Ozono.

Estos agentes extintores gaseosos son utilizados en aquellos casos en que se deba evitar el deterioro de equipos delicados (salas de ordenadores, centros de comunicaciones, maquinaria eléctrica, etc.) o impedir la contaminación de productos (cocinas, laboratorios, etc.).

El HFC-23, HFC-227 y el HFC-125 son agentes extintores ampliamente aceptados como sustitutos del halón 1301.

La descarga de estos agentes, al igual que ocurría con el halón 1301 y 1211, son gases seguros para áreas ocupadas con la concentración de diseño oficial, lo que permite utilizar este producto en numerosos riesgos y diferentes ámbitos.

Estos productos son hábiles para el uso en instalaciones de inundación total en espacios ocupados normales.

5.2.4.1.- Características.

Además de las indicadas anteriormente podemos destacar:

- Son gases incoloros, casi inodoros y no conducen la electricidad.
- Son agentes limpios, seguros y eficaces.
- Se caracterizan por su amplio margen de seguridad en áreas ocupadas, siendo el HFC-23 el que ofrece el margen más elevado.
- Los sistemas utilizados con estos agentes están diseñados para alcanzar altas concentraciones en 10''.
- El HFC-227 y HFC-125 están presurizados con N₂ seco a 24 bars, mientras que el HFC-23 debido a su elevada presión de vapor no necesita un gas adicional. Además al ser un gas almacenado a alta presión (42 bars) puede ubicarse a mayor distancia del riesgo.
- La densidad del HFC-227 es de aproximadamente 6 veces superior a la del aire.
- No dejan residuos tras su aplicación.
- Estos agentes se almacenan en cilindros de acero formando parte de las instalaciones fijas de extinción.

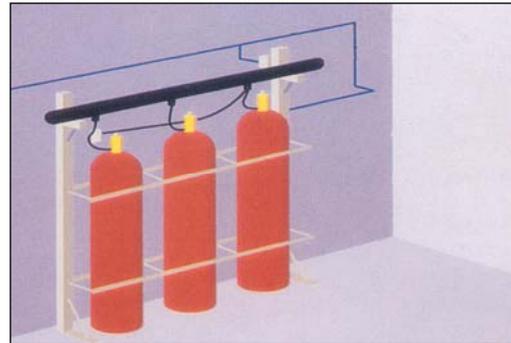


Fig.24-Sistemas fijos de extinción.



Fig.25- HFC-23.

5.2.4.2.- Métodos de extinción.

Tanto el HFC-23 como el HFC-227 y el HFC-125 extinguen los fuegos principalmente por medios físicos.

Estos gases extinguen el fuego mediante absorción del calor en las llamas. Cuando la temperatura de la llama es suficientemente baja, la reacción química que mantiene la combustión ya no puede continuar y el fuego se extingue.

Estos agente extintores atacan el fuego y extraen por su propia descomposición suficiente energía de la llama de forma que no se puede calentar más combustible y por tanto interrumpir la reacción de combustión.

Este proceso se describe frecuentemente con el nombre de “reacción física” o enfriamiento de llama.

5.2.4.3.- Campo de aplicación.

Son diversas las aplicaciones de estos tres productos que podemos encontrar con otra denominación:

AGENTE EXTINTOR	APLICACIÓN
HFC-23 (FE-13) HFC-227 (FM-200) HFC-125 (NAF 125)	- Salas de ordenadores.
	- Centros de telecomunicaciones
	- Archivos.
	- Museos.
	- Instalaciones de la industria del petróleo y gas,...

Fig.26- Aplicación de los agentes extintores "limpios".

5.2.5.- ARGÓN.

El argón es un gas noble e inerte. La atmósfera de la Tierra es la única fuente de argón, sin embargo, se encuentran trazas de este gas en minerales y meteoritos.

El argón es incoloro, inodoro e insípido. En condiciones normales es un gas pero puede licuarse y solidificarse con facilidad. El argón no forma compuestos químicos en el sentido normal de la palabra, aunque forma algunos compuestos enlazados con agua, hidroquinona y fenol. Las moléculas de argón gaseoso son monoatómicos.



Fig. 27-Batería de botellas de argón.

5.2.5.1.- Características.

Las características más destacadas de este gas son las siguientes:

- Es inerte, incoloro, inodoro e insípido.
- Extingue el fuego por sofocación.
- El argón puede ser asfixiante, ya que reduce la proporción de oxígeno.
- Tiene un bajo coste pero se necesitan un gran volumen de almacenamiento de botellas.
- No deja residuos tras su aplicación.

5.2.5.2.- Métodos de extinción.

Este agente, extingue el fuego al reducir la concentración de oxígeno del área protegida, por debajo de niveles en los que la combustión no es posible, pero aún compatible con la vida de las personas.

5.2.5.3.- Campo de aplicación.

El Argón se utiliza en sistemas de inundación total (sistemas fijos de extinción).

AGENTE EXTINTOR	APLICACIÓN
ARGÓN	- Salas de ordenadores.
	- Equipos electrónicos y de telefonía.
	- Maquinaria eléctrica como generadores, motores, ...
	- Instalaciones en la industria petrolera, gas, etc.

Fig. 28-Esquema explicativo de algunas aplicaciones del Argón.

5.2.6.- POLVOS QUÍMICOS.

El polvo extintor está formado por sales inorgánicas finamente pulverizadas. Su componente básico suele ser: bicarbonato sódico, bicarbonato potásico, fosfato amónico y cloruro potásico. A estos componentes se les suele agregar estearatos metálicos, fosfato tricálcico, siliconas, etc., que recubren las partículas de polvo seco para conferirles fluidez y resistencia a los efectos de endurecimiento y formación de costras por humedad y vibraciones.



Fig. 29- Diversos tipos de extintores de polvo.

El componente básico del polvo seco es el bicarbonato sódico o potásico, mientras que el del polvo polivalente es el fosfato amónico.

5.2.6.1.- Características.

Los polvos secos son estables, tanto a temperaturas bajas como normales. Sin embargo, como algunos de los aditivos pudieran fundirse y hacer que los materiales fuesen pegajosos a temperaturas más altas, se recomienda, generalmente, una temperatura máxima de almacenamiento de 49 ° C. Otras características de este agente extintor son:

- División en finas partículas.
- Toxicidad nula, aunque en grandes cantidades origina trastornos respiratorios.
- Mal conductor de la electricidad.
- Su descarga puede interferir la visibilidad.
- A $T < 50^{\circ} \text{C}$ el polvo es estable.

5.2.6.2.- Propiedades extintoras.

Los polvos químicos extinguen los incendios fundamentalmente por inhibición de la reacción en cadena, aunque también se les confiere otras propiedades, éstas son:

- Sofocación: cuando se descargan los polvos contra combustibles sólidos incendiados, el fosfato monoamónico se descompone por el calor, dejando un residuo pegajoso (ácido metafosfórico) sobre el material incendiado. Este residuo aísla el material incandescente del oxígeno, extinguiendo así el fuego e impidiendo su reignición.
- Enfriamiento: la energía calorífica requerida para descomponer los polvos secos desempeña un papel primordial en la extinción. El efecto, por sí mismo es pequeño y para ser eficaz, el polvo seco debe absorber calor a fin de que sea químicamente activo.
- Inhibición. Rotura de la reacción en cadena. En la zona de la combustión se encuentran presentes radicales libres, responsables de que el incendio continúe al reaccionar estas partículas entre sí. La descarga del polvo seco sobre las llamas impide que esas partículas reactivas se encuentren y continúe la combustión inhibiendo la reacción en cadena.



Fig.30 - Rociadores de polvo con disparador automático.

5.2.6.3.- Campo de aplicación.

La aplicación de los polvos químicos es muy variada y viene definida en la siguiente tabla, atendiendo al tipo de fuego al que se aplique.

TIPO DE FUEGO	APLICACIÓN
CLASE A	El polvo polivalente es muy adecuado para este tipo de incendios.
CLASE B Y C	Tanto el polvo seco convencional como el polivalente son recomendables para la extinción de líquidos y gases.
CLASE D	Sólo debemos utilizar los polvos especiales para metales.
EN PRESENCIA DE TENSIÓN ELÉCTRICA	No son conductor de la electricidad. Puede utilizarse desde 35.000 hasta incluso 50.000 V en algún tipo de polvo. Como se descompone a altas temperaturas no es recomendable su utilización con equipos delicados.

Fig. 31 – Tabla del campo de aplicación de los polvos químicos.

5.2.7.- POLVOS ESPECIALES PARA METALES.

Los agentes extintores para metales combustibles sólo deben utilizarse para los fuegos de la Clase D (magnesio, titanio, potasio, sodio, etc.)

A continuación se desarrollan las características y aplicaciones de estos polvos extintores especiales.

5.2.7.1.- Polvo MET-L-X.

Este polvo es adecuado para los fuegos de magnesio, sodio, potasio y sus aleaciones. Su composición básica es el cloruro sódico con una serie de aditivos que junto al tamaño de sus partículas le confieren una eficacia extintora óptima.

Este polvo no es combustible, ni abrasivo ni conductor de la electricidad. El empleo de este agente no produce ningún riesgo conocido para la salud.

5.2.7.2.- Polvo Na-X

Este agente extintor está especialmente indicado para combatir los incendios de sodio metálico, gracias a la total ausencia o bajo contenido de cloruros. Su composición básica es el carbonato sódico al que se le añaden aditivos para hacerlo higroscópico (absorbe la humedad de la atmósfera) y fácilmente fluido para su empleo en extintores. Incorpora además un aditivo que crea una capa por encima de la superficie del metal incendiado.

Es un producto incombustible, no es abrasivo ni conductor y no se producen incendios secundarios por su aplicación sobre el sodio metálico.

Su empleo sobre fuegos de sodio no representa ningún peligro para el personal presente durante la descarga.

5.2.7.3.- Polvos G-1 y Metal Guard

Estos agentes extintores disponen de la misma composición, coque de fundición grafitado y cribado, al que se le añade un fosfato orgánico. Las partículas que los componen son de diferentes tamaños para conseguir buenas características aglomerantes cuando se aplica sobre un metal incendiado. No son tóxicos ni combustibles.

Estos productos extinguen los incendios por:

- Enfriamiento, ya que, el grafito actúa como termoconductor absorbiendo el calor del fuego y reduciendo la temperatura del metal por debajo de su punto de ignición.
- Sofocación. El grafito se encuentra muy compactado. El material orgánico que forma parte del producto extintor se descompone con el calor y produce un gas que penetra en los espacios entre las partículas de grafito, impidiendo la penetración del aire.

Estos polvos son efectivos contra fuegos de magnesio, sodio, potasio, titanio, litio, calcio, zirconio, hafnio, ttorio, uranio y plutonio. Igualmente se recomienda para fuegos de aluminio, hierro y zinc pulverizados.

5.2.7.4.- Polvo Lith-X

La composición de este agente extintor es una base de grafito con aditivos. Estos aditivos le proporcionan fluidez, de forma que se pueda descargar desde un extintor.

Impide el contacto con el agua y extrae el calor de la masa incendiada para realizar la extinción. Es necesario cubrir completamente el metal caliente, ya que, no se adhiere a su superficie.

5.2.7.5.- Polvo de cloruro eutéctico ternario (TEC)

Su composición básica es una mezcla de cloruro de potasio, cloruro sódico y cloruro bórico. Este último compuesto es venenoso, por lo tanto, hay que evitar la inhalación del mismo utilizando los equipos de respiración autónoma.

La extinción de los fuegos de astillas de magnesio se realiza por sofocación. Las sales fundidas del agente extintor impiden el contacto del aire con el combustible. Por eso es importante que quede totalmente cubierto por el polvo.

Este polvo también ha conseguido extinguir pequeños fuegos de uranio y plutonio.

5.2.7.6.- Polvo de cobre

La utilización de este producto ha demostrado que supera en capacidad de extinción a otros agentes extintores. La composición de partículas uniformes consigue apagar los fuegos de litio con mayor eficacia y rapidez. En el proceso de la extinción se origina una aleación no reactiva de cobre y litio que se forma fundamentalmente en la superficie del litio fundido. La aleación se convierte en una barrera de exclusión entre el aire y el metal fundido, lo que impide la reignición y favorece el enfriamiento del litio que no haya reaccionado.

7. CUADRO DE UTILIZACIÓN DE LOS AGENTES EXTINTORES.

AGENTE EXTINTOR	CLASES DE FUEGOS			
	A Sólidos	B Líquidos	C Gases	D Metales Especiales
Agua pulverizada	*** (2)	*		
Agua a chorro	** (2)			
Espuma física	** (2)	**		
Anhídrido carbónico (CO ₂)	* (1)	*		
HFC-23, HFC-227 y HFC-125	* (1)	*		
Polvo seco BC (convencional)		***	**	
Polvo ABC polivalente	**	**	**	
Polvo específico para metales				*

*** Muy Adecuado; ** Adecuado; * Aceptable; No Aceptable.

(1) - En fuegos poco profundos (profundidad menor de 5 mm.) puede asignarse *

(2) - En presencia de corriente eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma.

BIBLIOGRAFÍA DEL MÓDULO 2

- *Manual de Protección contra incendios. Editorial MAPFRE.*
- *Manual del Bombero Gobierno Vasco.*
- *Curso de reciclaje para bomberos. Generalitat Valenciana.*
- *Manual del Bombero MAPFRE.*
- *Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios.*
- *Google:*
 - *www.tipsa.com.*
 - *www.zenith.es.*
 - *www.estrucplan.com.*
 - *www.gestiopolis.com.*
 - *www.cdaf.es.*
- *Imágenes Clipart Corel 8.*

MÓDULO 3: LAS ESTRUCTURAS Y EL FUEGO

Autor: José Aranega Barea

Introducción.

1. Objetivos específicos.
2. Materiales de construcción y características básicas.
 - 2.1. Hormigón en masa.
 - 2.2. Hormigón armado.
 - 2.3. Albañilería.
 - 2.4. Madera.
 - 2.5. Aluminio.
 - 2.6. Vidrio.
3. Partes fundamentales de un edificio.
 - 3.1. Cimentación.
 - 3.1.1. Macizas de hormigón en masa.
 - 3.1.2. Zapatas aisladas de hormigón armado.
 - 3.1.3. Zapatas corridas de hormigón armado.
 - 3.1.4. Losa de cimentación.
 - 3.1.5. Pilotes.
 - 3.2. Estructuras.
 - 3.2.1. Estructuras de muro de carga.
 - 3.2.2. Estructuras reticulares.
 - 3.3. Forjados.
 - 3.3.1. Forjados unidireccionales.
 - 3.3.2. Forjados bidireccionales o reticulares.
 - 3.4. Vigas.
 - 3.5. Pilares.
 - 3.6. Cerramientos.
 - 3.7. Cubiertas.
 - 3.7.1. En los edificios de viviendas.
 - 3.7.2. En los edificios industriales.
4. El fuego y las estructuras.
 - 4.1. Reacción y resistencia al fuego.
 - 4.2. Comportamiento ante el fuego de los materiales más usuales.
 - 4.2.1. Madera.
 - 4.2.2. Acero.
 - 4.2.3. Hormigón.
 - 4.2.4. Hormigón armado.
 - 4.2.5. Coeficiente de dilatación térmica.
 - 4.2.6. Albañilería.
 - 4.2.7. Vidrio.
 - 4.2.8. Aluminio.
 - 4.3. Protección de las estructuras ante el fuego.

INTRODUCCIÓN

Como es todo sabido, en la construcción se utilizan diversos tipos de materiales, unos persiguiendo la estética en su diseño y otros la resistencia de la propia estructura, ahora bien ante la incidencia del fuego sobre este tipo de materiales, estos se comportan de distinta forma según su composición.

Estudiaremos el comportamiento de materiales como la madera, acero, hormigón armado, albañilería, aluminio y cristal.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Conocer:

- ⇒ **Los materiales más habituales en la construcción y sus características básicas.**
- ⇒ **Las partes fundamentales de un edificio.**
- ⇒ **Tipos de estructuras.**
- ⇒ **El comportamiento al fuego de los materiales más usuales de construcción.**

2.- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.

En la construcción actual se utilizan una amplia gama de materiales, los más habituales son:

2.1.- *HORMIGÓN EN MASA.*

Es un material compuesto básicamente por:

- Áridos: arena y grava.
- Cemento.
- Agua.

Que debidamente mezclados en las dosificaciones adecuadas y una vez fraguada la masa, esta se comporta con unas características resistentes determinadas.

El hormigón en masa tiene como propiedades fundamentales:

- Economía.
- Buen comportamiento ante esfuerzos de compresión (hasta 1000 kg/ cm²).
- Mal comportamiento a la tracción (inferior a 25 kg/ cm²).
- Gran resistencia ante la acción del fuego y de los agentes atmosféricos.
- Bajo costo de conservación.
- Gran facilidad de moldeo.
- Ejecución fácil. No requiere mano de obra muy especializada ni gran utillaje de obra.

2.2.- *HORMIGÓN ARMADO.*

Para paliar los inconvenientes del mal comportamiento ante los esfuerzos de tracción del hormigón en masa, se le combina con el acero, pasando entonces a llamarse hormigón armado, en el que el hormigón absorbe fundamentalmente los esfuerzos de compresión y el acero, los de tracción y cortadura.

2.3.- ALBAÑILERÍA.

Su uso fundamental es el cerramiento de superficies, aunque también se usa en la construcción de muros de carga.

2.4.- MADERA.

La madera, como elemento de construcción se utiliza fundamentalmente en forma de vigas, viguetas y cerchas.

Ha sido un material ampliamente utilizado en la antigüedad como elemento resistente. Actualmente apenas se utiliza como tal, quedando limitado su uso a elementos de cerramiento (puertas, mamparas) y como elemento decorativo.

2.5.- ALUMINIO.

A pesar de que tiene grandes posibilidades de utilización como elemento resistente en el futuro, en la actualidad se usa únicamente como elemento portante en perfilaría de techos registrables y como elemento de cerrajería (ventanas, puertas, muros cortina, etc.)

2.6.- VIDRIO.

Es un material básicamente de cerramiento, aunque en forma de bloques (pavés) tiene una cierta capacidad portante.

3.- PARTES FUNDAMENTALES DE UN EDIFICIO.

Las partes fundamentales de un edificio son.

- Cimentación.
- Estructura.
- Cubierta.
- Cerramientos.

3.1.- CIMENTACIÓN

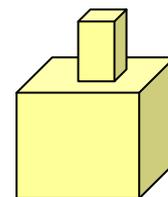
Es el elemento de contacto y transmisión de cargas entre la estructura y el terreno.

La misión de la cimentación es repartir las cargas que recibe de la estructura de forma que puedan ser absorbidas por el terreno.

Existen diversos tipos de cimentación que pueden resumirse en las siguientes:

3.1.1.- MACIZAS DE HORMIGÓN EN MASA.

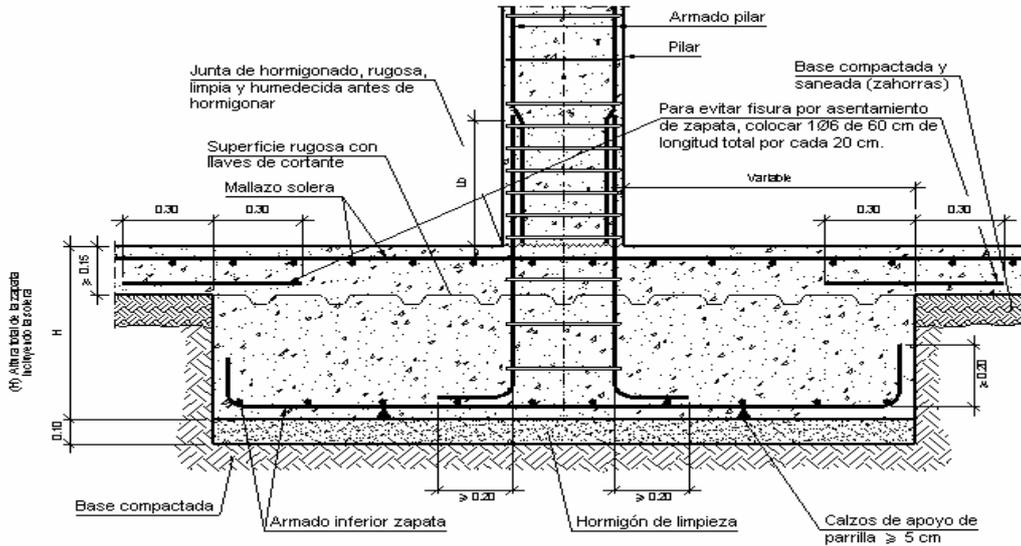
Se utilizan en terreno con gran capacidad portante, fundamentalmente en rocas. Se realizan con hormigón en masa, al cual se le puede añadir cantos o piedras, sin que estos superen un 25% del volumen total. Suelen encontrarse asimismo en edificios muy antiguos.



Macizas de hormigón en masa

3.1.2.- ZAPATAS AISLADAS DE HORMIGÓN ARMADO:

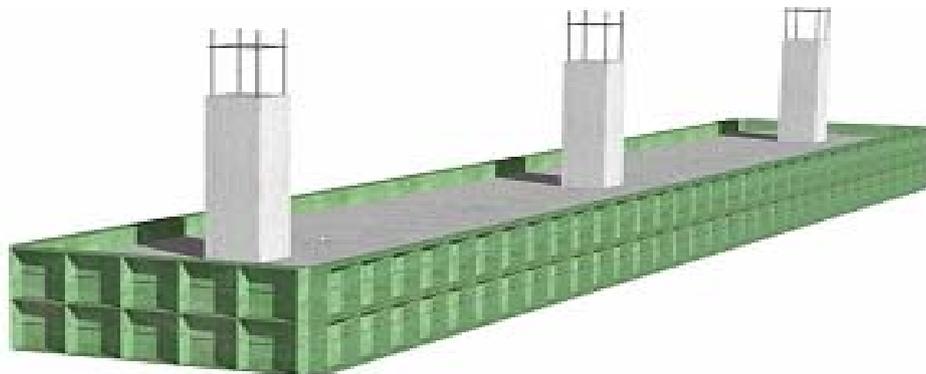
Es el procedimiento más usual en la cimentación de pilares y habitualmente son cuadrados o rectangulares, se ejecutan con hormigón, generalmente armado en su cara inferior y que, para evitar asentamientos diferenciales y absorber otros esfuerzos, se unen unas con otras a través de unas vigas de arriostramiento.



Zapata aislada de hormigón armada

3.1.3.- ZAPATAS CORRIDAS DE HORMIGÓN ARMADO.

Así como las anteriores constituían el procedimiento más usual en pilares, estas lo son para muros de carga, muros de contención, pilares, etc.



Zapata corrida de hormigón armado.



Zapata corrida para muro de carga o muro de contención.

3.1.4.- LOSA DE CIMENTACIÓN:

En determinados terrenos es más rentable cimentar sobre losas de hormigón armado. En realidad se trata de una gran zapata continua sobre la cual apoyan los pilares. Suelen aprovecharse como soleras de sótanos y actúan como un forjado trabajando en sentido contrario.

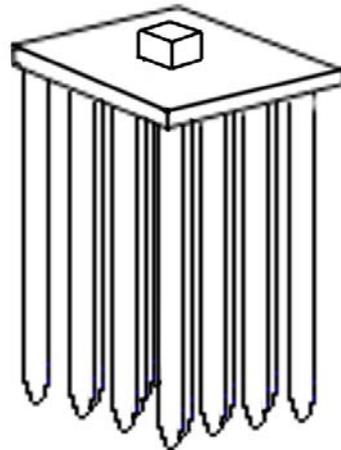


Losa de cimentación.

3.1.5.- PILOTES

Se utilizan en suelos con poca capacidad portante. Son piezas largas cilíndricas o prismáticas que se hincan o ejecutan en el terreno para transmitir cargas por rozamiento o para transmitirles a otro estrato más profundo que tenga la capacidad portante adecuada.

Pueden ser de madera, acero, u hormigón armado. Van dotados de una cabeza sobre la que apoyan los pilares. Las distintas cabezas van debidamente arriostradas entre si.



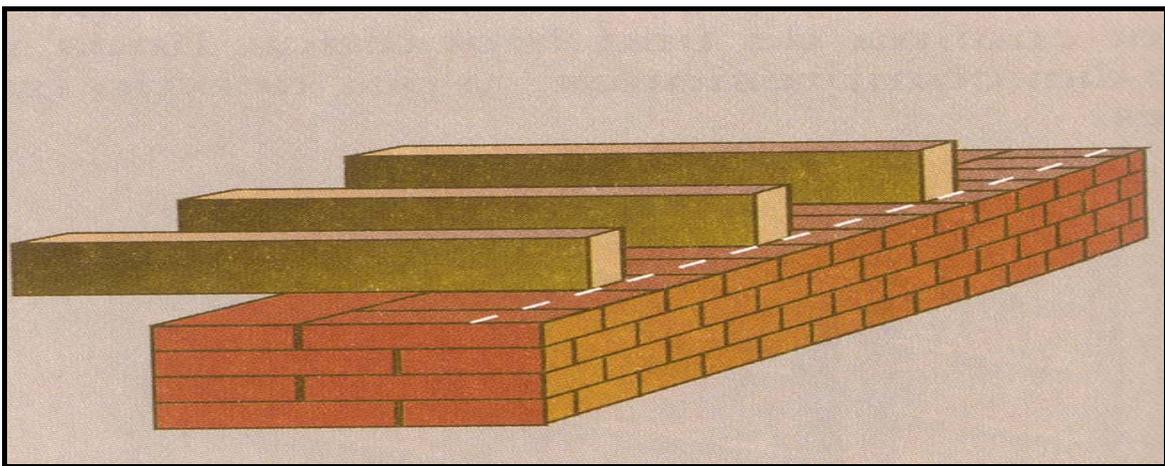
Pilotes

3.2.- ESTRUCTURAS:

3.2.1.- ESTRUCTURAS DE MURO DE CARGA:

En este tipo de estructuras, las cargas son transmitidas por los forjados a los muros que actúan como elementos resistentes. Suelen utilizarse en edificios bajos como chalets, naves industriales, etc.

Como elementos de construcción de estos muros se utilizan fundamentalmente el ladrillo macizo, o bloques de hormigón, acero u hormigón armado y un entrevigado de revoltón de ladrillo, bovedillas de cerámica o de hormigón.



Muro de carga

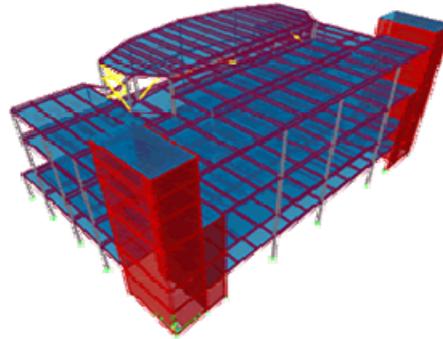
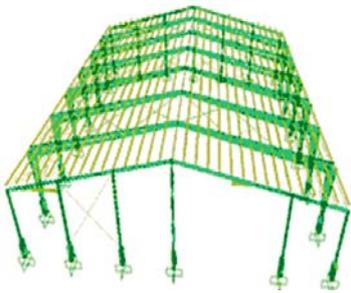
3.2.2.- ESTRUCTURAS RETICULARES:

A diferencia de las anteriores, las estructuras reticulares transmiten las cargas entre sus distintos elementos, dejando libres a los muros que, únicamente tienen función de cerramiento o distribución.

Los elementos fundamentales en este tipo de estructuras son los pilares, las vigas y los forjados.

Las sobrecargas se producen, principalmente, sobre los forjados, estos transmiten las cargas a las vigas y estas, a su vez, a los pilares que son los elementos que, como hemos visto, transmiten las cargas al terreno a través de las zapatas o cimentación.

Las estructuras reticulares están construidas fundamentalmente con hormigón armado, acero o mixtas, aunque antiguamente también se utilizaba el ladrillo en la construcción de pilares.



Estructuras reticulares

3.3.- FORJADOS:

Son los elementos resistentes en cargados de recibir y transmitir las sobrecargas a las vigas.

3.3.1.- FORJADOS UNIDIRECCIONALES

Están compuestos por unas viguetas de hormigón armado o metálicas y unas bovedillas cerámicas, de hormigón o escayola. Las viguetas pueden ser prefabricadas (semiviguetas, viguetas de “violín”) o fabricadas in situ. Sobre ellas se coloca un mallado de acero y se vierte una capa de hormigón, denominada capa de compresión. La capa de hormigón rellena los senos existentes entre las bovedillas y las viguetas y forman una capa sobre ellas de unos cinco centímetros de espesor.

En realidad, las bovedillas no tienen misión resistente, su único fin es actuar como encofrado perdido y servir de molde a la capa de compresión.

Los esfuerzos son transmitidos de la capa de compresión a las viguetas y estas lo transmiten a las vigas.



Forjado unidireccional.



Bovedilla.

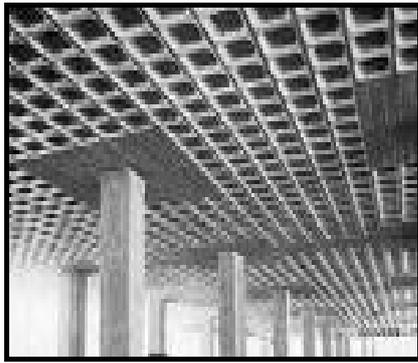


Vigueta.

3.3.2.- FORJADOS BIDIRECCIONALES O RETICULARES

Están constituidos por una retícula de elementos nervados de hormigón armado, entre los cuales se colocan, bovedillas, bloques de áridos ligeros o encofrados plásticos recuperables. Su aspecto final es el de una retícula lisa o con casetones.

Las cargas se transmiten a través de los elementos nervados a las cabezas de los pilares, zona en la que no existen casetones y en la que suelen haber una gran cuantía de armaduras.



Parte baja de un forjado bidireccional.



Parte superior de un forjado bidireccional.

3.4.- VIGAS

Las vigas son elementos de hormigón armado, metálicos o mixtos, aunque antiguamente se utilizó fundamentalmente la madera.

En el caso de que las vigas sean de hormigón, su sección es rectangular o cuadrada y pueden sobresalir del forjado, las metálicas están constituidas por perfiles de acero simples o compuestos. Cuando son mixtas, constan de un perfil metálico en la parte inferior que absorbe los esfuerzos de tracción y una cabeza de hormigón armado que absorbe los esfuerzos de compresión, ambos sólidamente unidos mediante garras o conectores.



Viguetas.



Vigas.



3.5.- PILARES

Todo lo mencionado anteriormente para las vigas, es valido para los pilares, basta indicar que, mientras que las vigas es un elemento horizontal generalmente sometido a esfuerzos de flexión, el pilar es un elemento vertical cuyos esfuerzos principales son la compresión y pandeo.



Pilares

3.6.- CERRAMIENTOS

son los parámetros que delimitan el perímetro del edificio. Cuando la estructura es a base de muros portante, los cerramientos son casi siempre parte de la estructura resistente.

En cambio, en las estructuras reticulares, los cerramientos cumplen una misión exclusivamente de aislamiento.

3.7.- CUBIERTAS

Las cubiertas constituyen el cerramiento superior del edificio.

En las cubiertas hay que distinguir dos tipos de elementos: los resistentes y los de cubrición.

Los resistentes pueden ser metálicos, de hormigón, de madera o mixtos.

3.7.1.- EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDA PUEDEN SER:

- Cubiertas planas formadas por el forjado de cubierta y una terminación que varía dependiendo si la cubierta es o no visible. En cualquier caso llevarán un material para la pendiente y una impermeabilización vista u oculta.



Cubierta plana.

- Cubiertas inclinadas a una o dos aguas, formadas en la mayoría de los casos por el forjado de cubierta, tabiquillos de ladrillo hueco (tabiquillos conejeros), un tablero de apoyo de cubierta, un impermeabilizante y un material de cubrición, normalmente tejas, pizarra o de piezas de hormigón ligero.



Cubierta inclinada a dos aguas

3.7.2.- EN LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES

Normalmente naves, las cubiertas suelen ser a base de cerchas y pórticos en forma de cubierta a una o dos aguas o en diente de sierra.

La diferencia entre una cercha y un pórtico es su forma de trabajo.

- La cercha: con forma triangular, que sólo transmite a los puntos de apoyo esfuerzos de compresión. Se les reconoce por su aspecto triangular mallado, y por la existencia de un cordón inferior.



Cercha.

- El pórtico: es un elemento triangular que no necesita del cordón inferior para cumplir su función resistente. Sus esfuerzos son de compresión y pandeo.



Pórtico.

4.- EL FUEGO Y LAS ESTRUCTURAS

Cuando una estructura se ve sometida a la acción de un fuego, se produce sobre sus elementos resistentes una serie de efectos que básicamente se pueden reducir en dos:

- Pérdida de resistencia.
- Empujes debido a la dilatación.

Ambos efectos provocan, si la intensidad del fuego y su duración son suficientes, el colapso o hundimiento de la estructura y, en todo caso, lesiones de mayor o menor intensidad.

4.1.- REACCIÓN Y RESISTENCIA AL FUEGO

Son dos conceptos fundamentales en el comportamiento de los materiales ante el fuego. La reacción al fuego de un determinado material, nos determina la mayor o menor facilidad de combustión del mismo. Viene determinada por unos símbolos que determinan su grado de combustibilidad.

Estos símbolos son: M0, M1, M2, M3, Y M4, los materiales incombustibles están clasificados en clase M0 y los altamente combustibles en M4.

- La resistencia a fuego de un determinado material o elemento es un factor que mide la capacidad del mismo para soportar durante un tiempo determinado la acción de un fuego estándar.
- La resistencia al fuego se indica con una sigla RF seguidas de un número (30, 60, 90, 120, 180 ó 240) que expresa el tiempo durante el cual dicho elemento mantiene las propiedades mecánicas para las que fue diseñado.

Así si decimos que un pilar tiene una RF-90 quiere decir que dicho pilar es capaz de soportar la acción del fugo tipo estándar, durante 90 minutos sin perder capacidad resistente sensible.

Como veremos, existen elementos como la madera que, a pesar de ser combustible (clase M4) tiene una buena resistencia al fuego. En cambio otros como el acero, que es incombustible (clase M0) presenta una deficiente resistencia ante la acción del fuego.

4.2.- COMPORTAMIENTO AL FUEGO

4.2.1.- LA MADERA



Estructura de madera.

La madera se inflama fácilmente, y su combustión desarrolla gran cantidad de calor aunque tiene un bajo coeficiente de transmisión térmica, por lo cual el calor no se transmite con facilidad a través de ella.

Cuando una pieza de madera se inflama, se inicia un proceso de carbonización de las capas superficiales de la misma que poco a poco, va profundizando hasta su total combustión. Dicha velocidad de penetración se estima de forma aproximada en 1 centímetro cada 15 minutos, aunque varía en función de la intensidad de fuego, el tipo de madera, la humedad y el grado y el tiempo de exposición al fuego.

Al observar una pieza de madera después de un incendio, podemos ver que está cubierta de una capa de carbón de mayor o menor espesor en función de los factores anteriores, pero si rascamos podemos observar la parte central en perfectas condiciones. La capa de carbón no tiene capacidad resistente alguna, pero actúa como protección de la capa interna de la pieza hasta que se desprende.

La humedad de la madera protege asimismo de la acción del fuego, ya que la energía se consume en evaporar el agua contenida antes de comenzar el proceso de carbonización.

El tipo de madera (existen especies con mayor contenido de humedad que otras, el tiempo transcurrido desde la tala y la humedad ambiental son factores que influyen en la velocidad del proceso).

Durante un incendio, las propiedades resistente de la madera solo se ven afectadas en la capa directamente expuesta al proceso de carbonización, manteniéndose intacta, e incluso mejorando con la temperatura, las propiedades resistentes de la reunión no afectadas por dicho proceso.

Las estructuras de madera tienen como aspectos negativos:

- Son combustibles.
- Contribuyen a aumentar la carga térmica.
- Participan en la propagación del fuego.
- Pueden tener vicios ocultos importantes (termitas, carcoma, pudriciones, etc.) o uniones metálicas.

Como aspectos positivos:

- La madera no pierde propiedades resistentes al ser atacada por el fuego.
- No provoca esfuerzos adicionales por dilatación de sus elementos (fuerzas o momentos).
- Las estructuras fallan por pérdida de sección resistente, por carbonización en un proceso de evolución relativamente lento que puede en cierto modo seguirse con medios estimativos (tiempo transcurrido), (pérdida de sección), (crujidos, aspectos, etc.).
- Las estructuras son habitualmente (salvo cerchas y cuchillos) isostáticas y de poca altura y complejidad, lo que facilita su control y evolución.

4.2.2.- ACERO



Estructura de acero.

El acero, al contrario que la madera no se inflama, ni entra en combustión, sin embargo su comportamiento ante el fuego es peor que el de la madera.

Cuando una pieza de acero se somete a la acción del fuego, este eleva su temperatura en función de la intensidad del foco.

Debido a que el acero es un buen conductor del calor (su coeficiente de transmisión es mucho mayor que el de la madera), esta elevación de temperatura es transmitida rápidamente a través de todas las piezas metálicas que están en contacto con la pieza sometida al calor.

En principio este efecto es favorable, ya que la disipación de calor, retrasa el aumento de temperatura en el punto sometido al foco de calor.

Sin embargo, si el fuego sigue, el aumento de calor recibido es mayor que el calor disipado y la pieza, aunque con cierto retraso respecto al foco (inercia térmica) sigue aumentando su temperatura.

Al contrario que la madera, no pierde sección resistente, en cambio pierde, y de forma acusada, su capacidad de resistencia.

Dicha capacidad disminuye rápidamente a partir de los 350°C a 400°C y aunque en el cálculo de estructuras metálicas se incluyen unos coeficientes de seguridad, dichos coeficientes son insuficientes para compensar esta disminución a partir de los 450 a 550°C.

Dicha temperatura se alcanza en un tiempo teórico de algo más de 5 minutos. En un incendio real y dependiendo de los factores que intervengan (intensidad del foco, distancia, inercia térmica, masividad del elemento, etc.) la sección de una pieza de acero puede alcanzar en su totalidad dicha temperatura en un tiempo entre 10 a 20 minutos, tiempo a partir del cual entramos en peligro de colapso.

La alta conductividad térmica del acero, hace que el calor se propague con facilidad entre las piezas de la estructura, pudiendo transmitir calor a zonas alejadas que den origen a nuevos focos de incendio.

Las estructuras se dominan isostáticas cuando el fallo de un elemento produce su hundimiento e hiperestáticas cuando los esfuerzos soportados por un elemento pueden, en ciertas condiciones ser absorbidos por otros elementos del sistema, caso de ocurrir el fallo de uno de ellos.

Las estructuras metálicas isostáticas (vigas apoyadas) tendrían teóricamente que colapsar al rebasarse los 500-550 °C tiempo que hemos valorado. Por lo general las estructuras metálicas son hiperestáticas, lo cual permite en cierto modo, una distribución de esfuerzos que podría alargar el tiempo de colapso o derrumbe de la estructura, a pesar de que alguno de sus elementos esté fuera de servicio.

Los puntos más débiles de las estructuras metálicas suelen ser las piezas largas y de poca sección y su colapso se produce por pandeo.

El acero tiene como aspectos negativos:

- Pierde propiedades resistentes con relativa rapidez si no están debidamente protegidas.
- Las dilataciones y deformaciones producidas por el calor provoca empujes y giros muy fuertes no previstos en el calculo de las estructuras que pueden provocar el derrumbe de la estructura o el desplome de elementos en contacto con ella /muros de carga, cerramientos, etc.
- Cuando la estructura es compleja y la distribución de esfuerzos hace difícil la predicción real de su comportamiento y por tanto su colapso o hundimiento.
- Transmite la temperatura a través de sus elementos, pudiendo provocar nuevos focos lejos del foco inicial.

Como aspectos positivos:

- No son combustibles y por tanto no contribuyen a aumentar la carga térmica del recinto.
- La deformación es un indicador de su evolución, sobre todo en cerchas o naves cubiertas con estructuras o grandes luces en estructuras vistas, en las que se producen grandes deformaciones antes del hundimiento.



En un incendio real con estructura y cubierta metálica, el edificio puede quedar en estas condiciones, en un tiempo aproximado de entre 10 a 20 minutos desde el comienzo del incendio.

4.2.3.- HORMIGÓN

El hormigón es, como el acero, incombustible y no sufre por tanto pérdida de sección resistente por carbonización como la madera, sino que, a igual que el acero, su fallo se debe a una pérdida de propiedades mecánicas resistentes que varían de forma importante en función de la dosificación y del tipo de ácido utilizado.

En términos generales al aumentar la temperatura y hasta 200-250 °C no hay pérdida de resistencia, pero a los 300 °C el hormigón pierde hasta un 20 % de su resistencia inicial y a partir de esta temperatura el decrecimiento va en aumento, perdiendo prácticamente la mitad de su resistencia a los 450 °C. Hacia los 600 °C los áridos se expanden

fuertemente y con diferentes valores, dando lugar a tensiones internas que empiezan a disgregar el hormigón produciendo crujidos y pequeñas explosiones.

El hormigón, en este proceso de elevación de temperatura, va sufriendo una serie de cambios de coloración que puede indicarnos de forma aproximada la temperatura a la que ésta o ha estado sometido el hormigón durante el proceso del incendio.

Así hasta los 200 °C el color del hormigón es gris y no hay cambios apreciables de condiciones. De 300 a 600 °C el color varía del rosa a rojo, perdiendo un 42% de su resistencia inicial. Entre los 600 ° y los 900 °C, el color cambia a un segundo gris con partículas rojas, perdiendo un 70% de su resistencia. De 900 ° a 1200 °C el color pasa a un ante amarillento y su resistencia es nula. A partir de 1200 °C el color del hormigón es amarillo. Estos cambios de coloración son permanentes y las observaciones pueden ser hechas una vez extinguido el incendio.

La baja conductividad térmica del hormigón hace que el calentamiento del hormigón por el fuego afecte solo a las capas externas del mismo (5-10cm) a causa de la cual se produce una dilatación en dichas capas que producen grandes tensiones con la zona interna y provoca su agrietamiento.

El hormigón es pues incombustible, no obstante, el aumento de temperatura de un incendio provoca una pérdida importante de propiedades resistentes y fuertes tensiones en una masa que produce su agrietamiento.

4.2.4.- HORMIGON ARMADO



Estructura de hormigón armado.

Es un elemento mixto de construcción constituido por dos elementos (hormigón y acero), que se colocan y calculan para absolver los esfuerzos a los que van a ser sometidos.

El comportamiento del hormigón armado frente al fuego va a depender en gran manera del comportamiento de cada uno de sus componentes y de las funciones resistentes que cada uno de ellos desempeña en el conjunto.

El hormigón y el acero tienen un coeficiente de dilatación térmica muy similar. Sin embargo, el acero lo hace de una forma muy rápida y el hormigón lo hace lentamente.

4.2.5.- COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA

Mide la dilatación producida en un elemento por cada grado de aumento de temperatura y en cada metro lineal. Se mide en m.m./m.l. y en °C.

El coeficiente de dilatación térmica del acero es de 0.012 m.m./m.l. °C.

Hemos visto que en el hormigón, el calentamiento de las capas superficiales produce un agrietamiento y descascarilla miento del mismo. Si, a consecuencia de este descascarilla miento, queda descubierto el acero, se producirán los siguientes efectos:

El acero, expuesto directamente al calor dilatará más rápidamente que el hormigón provocando fuertes tensiones de desgarre, provocando pérdidas de adherencia entre ambos materiales y comprometiendo el trabajo conjunto de ambos.

1. Las armaduras, expuestas directamente al fuego, y zunchadas por los estribos, pandearán entre ellos favoreciendo aun más el desconchamiento.
2. Ambos materiales perderán capacidad resistente según hemos visto al estudiar cada uno de ellos, pero las pérdidas serán más notables en el acero que en el hormigón, ya que este, no se ve afectado toda la masa, sino solo los 5 ó 10 centímetros externos.
3. La pérdida de la capa de protección de hormigón dejará al descubierto a las armaduras de las vigas y pilares, que, al llegar a su punto crítico de temperatura, provocará el colapso del elemento.

El hormigón armado, en general, tienen un buen comportamiento ante el fuego.

Como aspectos positivos más importantes:

- No son combustibles y por lo tanto no contribuyen a la carga térmica del local.
- No propagan el calor con facilidad.
- Aunque el calor provoca dilataciones finales iguales a las del acero, estas son mucho más lentas lo que facilita la distribución gradual de esfuerzos en la estructura.

Como aspectos negativos:

- Dificultad de absorción de las grietas producidas en su masa durante el proceso del incendio y fundamentalmente las vigas, debido a la gran cantidad de humo acumulado.
- No se producen deformaciones apreciables en la estructura que anuncien su colapso, produciéndose este, por lo general, de forma más brusca que las del acero.



Estructura de hormigón armado afectada por el incendio. Como se observa el mobiliario está totalmente consumido por el fuego y la estructura permanece con relativa resistencia.

4.2.6.- ALBAÑILERIA

La albañilería en forma de ladrillo hueco, macizo o bloques de hormigón, ofrecen una considerable resistencia al fuego, siendo los bloques de hormigón los mejores aislantes. En los elementos huecos de cerámica y por efecto de calor se produce la rotura de las paredillas en su cara expuesta al fuego, ello crea unas condiciones de excentricidad que acaban convirtiéndose en una pérdida de capacidad resistente e incluso de inestabilidad del muro.

La rotura de las paredes inferiores de las bovedillas en los forjados, no tiene mayor trascendencia que la caída de cascotes que originan, ya que la misión de las bovedillas no es resistente, sino que hace el papel de encofrado perdido del forjado.

4.2.7.- VIDRIO

Por su incapacidad para sufrir deformaciones, el vidrio es uno de los elementos más frágiles que se conocen. Es muy mal conductor del calor y salta en pedazos cuando se calienta.

El desprendimiento de cristales puede llegar a ser un problema que dificulte seriamente las tareas de extinción y la seguridad de los equipos de intervención.

4.2.8.- ALUMINIO

El aluminio conduce rápidamente el calor, tiene su punto de fusión a los 650 °C y colapsa, a temperaturas muy bajas (aproximadamente 200 °C).

Su utilización como elemento portante estructural no está muy desarrollada, utilizándose fundamentalmente en carpintería metálica y en perfilaría de sujeción de techos colgantes. Aunque tiene grandes posibilidades resistentes, su comportamiento ante el fuego es muy deficiente.

4.3.- PROTECCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS ANTE EL FUEGO

Como hemos visto, el fuego puede afectar de forma importante a la estabilidad de la estructura.

Con el fin de paliar dichos efectos, las estructuras deben ser debidamente protegidas contra la acción del fuego.

Los objetivos que se persiguen con dicha protección son básicamente dos:

1. Evitar el desplome o derrumbamiento de la estructura resistente durante un tiempo proporcional a la carga térmica del recinto.
2. Evitar la propagación del fuego a otras zonas no afectadas por el, mediante la ubicación de parámetros resistentes al fuego (forjados y tabiques).

Los elementos fundamentales utilizados en dicha protección son los siguientes:

- Aumento del espesor de recubrimiento de armaduras en el hormigón armado.
- Forrado de los elementos con elementos cerámicos.
- Proyección sobre los mismos de morteros aislantes (yeso o cemento con compuestos minerales como la perlita o la vermiculita).
- Imprimación con barnices o pinturas intumescentes.
- Aumento de la sección resistente en elementos de madera (calcula a madera perdida).

BIBLIOGRAFÍA DEL MÓDULO 3

Manual Curso Reciclaje de Bomberos de la Generalitat Valenciana.

Páginas Internet.

Imágenes de incendios reales.

Imágenes de industrias de la zona de Alcoy.

MÓDULO 4: DESARROLLO DE UN INCENDIO EN UN RECINTO INDUSTRIAL.

Autor: Jordi Soler Rovira

Introducción.

1. Objetivos específicos.
2. Factores que Intervienen en el Desarrollo de un Incendio industrial.
 - 2.1. Factores de Incendio.
 - 2.1.1. Factores que influyen en el origen de un incendio.
 - 2.1.2. Factores que rigen la velocidad de propagación.
 - 2.1.3. Factores que influyen en la vulnerabilidad del riesgo.
 - 2.1.4. Factores de contigüidad con otros locales y edificios.
 - 2.1.5. Factores que influyen en la capacidad de extinción.
 - 2.2. Factores de Eficacia en Extinción de Almacenes.
 - 2.2.1. Tipo de edificación.
 - 2.2.2. Forma distribución interior.
 - 2.2.3. Naturaleza de los materiales almacenados.
 - 2.2.4. Situaciones respecto a la naturaleza del contenido.
 - 2.2.5. Medios de infraestructura para combatir el fuego.
 - 2.2.6. Factores ambientales.
3. Instalaciones Fijas de Extinción en un recinto Industrial.
 - 3.1. Sistemas de Protección Activa / Manuales.
 - 3.1.1. Extintores.
 - 3.1.2. Bocas de Incendios Equipadas.
 - 3.1.3. Grupo de Presión.
 - 3.1.4. Depósito de Reserva.
 - 3.1.5. Hidrantes de Columna y Arqueta.
 - 3.1.6. Columna Seca.
 - 3.1.7. Señalización de Seguridad.
 - 3.2. Sistemas de protección activa / Automáticos.
 - 3.2.1. Extinción Seca.
 - 3.2.2. Rociadores Automáticos.
 - 3.2.3. Agua Nebulizada.
 - 3.2.4. Detección Convencional y Analógica.
 - 3.2.5. Detección precoz.
 - 3.2.6. Detección de Monóxido.

INTRODUCCIÓN

“Factor” en términos matemáticos significa, “Cada una de las cantidades o expresiones que se multiplican para formar un producto.” Los factores influyentes en un incendio, son múltiples y variados, los hay de todos los tipos y clases, diferenciados, por fases, etc. Estos factores pueden ser positivos y ayudar al bombero en su actuación o factores negativos, que la complican en ocasiones y mucho.

Para que se produzca un incendio, deben darse unas condiciones esenciales, aire, combustible y un riesgo. En un incendio producido en un recinto industrial, se cumplen estas tres condiciones y además de forma generosa. Los volúmenes de las industrias y almacenes, ofrecen una fuente inagotable de comburente, las materias primas y los productos elaborados junto con el riesgo en los procesos de transformación, hacen el resto.

Una actuación en bomberos, puede salir mejor o peor, dependiendo si los factores han sido favorables o negativos en su conjunto. Un factor favorable y positivo es, la adopción de medidas de protección y control contra incendios y que los sistemas e instalaciones proyectadas cumplan su función cuando sean requeridos.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo de este apartado es proporcionar al bombero, unos elementos de juicio, que adaptándolos a su manera de entender el proceso, sea capaz de elaborar un análisis diferenciador de los distintos:

- ⇒ **Factores que intervienen en el proceso de un incendio industrial** y de los
- ⇒ **Medios de protección y extinción instalados en una industria.**

2.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL INICIO Y DESARROLLO DE UN INCENDIO INDUSTRIAL.

El hablar sobre los factores que intervienen en el desarrollo de un incendio industrial, es misión un tanto complicada. En primer lugar, deberíamos diferenciar los “factores del fuego” de los “factores del incendio”, que naturalmente están implícitamente relacionados.

Los factores del fuego, son los llamados intrínsecos o esenciales, ya comentado en módulos anteriores como los condicionantes químicos del fuego (elementos del tetraedro de fuego, transmisión del calor, etc.)

Los factores del incendio o también llamados factores extrínsecos o accidentales, son los condicionantes físicos del incendio (origen – propagación – vulnerabilidad – construcción – etc.).

Por otra parte y por lo general, todo proceso industrial genera un almacenaje bien sea de materias primas o de productos elaborados, que deberemos analizar profundamente, pues en la mayoría de los incendios industriales los almacenes forman una parte fundamental, tanto en el proceso de desarrollo del incendio, como en la eficacia a la hora de la extinción del mismo.



Fig. 1

Otro aspecto a considerar por su importancia por los bomberos, son los factores constructivos (*fig.1*), de los edificios industriales, no será lo mismo un incendio en una edificación mixta de madera y mampostería, que la reacción que se espera en una edificación mixta de hormigón armado y estructura metálica. Así como los riesgos a que se esta expuesto.

2.1. -FACTORES DE INCENDIO

2.1.1.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ORIGEN DE UN INCENDIO.

- Naturaleza del riesgo.
- Características de las instalaciones eléctricas y de calefacción (gas, electricidad, fuel, carbón, etc.)
- Características de los materiales almacenados (combustibilidad, punto de inflamación, geometría, etc.)



Fig. 2

- Procesos de fabricación, si existen (calor, presión, llama abierta, vapor, empleo de disolventes, producción de polvos, etc.).

- Problemas puntuales:
 - Sección de la madera
 - Sección de barnizado
 - Existencia de plásticos
 - Utilización de combustibles líquidos
 - Ausencia de orden y limpieza. (fig. 2)
 - Ausencia de prohibición de fumar, etc.

2.1.2.- FACTORES QUE RIGEN LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN.

- Clase y altura del edificio.
- Construcción y cubierta de los edificios (reacción y resistencia al fuego)
- Materiales empleados en falsos techos.
- Presencia o no de pisos
- Disposición de escaleras y patios interiores (comunicación vertical)
- Compartimentación
- Espacios libres entre edificios. (Fig: 3)
- Naturaleza del contenido (gases inflamables por pirolisis de sólidos).



Fig. 3

2.1.3.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VULNERABILIDAD DEL RIESGO.

- Estructura metálica sin proteger. (Fig. 4)
- Existencia de equipos de precisión, ordenadores u otro material electrónico.
- Productos susceptibles al ataque por corrosión (ambiente / combustión).
- Productos solubles en agua.
- Productos alimenticios.
- Mercancías de lujo.



Fig. 4

2.1.4.- FACTORES DE CONTIGÜIDAD CON OTROS LOCALES Y EDIFICIOS

- Contigüidad con comunicación.
- Contigüidad sin comunicación.
- Muro medianero. (Fig: 5)
- Proximidad (espacios libres / abertura de muros enfrentados.)
- Diferencia de altura de cubiertas.



Fig. 5

2.1.5.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE EXTINCIÓN

- Rociadores automáticos. (Fig: 6)
- Detectores automáticos
- Medios manuales y humanos
 - Extintores
 - B.I.E
 - Brigada de incendio.
 - Vigilancia
 - Jefe de seguridad
- Recursos ajenos
- Protección publica
- Empresas próximas con abundante material.



Fig. 6

2.2.- FACTORES DE EFICACIA EN LA EXTINCIÓN DE ALMACENES

Las actuales tendencias en almacenamientos diversos están dando origen a un tipo de edificación en el que se crean nuevos problemas en la extinción de los incendios, debido fundamentalmente a los grandes volúmenes de los edificios destinados a tal fin. Los propios requerimientos funcionales de este tipo de actividad exigen luces libres interiores de magnitudes considerables, o, por otro lado, se llega a soluciones de edificios en altura, bien por la propia naturaleza del almacén, o bien por la necesidad de aprovisionamiento del suelo.

Las distancias a recorrer, tanto en horizontal como en vertical, y el volumen de mercancías almacenadas (fig.7), dentro de un mismo recinto exigen disponer de una fuente prácticamente inagotable de producto extintor, sea cual sea, si realmente se pretende evitar que el fuego consuma la totalidad del contenido del edificio.



Fig.7

Por este motivo, las grandes magnitudes previsibles de un incendio en un almacén presentan características propias en cuanto a la lucha contra el fuego, que se exponen seguidamente.

Se puede llegar a la consideración de que en un siniestro las pérdidas son fundamentalmente de bienes y que las tareas de evacuación y salvamento no revisten los caracteres que se dan en otros sitios de actividad, yendo más directamente a la labor de incendio, cuya eficacia depende básicamente de los siguientes factores:

2.2.1.- TIPO DE EDIFICACIÓN.

Entorno arquitectónico:

- Edificio exento y exclusivo para este uso.
- Edificio que forma parte de otro, con posibilidad de propagación del fuego a este: intercalado.
- Edificio adosado, con medianera ciega, a otro de distinto o igual uso, que en la medianera constituye inicialmente un plano cortafuegos. (Fig.8)



Fig.8

Configuración interior:

- Existencia o no de sótanos.
- Edificio con una sola planta, con superficie limitada.
- Edificio de gran superficie.
- Edificio de gran altura.

La combinación de ambos criterios da como resultado los diferentes tipos de edificio que pueden considerarse, cada uno de los cuales ofrece un determinado grado de dificultad para extinguir un incendio, desde el caso más sencillo de un edificio exento de una sola planta con superficie limitada y sin sótano, al más complejo de edificio de gran altura, formando parte de otro y con sótanos.

La consideración de tipología arquitectónica es la que más atención recibe y la que primeramente se tiene en cuenta por quienes han de combatir un posible incendio, ya que el resto de condiciones, tales como hidrantes, accesos, instalaciones de protección y materiales almacenados son susceptibles de variación hasta alcanzar un nivel de riesgo mínimo, mientras que con la configuración arquitectónica esto es difícilmente posible.

2.2.2.- FORMA DISTRIBUCIÓN INTERIOR.

La falta de compartimentación, o en todo caso la existencia de compartimentos de gran tamaño es un factor en contra, al que se une la altura de las estanterías y la separación entre estas, dejando poco espacio libre por necesidades funcionales.

La formación de corredores y pasillos origina evidentes dificultades para llegar al foco del incendio sin desorientarse en ningún momento (*Fig.9*), a la vez que exige grandes magnitudes de manguera mientras se va tratando de localizar, entre el humo y sin apenas visibilidad, el lugar exacto donde se ha de actuar, tanto al principio como en las sucesivas progresiones entre pasillo.



Fig.9

2.2.3.- NATURALEZA DE LOS MATERIALES ALMACENADOS.

Este es sin duda el factor que presenta mayor diversidad de problemas para los equipos que han de intervenir en la extinción del incendio.

Así como la forma del edificio y su distribución interior son condicionantes más o menos fijos, que no varían sensiblemente a lo largo de la vida del establecimiento, la naturaleza del contenido puede estar sujeta a frecuentes cambios en el transcurso del tiempo, lo que se traduce a su vez en variaciones del nivel de peligrosidad y de la carga de fuego. A este respecto es de destacar que las medidas de prevención y protección

difícilmente pueden ajustarse a la realidad en aquellos almacenes donde la mercancía almacenada es distinta de un momento a otro. (Fig.10)

En estas condiciones siempre se darán momentos en que las condiciones de protección del inmueble resulten superiores a las necesarias, mientras en otros casos esas mismas condiciones de protección resulten notoriamente insuficientes.

El mayor problema con que se encuentran los equipos de bomberos en la mayor parte de los casos, es el desconocimiento de la clase y cantidad de materias de almacenamiento; pues aunque se tenga una referencia de archivo y unos antecedentes sobre el local afectado, no es seguro que coincidan los productos almacenados con aquellos que figuraban en la documentación inicial.



Fig.10

Aun cuando las visitas que los inspectores de bomberos suelen hacer, resuelven muchos problemas a la hora de la actuación en siniestro, la clase y cantidad de mercancías suponen siempre la mayor incógnita en el caso de los almacenes.

En tal tesitura sería lícito pensar que cuando se produce el incendio se pueden obtener los datos necesarios, pero la experiencia ha demostrado que el obstáculo adicional que hay que salvar entonces y que es verdaderamente grave, es el de la falta de información sobre el propio terreno, solo obtenible cuando el incendio se produce en horas de trabajo y se da la coincidencia de estar presentes uno de los responsables del almacén, ya que en horas nocturnas o festivos,



Fig.11

el edificio esta vacío de personas o a lo sumo hay un vigilante cuya información, normalmente o no existe, o incluso puede llegar a ser errónea.

No es necesario matizar la importancia que reviste este aspecto ya que condiciona el plan de ataque al fuego, el producto extintor a emplear y los medios de protección personal que ha de utilizar el bombero. Es sabido que la presencia de metales ligeros, de líquidos combustibles o de líquidos polares, así como las posibles mezclas de materias producidas durante el incendio impiden el uso de determinados agentes extintores. (Fig.11)

A su vez la expansión en el ambiente, fuera de su recipiente, de algunos productos químicos como el amoníaco, hacen necesario enfundarse en trajes herméticos contra gases de cuya existencia el bombero debe ser advertido a tiempo, lo mismo ocurre a la hora de utilizar el,

Equipo Respiratorio Autónomo, pues el bombero hace uso de este por propia iniciativa ante el humo, pero no ante aquellos gases tóxicos que permiten la visibilidad, si no tiene una información previa de la existencia de dichos gases o de la posibilidad de que se produzcan en alguna fase del incendio.

2.2.4.- SITUACIONES RESPECTO A LA NATURALEZA DEL CONTENIDO.

- Productos de una sola clase o productos homogéneos y cuya cantidad es limitada por el propio tipo de edificación. (silos-tanques de hidrocarburos); ante ellos el plan de ataque al fuego y la elección de producto extintor pueden decidirse de forma clara y rápida.
- Productos homogéneos cuya cantidad esta limitada por criterios de seguridad y en los que aprovechando la capacidad del edificio el usuario ha aumentado sensiblemente la cantidad almacenada. (Fig.12)
- Productos heterogéneos, mezclados, de potencias caloríficas distintas, con posibilidad de producción de mezclas explosivas o de mezclas que den lugar a gases tóxicos.



Fig.12

2.2.5.- MEDIOS DE INFRAESTRUCTURA PARA COMBATIR EL FUEGO.

Son estos los que sirven de ayuda y apoyo a los equipos de socorro para desarrollar con mayor garantía su cometido, desde que se inicia el incendio.

Es incuestionable que el éxito de la lucha contra el fuego esta basado en la rapidez de acción, por lo que el almacén ha de disponer de medios de aviso a los servicios de bomberos, bien a través de un vigilante, teléfono, medios automáticos, etc.

Los accesos y entorno del edificio han de permitir una llegada rápida y una colocación adecuada de los equipos, por lo que el terreno circundante en estos grandes almacenes debe adecuarse a esta circunstancia. No debe olvidarse que hay vehículos del servicio de bomberos con pesos superiores a las 22 Tn.



Fig.13

Una vez llegados al lugar de emplazamiento la necesidad inicial es el aprovisionamiento de agua, por lo que la existencia de hidrantes con presión y caudal suficiente es el factor decisivo para empezar a actuar. (Fig.13)

2.2.6.- FACTORES AMBIENTALES

Al tratarse normalmente de fuegos en grandes superficies, en edificios de una sola planta, adquieren ya una cierta relevancia los factores ambientales como la lluvia, y sobre todo la dirección e intensidad del viento, ya que puede obligar a una determinada táctica en la forma de llevar a cabo los trabajos de extinción, que en el caso de existir ventanales abiertos o haberse producido boquetes en la cubierta origina situaciones de cierto parecido a las que se dan en los fuegos de superficies forestales.



Fig.14

A su vez el viento asociado al calor puede transportar pavesas a lugares alejados, bien en el propio almacén o incluso a naves próximas, (Fig.14) siendo de destacar el riesgo que esto implica en los almacenamientos no cerrados.

3.- INSTALACIONES FIJAS DE EXTINCION EN UN RECINTO INDUSTRIAL

Cuando hablamos de instalaciones industriales nos referimos a los recintos provistos de los medios necesarios, para llevar a cabo actividades y operaciones materiales, ejecutadas para la obtención y transformación de uno o varios productos.

Entre los medios necesarios debemos diferenciar los medios necesarios para la elaboración del producto, (el proceso, la maquinaria) de los medios activos o pasivos, necesarios para proteger la instalación en su conjunto y ejercer un control aceptable sobre los riesgos de incendio.

Dentro de la protección activa, tres grupos, los medios manuales (Extintores, BIE, Grupo de Presión etc.), (Fig.15), los automáticos (instalación seca o húmeda), y aquellos que apoyan a los bomberos (red hidrantes, depósitos de reserva de agua, sectorización, etc.).

Los medios manuales están proyectados para fuegos pequeños, conatos, o fuegos incipientes, donde la participación de los trabajadores es esencial, para el “aguante” del incendio hasta la llegada de los bomberos y en el resultado final.

Los medios automáticos, son proyectados para ayudar en fase detección (conato), como en fase de extinción en determinados sectores.



Fig.15

Todos estos medios tienen que estar controlados, certificados, mantenidos y probada su eficacia in situ para poder verificar que se adaptan a las necesidades funcionales de la actividad industrial.

3.1.- SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA. / MANUALES

3.1.1.- EXTINTORES

La experiencia demuestra que una gran parte de los incendios se podrían haber evitado con una rápida actuación de los trabajadores con los medios de extinción.

El emplazamiento de los extintores, será visible (15 m) y accesible (25m), situados en lugares con mayor probabilidad de iniciarse el incendio y cercanos a las salidas. (Fig.16)



Fig.16

En aparatos, cuadros eléctricos, conductores y otros elementos bajo tensión eléctrica superior a 24 Voltios se deberá realizar la extinción con extintores de CO₂ o polvo ABC, cuya carga se determinara según el tamaño del objeto protegido con un valor mínimo de 5 Kg. de CO₂ y 6 Kg. de polvo ABC. (Tabla .1)

DETERMINACIÓN DE DOTACIÓN DE EXTINTORES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO DE COMBUSTIBLES DE CLASE A SEGÚN TABLA 3.1 DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES		
GRADO DE RIESGO INTÍNSECO DEL SECTOR DEL INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción en exceso)
MEDIO	21A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción en exceso)
ALTO	34A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción en exceso)

Tabla .1

3.1.2.- BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE). (FIG. 17)

Cumplirán las siguientes condiciones hidráulicas:

- Según el reglamento la presión en boquilla será de 2 a 5 bares.
- La condición de descarga en boquilla a 3,5 bares será:
 - 200l/mm. la BIE de 45
 - 100 l/mm. la BIE de 25

- El sistema se someterá a un a prueba de estanqueidad y resistencia mecánica, sometiendo la red a una presión estática igual a la máxima de servicio y como mínimo a 98 kPA, manteniendo esta presión durante 2 horas. (Tabla .2)
- Se deberán montar sobre un soporte rígido y la altura de su centro quedar como máximo a 1,5 m del nivel del suelo y a una distancia máxima de 5m de las salidas de cada sector de incendios, quedando una zona libre de obstáculos para permitir el acceso y su maniobra sin dificultad. Además deberán cubrir una zona de 25 m en recorridos reales en espacios con obstáculos.



Fig.17

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm.	2	60 minutos
MEDIO	DN 45 mm.	2	60 minutos
ALTO	DN 45 mm.	3	90 minutos

Tabla .2

3.1.3.- GRUPO DE PRESIÓN

El grupo de presión es un sistema de impulsión por bombeo.

Esta formado por un equipo de bombeo, un grupo de bombeo auxiliar y material diverso (grupo hidroneumático, valvulería, instrumentación, controles, etc.).

El equipo de bombeo principal responderá a las exigencias de caudal y presión requerida.



Fig.18

El equipo de bombeo auxiliar servirá fundamentalmente para mantener, de forma automática, la instalación a una presión constante, reponiendo las fugas que se permitan en la red general contra incendios.

El equipo de bombeo principal puede ser:

- Único, que pueda suministrar por si solo la demanda total de agua. (Eléctrico o diesel)
- Doble, cada uno es capaz de suministrar por si solo la demanda total de agua (eléctrico & diesel –eléctrico & eléctrico si hay dos fuentes de energía independientes. *(Fig.18)*)

La línea de alimentación al grupo será independiente y con interruptor exclusivo y además el arranque será automático y parada manual para la bomba principal según norma.

3.1.4.- DEPÓSITOS DE RESERVA

La fuente de alimentación de agua para sistemas de extinción de incendios puede ser con suministro natural o artificial, pero capaz de garantizar el caudal de agua requerido por los sistemas específicos de extinción, durante el tiempo de autonomía necesario fijado para cada uno de ellos.

Los tipos de depósitos que pueden ser instalados como fuente de alimentación son.

- Bajo superficie o enterrados. *(Fig.19)*
- De superficie o aéreos. *(Fig.20)*

Siempre que se pueda, se instalarán depósitos de superficie para usar bombas instaladas en carga, y evitar el sistema de cebado automático que deberá disponer la bomba.

Las aspiraciones en cualquier caso deberán ser lo mas cortas posibles, así como el número de codos y accesorios que compongan la aspiración.



Fig.19

Los depósitos de acero galvanizado, se emplean preferentemente en instalaciones donde rociadores o hidrantes requieran gran capacidad de suministro de agua.

La capacidad efectiva del depósito se calculara teniendo en cuenta el nivel mas bajo de agua considerado como mínimo requerido para la salida del agua en las instalaciones establecidas. También será de uso exclusivo de la instalación contra incendios, y si hubiese otros usos deberán situarse la toma de salida por encima del nivel máximo de capacidad de reserva calculada para la instalación de incendios.

Dichos depósitos dispondrán de los siguientes elementos auxiliares:

Boca de hombre| Escaleras de acceso, Rebosadero, Boca de vaciado y Placa antivortice para flujo turbulento.



Fig.20

El tiempo de llenado del depósito no deberá superar las 36 horas.

El depósito dispondrá de una garantía mínima de 15 años.

3.1.5.- HIDRANTES DE COLUMNA Y DE ARQUETA

Los sistemas de hidrantes exteriores estarán compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para agua de alimentación y los hidrantes exteriores necesarios. (Fig.21)

El número de los hidrantes a instalar dependerá de las siguientes condiciones:

Cada uno debe cubrir 40 m, medidos horizontalmente desde el emplazamiento.



Fig.21

Al menos un hidrante (mejor el situado en la entrada) tendrá una salida de 100mm.

La distancia entre hidrantes y límite exterior de edificio será al menos de 5m.

La instalación de los hidrantes dependerá de las circunstancias que se reflejen en la tabla: (Tabla .3)

CONFIGURACIÓN DE LA ZONA DE INCENDIO	SUPERFICIE DEL SECTOR O ÁREA (m ²)	RIESGO INTRÍNSECO		
		BAJO	MEDIO	ALTO
A	≥ 300	NO	SI	
	≥ 1000	SI	SI	
B	≥ 1000	NO	NO	SI
	≥ 2500	NO	SI	SI
	≥ 3500	SI	SI	SI
A	≥ 2000	NO	NO	SI
	≥ 3500	NO	SI	SI
A	≥ 5000		SI	SI
	≥ 15000	SI	SI	SI

Tabla .3

- La presión mínima será de 5 bares en la boca de salida descargando los caudales que se relacionan en la tabla: (Tabla .4)

NECESIDADES DE AGUA PARA HIDRANTES						
TIPO NAVE	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO					
	BAJO		MEDIO		ALTO	
	CAUDAL L/M	AUTO. MIN	CAUDAL L/M	AUTO. MIN	CAUDAL L/M	AUTO. MIN
A	500	30	1000	60		
B	500	30	1000	60	1000	90
C	500	30	1500	60	2000	90
D y E	1000	30	2000	60	3000	90

Tabla .4

3.1.6.- COLUMNA SECA

La columna seca consiste en un trazado de tuberías sin agua, colocado generalmente en hueco de escaleras y dispone de una toma de alimentación próxima a la entrada del edificio, (Fig.22) así como válvulas de seccionamiento con bocas de acoplamiento para mangueras en diferentes plantas. Su uso es exclusivo de bomberos y acoplan su camión a la zona de alimentación para abastecer con el agua y la presión del propio vehículo. El sistema de columna seca se instalará en los establecimientos industriales

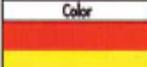


Fig. 22

con riesgo intrínseco medio-alto y su altura de evacuación sea mayor a 15 m. El sistema se someterá antes de la puesta en servicio a una prueba de estanqueidad y resistencia mecánica, sometiéndolo a una presión estática de 15 bares durante dos horas, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

3.1.7.- SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

Para que una señal foto-luminiscente pueda emitir luz primero ha tenido que recibirla, por lo tanto el lugar de instalación de las señales fotoluminiscentes deberá elegirse lo mas favorable por cantidad de luz que pueda recibir la misma (cuanto mas luz reciba, mas devolverá y durará mas tiempo).

COLORES DE SEGURIDAD, USO Y COLOR DE CONTRASTE QUE LE CORRESPONDE		
Color	Significado	Color contraste
	Prohibición, peligro, alarma, material contra incendio	(Blanco)
	Señal de advertencia	(Negro)
	Señal de obligación	(Blanco)
	Señal de salvamento, auxilio, situación de seguridad	(Blanco)

 Amarillos:50%	 Rojos:35%	 Azules:50%	 Rojos:50%	 Verdes:50%
--	--	---	--	---

Fig.23

Se deben señalar todos los equipos de lucha contra incendios, además por un doble motivo: en primer lugar para poder ser vistos y utilizados en caso necesario y en segundo lugar para conocer su ubicación una vez utilizados.

Igualmente se deben señalar todas las salidas, los recorridos de evacuación y la ubicación de primeros auxilios.

3.2.- SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA. / AUTOMÁTICOS.

3.2.1.- EXTINCIÓN SECA

La aplicación de sistemas de extinción automática viene condicionada por varios factores, como puede ser la gravedad del riesgo intrínseco, gravedad de consecuencias económicas, gravedad de consecuencias humanas por complicada o imposible evacuación, dificultad de acceso a la zona o inexistencia de personas.

La instalación de extinción automática vendrá determinada según el reglamento de seguridad, a recintos con equipos electrónicos, centros de calculo, banco de datos, centros de control o medida y análogos y la protección con sistemas de agua que puedan dañar a los equipos.



Fig.24

Estos sistemas solo serán utilizables cuando quede garantizada la seguridad o la evacuación del personal.

Dispondrá una pre-alarma para permitir la evacuación de los ocupantes antes de la descarga del agente extintor, en instalaciones por inundación total, además de carteles indicadores del riesgo.

Tipos de agentes extintores gaseosos:

Agente limpio:

- FE – 13 (Trifluorometano) (Fig.25)
- HFC – 227ea (Heptafluoropropano)
- NAF S125 (Pentafluoroetano)

Agente inerte:

- IG- 01 (Argón)
- IG-55 (50% Argón y 50% Nitrógeno)
- IG- 100 (Nitrógeno)
- CO2.



Fig.25

3.2.2.- ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Los rociadores automáticos son el dispositivo para distribuir automáticamente agua sobre el fuego, en cantidad suficiente para dominarlo. (Fig.26)

El agua llega a los rociadores por medio de una red de tuberías, generalmente suspendida en el techo.



Fig.26

Existen rociadores con distinta constante K (K57, 80, 115, L / minuto), para los diferentes tipos de riesgo, como son los convencionales (Fig.27), de gota gorda, ESFR, etc.

Los rociadores ESFR son empleados para instalar en almacenamientos donde no se desea colocar rociadores intermedios en estanterías dependiendo del tipo de almacenamiento y altura.



Fig.27

Existen distintos tipos de rociadores, dependiendo de su actuario, como tubería mojada, tubería seca (riesgo de heladas), Sistemas de diluvio, pre-acción o combinados. (Fig.28).

El abastecimiento tendrá una capacidad suficiente para las duraciones mínimas siguientes:

CLASIFICACIÓN RIESGO	Tª NORMAL	COLOR DEL BULBO		MAX. Tª SEGÚN N.F.P.A
ORDINARIO	57° C/ 68° C	NARANJA	ROJO	38° C
INTERMEDIO	79° C/ 93° C	AMARILLO	VERDE	66° C
ALTO	141° C	AZUL		107° C
EXTRA ALTO	182° C	MALVA		149° C

Fig.28

- RL (riesgo ligero) 30 minutos.
- RO (riesgo ordinario) 60’.
- REP (riesgo extra proceso) 90’.
- REA (riesgo extra almacenamiento) 90’

Los sistemas de rociadores por normativa deberán ser instalados en: (Tabla .5)

SEGÚN REGLAMENTO DE SEGURIDAD INSTALACIONES DE ROCIADORES			
TIPO DE EDIFICIO	NIVEL DE RIESGO	SUPERFICIE EN ALMACENES m2	SUPERFICIE EN RESTO DE INDUSTRIAS m2
A	MEDIO	> 500	≥ 300
B	MEDIO	≥ 2500	≥ 1500
B	ALTO	≥ 1000	≥ 800
C	MEDIO	≥ 3500	≥ 2500
C	ALTO	≥ 2000	≥ 1000

Tabla 5

3.2.3.- AGUA NEBULIZADA.

El sistema de agua nebulizada consiste en expulsar agua pulverizada hasta unos límites insospechados, tanto que esta agua no moja, sino que aumenta la humedad ambiental, haciendo que el fuego se extinga. (Fig.29)



Fig.29

De esta forma se ofrece alternativas efectivas a los sistemas de extinción de incendios por gas y a los sistemas de extinción por agua convencionales.

Usando agua como agente extintor, la seguridad de los sistemas tanto para las personas como para la capa de ozono esta garantizada.

Los daños por agua y la contaminación se reducen al mínimo, dado que estos sistemas utilizar alrededor de un 10 % del total de agua utilizada por los sistemas convencionales de protección de sprinklers. (Fig.30)



Fig. 30.

Los sistemas de agua nebulizada optimizan la utilización del agua mediante la división en gotas de niebla, utilizando boquillas especiales y presiones de trabajo entre 4 y 200 bares.

Con ello se consigue maximizar la superficie de intercambio de calor, facilitando la evaporación.

La eficacia extintora del agua nebulizada se basa en la alta pulverización del agua utilizada, lo que optimiza los efectos de enfriamiento, atenuación del calor radiante y desplazamiento del oxígeno en la base del fuego.

Dependiendo del tipo de fluido que utilizan, existen dos tipos de sistemas:

Sistema de un solo fluido, requiere una red de tubería para transportar el agente extintor a las boquillas.



Fig. 31

Sistema de doble fluido, necesita dos redes de tubería que lleguen hasta cada boquilla.

(Fig.31)

- Las variables de mayor importancia a la hora de plantear un sistema de agua nebulizada son tres:
- La densidad superficial del caudal de agua
- La presión de funcionamiento
- El espaciamiento entre los sprinklers.

Boquillas especiales:

Las boquillas nebulizadoras del sistema son modulares y están compuestas por un adaptador, un número de micro-boquillas con filtros individuales y, en caso de boquillas automáticas un pistón con bulbo de cristal y sujeción del bulbo. (Fig.32)

Actúan mediante dos tipos de activación:

Por señal eléctrica generado por un sistema de detección.



Fig. 32

Sistema automático completo por medio de detección que activa una electro-válvula direccionable.

3.2.4.- DETECCIÓN CONVENCIONAL Y ANALÓGICA

Este tipo de instalación hace posible la transmisión de una señal (automáticamente mediante detectores o manualmente mediante pulsadores) desde el lugar donde se produce el incendio hasta una central vigilada (Fig.33), así como la posterior transmisión de la alarma desde dicha central a los ocupantes.

La detección convencional, es un sistema de detección de alarma de incendios mediante zonas, en la que la central puede ir de 2 a 24 zonas. Cada zona soporta 20 detectores.



Fig. 33

La detección analógica, es un sistema de detección de alarma de incendios que monitoriza y controla individualmente los elementos del sistema, soporta 99 detectores por lazo, pulsadores y módulos del sistema.

Tipos de detectores:

Iónicos: captan los primeros vapores, variando la corriente eléctrica.

Ópticos:

De humos: un haz de luz incide sobre una célula fotoeléctrica, el humo al desviar el haz da la alarma.

(Fig.34)

De llamas: filtra las radiaciones infrarrojas, gran sensibilidad a 15m, detecta llamas de unos 10cm.

Térmicos: (Fig.35)

De máxima: dilatan a 65° o 70° C.

Termovelocímetros: detectan elevaciones de temperatura entre 7 – 10° C.

Aerotérmicos: no tienen corriente, son sensibles a la expansión del aire por el calor.

Contaran con una instalación de detección y alarma las siguientes instalaciones:

Fig.34 y Fig.35



SEGÚN REGLAMENTO DE SEGURIDAD INSTALACIÓN DE DETECCIÓN			
TIPO DE EDIFICIO	NIVEL DE RIESGO	SUPERFICIE EN ALMACENES m2	SUPERFICIE EN RESTO DE INDUSTRIA m2
A		≥150	≥300
B	MEDIO	≥1000	≥2000
B	ALTO	≥500	≥1000
C	MEDIO	≥1500	≥3000
C	ALTO	≥800	≥2000

Tabla .6

3.2.5.- DETECCIÓN PRECOZ

Detección de humos por cámara de niebla (Fig.36)

Estos equipos detectan rápidamente partículas de tamaño 500 veces inferior a la micra. La muestra de aire se introduce en el detector mediante un aspirador centrífugo conectado a las tuberías de muestreo de las zonas, una porción de esta muestreo de las zonas, una porción de esta muestra de aire se introduce inicialmente en un humificador y se humidifica hasta un 100% de humedad relativa, posteriormente se introduce



Fig. 36

en la cámara de niebla, donde es sometida a una rápida expansión en vacío, y de esta manera es detectada por el sistema óptico de la cámara de niebla.

Además no le afecta el polvo u otros contaminantes, temperaturas extremas, humedad, condensación. Tampoco hay límites para áreas de gran altura y difícil acceso. Es un sistema sensible y estable que responde a las partículas de precombustión.

Detección de humos por aspiración. (Fig.37)

Son sistemas de alta sensibilidad de aspiración de aire a través de múltiples tuberías de muestreo. El funcionamiento normal del sistema hace un muestreo de todas las tuberías simultáneamente. Cuando detectan indicios de humo, el sistema analiza cada tubería hasta que localiza la fuente del mismo.

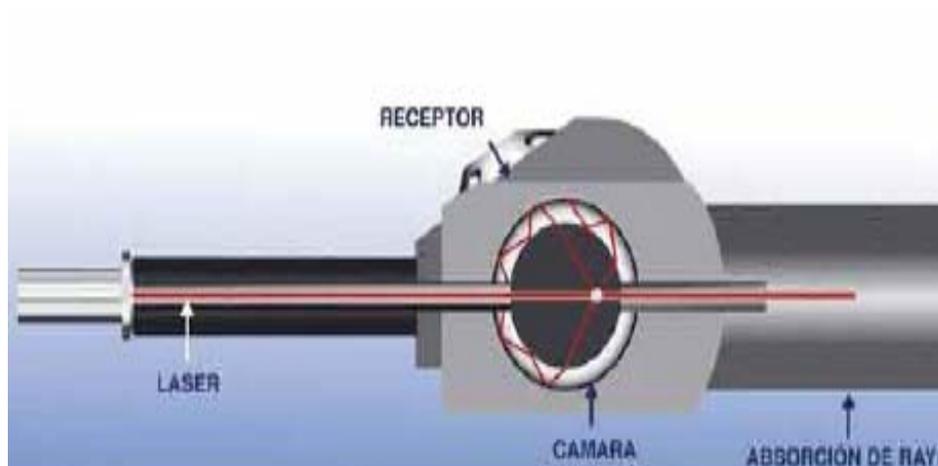


Fig.37

Los equipos de cámara óptica láser llevan el aire aspirado a una cámara en la que el aire atraviesa el haz de luz láser, las pequeñas partículas dispersan la luz láser, el proceso físico real implicado depende de la relación del radio de la partícula respecto a la longitud de onda de la luz incidente.

3.2.6.- DETECCIÓN DE MONÓXIDO

Los sistemas de detección de Monóxido de Carbono, están diseñados para instalaciones fijas y totalmente programables, con gran precisión en su medida y gran selectividad en su respuesta.

En las zonas donde pueda existir el riesgo de emisión de monóxido de carbono, será necesario disponer de medios de detección y de medida de monóxido de carbono.(Fig.38)

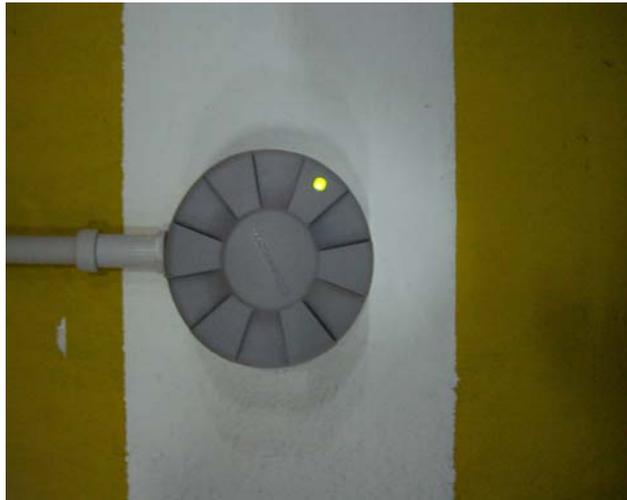


Fig. 38

En garajes y aparcamientos de mas de 400m², deberá existir, al menos, un detector por planta, situada entre 1,5 y 2 metros de

altura respecto al suelo, en lugares representativos, y deberá disponer de una toma de muestras por cada 300m² de superficie o fracción.

Cuando los garajes sean de más de 400m² y tengan ventilación natural, deberá disponer de un sistema de detección de monóxido de carbono y si esta fuese insuficiente, se instalara ventilación forzada, que deberá garantizar un mínimo de renovaciones-hora necesarias para conseguir que en ningún punto de los locales puedan alcanzarse concentraciones de monóxido de carbono superiores a 50 p.p.m.

BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA DEL MÓDULO 4

Seguridad de incendios en almacenes, (editorial Mapfre.)

www.firex.es

MÓDULO 5: RIESGOS DE INCENDIO EN UN RECINTO INDUSTRIAL.

Autor: Jordi Soler Rovira

Introducción.

1. Objetivos específicos
2. Tipología de Riesgos en los Recintos Industriales.
 - 2.1. Evaluación del Riesgo de Incendio.
 - 2.2. Métodos de evaluación del riesgo de incendio.
 - 2.3. Técnicas para la identificación de peligro en la industria.
 - 2.4. Situaciones y actividades comunes de peligro de incendio en la industria
3. Sectorización en un Recinto Industrial.
 - 3.1. Normativa vigente.
 - 3.1.1. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
 - 3.1.2. Código Técnico de la Edificación.
 - 3.2. Protección Pasiva.
 - 3.2.1. Productos utilizados en compartimentaciones y protección de estructuras.
 - 3.2.2. Protección en compartimentaciones y forjados.
 - 3.2.3. Protección en conductos y sellado de penetraciones.
 - 3.2.4. Puertas cortafuego.
 - 3.2.5. Evacuación de humos.

INTRODUCCIÓN

“Para evaluar el riesgo de incendio hay que evaluar la probabilidad de que coexistan en espacio, tiempo y suficiente intensidad el combustible y el foco de ignición.”

A simple vista parece sencillo, de realizar. Nada más lejos de la realidad, especialistas de especialistas preparados y formados específicamente para identificar los riesgos, son los encargados de componer de una manera funcional sistemas para la prevención del incendio y seguridad para la vida. Si bien, esta prevención de riesgos se realiza para prevenir el accidente, y que una vez materializado somos los bomberos, entre otros cuerpos de seguridad los que quedamos con la resolución de las consecuencias



Fig. 1

El conocimiento y práctica de una técnica básica de evaluación del riesgo de incendio, nos puede ayudar, como bomberos a despejar muchas incógnitas a la hora del enfrenamiento con la situación de un incendio industrial. (Fig.1).

¿Que tipo construcción se trata?, ¿Cuales son los riesgos hay asociados a su entorno?, ¿Que es lo que fabrican, como y con que materias?, ¿Existen parámetros o sectores donde se pueda contener el incendio?, ¿Cuanto tiempo lleva el incendio en marcha?, ¿La capacidad de abastecimiento esta asegurada?, etc.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo de este apartado es proporcionar al bombero, de unos elementos de juicio, que adaptándolos a su manera de entender el proceso, sea capaz de elaborar una evaluación básica y práctica sobre los distintos:

⇒ **Riesgos que intervienen en el proceso de un incendio industrial.**

2.-TIPOLOGIA DE RIESGOS EN LOS RECINTOS INDUSTRIALES.

2.1.- EVALUACION DEL RIESGO DE INCENDIO.

Los métodos existentes para evaluar el riesgo de incendio son variados y utilizan distintos parámetros de medida para hacer la valoración. La utilización de unos u otros parámetros dependen de la finalidad que persiga el método de evaluación (minimizar las consecuencias materiales a la empresa, a personal propio o visitante o las consecuencias materiales y humanas a terceros) o de los criterios de evaluación del propio autor del método. Generalmente tienen en común que la mayoría de ellos valoran factores ligados a las consecuencias del incendio.

Como accidente - incendio se entiende el inicio del mismo y su inmediata propagación. Ahora bien, teniendo en cuenta que el comburente (aire) se encuentra siempre presente, y que la reacción en cadena es consecuencia del incendio, las condiciones básicas que provocarán el inicio del incendio son el combustible y la energía de activación; por lo tanto, para evaluar el riesgo de incendio hay que evaluar la probabilidad de que coexistan en espacio, tiempo y suficiente intensidad el combustible y el foco de ignición. (Fig.2)

a prevención de incendios se centra en la eliminación de uno de estos factores para evitar que coexistan. Los demás aspectos preventivos tales como las medidas de extinción no adoptadas, vías de evacuación correctas y de suficiente anchura, una organización adecuada, etc., son parámetros que se considerarán y valorarán para estimar las consecuencias.



Fig. 2

El riesgo de incendio, al igual que cualquier otro riesgo de accidente viene determinado por dos conceptos clave: los daños que puede ocasionar y la probabilidad de materializarse. Por lo tanto, el nivel de riesgo de incendio (NRI) se debe evaluar considerando la probabilidad de inicio del incendio y las consecuencias que se derivan del mismo:

$$\text{NRI} = \text{Probabilidad de inicio de incendio} \times \text{Consecuencias}$$

Probabilidad de inicio del incendio

Viene determinada por las medidas de prevención no adoptadas; es decir, de la coexistencia en espacio, tiempo e intensidad suficiente del combustible y el foco de ignición.

Combustible

Su peligrosidad depende fundamentalmente de su estado físico (sólido, líquido o gas) y en cada uno de estos estados, de otros aspectos ligados a sus propiedades físico - químicas, su grado de división o fragmentación, etc.

En el caso de *combustibles sólidos* su grado de fragmentación es fundamental ya que a mayor división se precisa de menor energía (en intensidad y duración) para iniciar la combustión. Para *líquidos* y *gases inflamables* son la concentración combustible - aire precisa para la ignición (límite inferior de inflamabilidad) y la energía de activación necesaria (energía mínima de ignición) para que se produzca la reacción de combustión; siendo, además, asimismo un parámetro fundamental para los *líquidos*, la temperatura mínima a la que el combustible emite vapores suficientes para que se forme la mezcla inflamable (temperatura de inflamación o "flash point").

Para el control del combustible, algunos aspectos que se deben de tener en cuenta son los siguientes:

- Sustitución del combustible por otra sustancia que no lo sea o lo sea en menor grado.
- Dilución o mezcla del combustible con otra sustancia que aumente su temperatura de inflamación.
- Condiciones de almacenamiento: Utilizar recipientes estancos; almacenar estrictamente la cantidad necesaria de combustible; mantenimiento periódico de las instalaciones de almacenamiento para evitar fugas y goteos. (Fig.3)
- Ventilación general y/o aspiración localizada en locales y operaciones donde se puedan formar mezclas inflamables.
- Control y eliminación de residuos.
- Orden y limpieza.
- Señalización adecuada en los recipientes o conductos que contengan sustancias inflamables.



Fig. 3

Foco de ignición

Los focos de ignición aportan la energía de activación necesaria para que se produzca la reacción. Estos focos de ignición son de distinta naturaleza; pudiendo ser de origen térmico, mecánico, eléctrico y químico.

Para los focos térmicos:

- Instalaciones que generen calor: estufas, hornos, etc.
- Fumar o el uso de útiles de ignición.
- Rayos solares.
- Condiciones térmicas ambientales.
- Operaciones de soldadura.
- Vehículos o máquinas a motor de combustión.

En el caso de los focos eléctricos:

- Chispas debidas a interruptores, motores, etc.
- Cortocircuitos
- Sobrecargas. (Fig.42)
- Electricidad estática
- Descargas eléctricas atmosféricas
- Etc.

Para los focos mecánicos:

- Herramientas que puedan producir chispas.
- Roces mecánicos.
- Chispa zapato – suelo.

Para los focos químicos:

- Sustancias reactivas/incompatibles.
- Reacciones exotérmicas.
- Sustancias auto-oxidantes.
- Etc.



Fig. 4

Consecuencias

Una vez que se inicia el incendio, si no se actúa a tiempo y con los medios adecuados, se producirá su propagación y ocurrirán unas consecuencias con daños materiales y a los ocupantes. Para determinar la magnitud de las consecuencias, los factores a analizar son las medidas de protección contra incendios. Estas medidas se dividen en medidas de protección pasiva y medidas de lucha contra incendios, también conocidas como de protección activa.

Medidas de protección pasiva

Aquellas medidas de lucha cuya eficacia depende de su mera presencia; no actúan directamente sobre el fuego pero pueden dificultar o imposibilitar su propagación, evitar el derrumbe del edificio o facilitar la evacuación o extinción.

- Ubicación de la empresa en relación a su entorno
- Situación, distribución y características de los combustibles en el local
- Características de los elementos constructivos de los locales: estabilidad al fuego y resistencia al fuego, Exutorios
- Exigencias de comportamiento ante el fuego de los materiales

Medidas de protección activa

- Organización de la lucha contra incendios
- Adiestramiento del personal en actuaciones de lucha contra incendios
- Medios de detección de incendios, Transmisión de la alarma
- Medios de lucha contra incendios (extintores, BIE, etc.)
- Mantenimiento de los sistemas de detección, alarma y extinción. (Fig.5)
- Vías de evacuación, Plan de emergencia
- Facilidad de acceso de los servicios de extinción de incendios exteriores.

En el sentido expresado, pueden asimismo considerarse medidas de protección activa una correcta señalización y la presencia de alumbrados especiales.



Fig. 5

2.2.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO.

La evaluación del riesgo de incendio constituye un tema de gran interés, existiendo una gran variedad de metodologías para tal fin. Esto es debido a la multitud de factores implicados en la valoración, a su variabilidad con el tiempo, a su interrelación, su dificultad de cuantificación y de la finalidad que persiga cada método. (Fig.6)



Fig. 6

La gran mayoría de los métodos existentes evalúan solamente la magnitud de las consecuencias derivadas del incendio, y no tienen en cuenta la probabilidad de inicio del incendio.

A continuación se describen brevemente algunos de los métodos más utilizados en la evaluación del riesgo de incendio y sus posibles aplicaciones.

Método de los Factores a

La finalidad de este método es parcial y consiste en determinar para un sector, en base al riesgo del mismo, la resistencia y/o estabilidad al fuego precisa, de forma que se garantice que sus consecuencias queden confinadas.

Método de los Coeficientes k

Al igual que el método anterior sólo permite evaluar las condiciones de resistencia/estabilidad al fuego de un sector de incendio.

Método de Gretener

Es un método que permite evaluar cuantitativamente el riesgo de incendio, tanto en construcciones industriales como en establecimientos públicos densamente ocupados; siendo posiblemente el más conocido y aplicado en España.

Método de Gustav Purt

Este método puede considerarse una derivación simplificada del método de Max Gretener, y para el cálculo de sus coeficientes es recomendable disponer de las tablas del citado método que se encuentran traducidas al castellano en la Ordenanza de Prevención de Incendios del Ayuntamiento de Zaragoza.

2.3.- TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y HALLAZGOS EN LA INDUSTRIA.

No es necesario ser en experto en materia de seguridad industrial, para poder identificar los peligros potenciales en una empresa e iniciar un proceso sencillo de análisis de riesgos. Cada empresa e industria tiene particularidades, aún en empresas que son del mismo tipo y pertenecen a un mismo grupo o corporativo, es común encontrar discrepancias en la aplicación de las normas o políticas de seguridad industrial y condiciones físicas de seguridad.

En definitiva el identificar los peligros y riesgos de una empresa requiere el desarrollar habilidades y conocimientos específicos, entre mas práctica e investigación de temas técnicos se tenga, mejor se podrá hacer el trabajo y sacarle provecho.



Fig. 7

Inspección por proceso

Esta técnica consiste en la inspección ordenada de las diferentes áreas que ocupa el proceso productivo (Fig.7).

Ventajas:

- Una sola persona puede hacer el trabajo.

Desventajas

- Requiere conocimiento básicos del proceso, materiales y reacciones químicas posibles.
- Mayor tiempo de inspección.
- Mayor tiempo de informe.

Inspección en espiral

Esta técnica consiste en la observación del lugar de evaluación en forma de espiral concéntrica partiendo desde el acceso principal al lugar de la evaluación, hasta el centro de esta.

Ventajas:

- Permite una evaluación rápida del lugar.

Desventajas:

- En lugares donde existe compartimentación física de áreas, es necesario iniciar el espiral en cada área.

Inspección sectorizada

Esta técnica consiste en dividir en varias zonas un área, haciendo un cuadrículado sobre esta, a cada área se asigna un nombre (A1,A2,A3, etc.), de forma tal que los hallazgos se puedan referenciar a una de estas. (Fig. 8).

Ventajas:

- Permite una inspección mas detallada de las áreas de una empresa.
- Permite definir y ubicar físicamente los hallazgos.
- Permite dividir una empresa en varios sectores y asignar el trabajo entre varias personas.
- Permite la rotación de personas, evitando la ceguera de taller.



Fig. 8

Inspección en parrilla

Esta técnica consiste en la división del área en un emparrillado numérico, el cual se inspeccionara en forma de S, esta técnica es auxiliar a la técnica de sectorizada. Permite una observación detallada de las áreas evaluadas.

Ventajas:

Observación detallada de áreas.
Mayor número de hallazgos.
Requiere dos o más personas.

Desventajas:

Mayor tiempo de observación.

2.4.- SITUACIONES Y ACTIVIDADES DE PELIGRO DE INCENDIO EN LA INDUSTRIA.

Almacenes

- Almacenamiento de materiales combustibles bajo tableros eléctricos.
- Almacenamiento de materiales combustibles bajo luminarias.
- Almacenamiento conjunto de sustancias químicamente incompatibles. (Fig.9).
- Almacenamiento de solventes o inflamables con instalaciones eléctricas estándar.
- Falta de diques de contención de derrames.
- Falta de señalización de seguridad de las sustancias o materiales almacenados.
- Falta de conexión a tierra física de tanques de almacenamiento de sustancias combustibles o inflamables.
- Inestabilidad en estibas por mal acomodo.
- Falta de delimitación de áreas de paso y almacenamiento.
- Derrames de líquidos combustibles.



Fig. 9

Instalaciones eléctricas

- Contactos sobre saturados.
- Empalmes de cables eléctricos de diferentes tipos y calibres.
- Cables eléctricos fuera de conductos.
- Terminales eléctricas mal aisladas o flojas. (Fig.48)
- Instalaciones provisionales.
- Cables con añadiduras diversas.
- Tableros eléctricos expuestos.
- Almacenamiento de materiales diversos en cuartos eléctricos y subestaciones.
- Uso de instalaciones no adecuadas para intemperie.



Fig. 10

- Instalaciones eléctricas estándar en áreas de proceso donde existen polvos combustibles en suspensión o vapores inflamables.
- Conexiones a tierra física pintadas.
- Falta de conexión a tierra física de equipos eléctricos.
- Cables eléctricos con aislante carbonizado, roto o dañado.

Sistemas de control

- Falta de procedimientos de seguridad para operaciones de alto riesgo (corte, soldadura, espacios confinados, trabajos en alturas, trasvase de sustancias tóxicas, trasvase de inflamables, etc.).
- Falta de definición de trabajos de alto riesgo.
- No se siguen procedimientos de seguridad establecidos.
- Falta de control de fumadores. (Fig.49)
- Falta de control de actividades de contratistas en las áreas de trabajo.



Fig. 11

Sistemas contra incendios

- Extintores e hidrantes obstruidos. (Fig.50)
- Hidrantes y extintores en mal estado.
- Extintores e hidrantes mal ubicados (en el suelo). Alarmas desconectadas.
- Detectores dañados o desconectados.
- Bombas contra incendio desconectadas.
- Bombas de combustión interna sin combustible.
- Válvulas de paso cerradas o abiertas según sea el caso.
- Cuarto de bombas en medio de almacenes de combustibles.
- Insuficiencia de extintores
- Falta de programas de mantenimiento a extintores.



Fig. 12

3.- SECTORIZACION EN UN RECINTO INDUSTRIAL.

3.1.- *NORMATIVA VIGENTE*

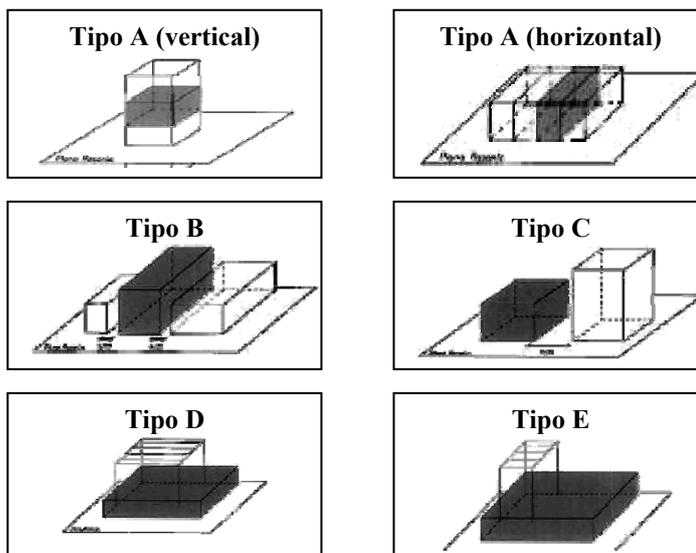
3.1.1.- REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.

Anexo 2. (Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco).

Sectorización de los establecimientos industriales.

Todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones siguientes:

Todo establecimiento industrial constituirá un área de incendio cuando adopte las configuraciones de **tipo D** o **tipo E**.



La distribución de los materiales combustibles en las áreas de incendio en configuraciones de tipo D y de tipo E deberán cumplir los siguientes requisitos: (Fig.)

1. Superficie máxima de cada pila: 500 m².
2. Volumen máximo de cada pila: 3500 m³.
3. Altura máxima de cada pila: 15 m.
4. Longitud máxima de cada pila:
 - 45 m si el pasillo entre pilas es > 2,5 m
 - 20 m si el pasillo entre pilas es > 1,5 m.



Fig. 13

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la tabla 1.

Riesgo intrínseco del sector incendio		Configuración del establecimiento		
		Tipo A m ²	Tipo B m ²	Tipo C m ²
Bajo:		(1) (2) (3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
	1	2.000	6.000	SIN LÍMITE
	2	1.000	4.000	6.000
Medio:		(1) (2) (3)	(2) (3)	(3) (4)
	3	500	3.500	5.000
	4	400	3.000	4.000
	5	300	2.500	3.500
Alto:			(3)	(3) (4)
	6		2.000	3.000
	7	No admitido	1.500	2.500
	8		No admitido	2.000

Tabla 1

Notas a la tabla 1:

- (1) Si el sector de incendio está situado en primer nivel bajo rasante de calle, la máxima superficie construida admisible es de 400 m², que puede incrementarse por aplicación de las notas (2) y (3)
- (2) Si la fachada accesible del establecimiento industrial es superior al 50 por ciento de su perímetro, las máximas superficies construidas admisibles, indicadas en la **tabla 2.1**, pueden multiplicarse por 1,25.
- (3) Cuando se instalen sistemas de rociadores automáticos de agua que no sean exigidos preceptivamente por este reglamento (**anexo III**), las máximas superficies construidas admisibles, indicadas en la tabla 2.1, pueden multiplicarse por 2. (Las notas (2) y (3) pueden aplicarse simultáneamente).
- (4) En configuraciones de **tipo C**, si la actividad lo requiere, el sector de incendios puede tener cualquier superficie, siempre que todo el sector cuente con una instalación fija automática de extinción y la distancia a límites de parcelas con posibilidad de edificar en ellas sea superior a 10 m.

- (5) Para establecimientos industriales de **tipo B**, de riesgo intrínseco BAJO 1, cuya única actividad sea el almacenamiento de *materiales de clase A* y en el que los materiales de construcción empleados, incluidos los revestimientos, sean de clase A en su totalidad, se podrá aumentar la superficie máxima permitida del sector de incendio hasta 10.000 m².

3.1.2.- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

El Código Técnico de la Edificación es un marco normativo que tiene el objetivo de garantizar los requisitos básicos de calidad tanto de los edificios como de sus instalaciones para asegurar la seguridad de las personas (tanto las que habitan los edificios como los que no), el bienestar de la sociedad, y la protección del medio ambiente.

El CTE se ha estructurado en dos partes bien diferenciadas: en la **Parte I** se fijan las disposiciones generales de aplicación del CTE, se enuncian las **Exigencias Básicas** de obligado cumplimiento para los edificios y se definen los tipos de proyectos y los documentos reconocidos, que adquirirán una gran importancia para fomentar la innovación en el sector de la construcción.

La **Parte II** está formada por los llamados **Documentos Básicos (DB)** y tiene un carácter instrumental en el que se ofrecen soluciones que cumplen las exigencias establecidas en la Parte I, si bien es cierto que no serán la única manera de cumplirlas.

Documentos Básicos:

1. DB-SI: Documento Básico de Seguridad contra Incendios.
2. DB-SU: Documento Básico de Seguridad de Utilización.
3. DB-HE: Documento Básico de Ahorro de Energía.
4. DB-HS: Documento Básico de Salubridad.
 - DB-SE AE: Acciones en la Edificación.
 - DB-SE A: Acero.
 - DB-SE C: Cimientos.
 - DB-SE F: Fábrica.
 - DB-SE M: Madera.
5. DB-HR: Documento Básico de Protección Contra el Ruido.
6. DB-SE: Documento Básico de Seguridad Estructural.
7. DB-HS: Documento Básico de Salubridad.
8. DB-HR: Documento Básico de Protección Contra el Ruido.

DB-SI: Documento Básico de Seguridad contra Incendios

Se trata de uno de los seis Documentos Básicos (DB) que forman el Código Técnico de la Edificación CTE. En el presente documento se especifican las exigencias básicas relativas a la seguridad en caso de incendio así como los valores mínimos de calidad y procedimientos cuyo cumplimiento asegura su satisfacción.

Ámbito de aplicación

No será de aplicación en edificios, establecimientos y zonas de uso industrial a los que les sea de aplicación el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, pues dicho reglamento es más restrictivo y asegura el cumplimiento de las exigencias enunciadas en el CTE.

Exigencias básicas:

SI 1 - Propagación interior

“Se limitará el riesgo de propagación del incendio por el interior del edificio”

Para cumplir con esta exigencia básica el DB:

- Propone medidas tales como compartimentar en sectores de incendio definiendo las superficies máximas de cada sector según los usos y la resistencia al fuego que deben cumplir los cerramientos que limitan el sector (paredes, techos, suelos, puertas, etc.) (Fig.14).

- Define los locales y las zonas de riesgo especial dentro de cada uso y las clasifica en tres niveles de riesgo (alto, mediano y bajo) y establece las condiciones que deben cumplirse.

- Regula los criterios que deben cumplir los espacios ocultos como los patios de servicio, cámaras, cielo rasos, suelos elevados, etc. y las condiciones de las instalaciones cuando atraviesan diferentes sectores de incendios. Especifica la resistencia al fuego que deben cumplir los cerramientos que delimitan los diferentes sectores de incendio.

Se entiende como resistencia al fuego la capacidad de un elemento de construcción para mantener durante un período de tiempo determinado la función estructural que le sea exigible, la integridad o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente.



Fig. 14

Clasificación de los materiales

La resistencia al fuego de los materiales se clasifica en:

- (R) (Resistance) Capacidad portante: Mantiene la función estructural
- (E) (Integrity) Integridad al fuego: Impide el paso de gases y llamas en la cara no expuesta.
- (I) (Insulation) Aislamiento: Mantiene la temperatura media en la cara no expuesta por debajo de los 140° C.

Clasificaciones más específicas:

- (W) Radiación
- (M) Acción mecánica
- (C) Cerramiento automático
- (S) Estanqueidad al paso del humo
- (P) o (HP) Continuidad de la alimentación eléctrica o de la transmisión de señal
- (G) Resistencia a la combustión de tiznes
- (K) Capacidad de protección contra incendios
- (D) Duración de la estabilidad a temperaturas constantes
- (DH) Duración de la estabilidad considerando la curva normalizada tiempo-temperatura
- (F) Funcionalidad de los extractores mecánicos de humo y calor
- (B) Funcionalidad de los extractores pasivos de humo y calor

Clasificación de la reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario.

- Combustibilidad
- Velocidad y cantidad de emisión de humo durante la combustión
- Caída de gotas o partículas inflamadas.

También identifica al material por su colocación final: en techos o paredes, en suelos y en cañerías.

Estas nuevas clases se clasifican según su combustibilidad en:

- A1 No combustible. Sin contribución en grado máximo al fuego
- A2 No combustible. Sin contribución en grado mínimo al fuego
- B Combustible. Contribución muy limitada al fuego
- C Combustible. Contribución limitada al fuego
- D Combustible. Contribución mediana al fuego
- E Combustible. Contribución alta al fuego
- F Sin clasificar.

SI 2 - Propagación exterior

“Se limitará el riesgo de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a otros edificios.

De la misma manera que en la CPI se establecen las distancias que deben cumplirse entre aberturas en medianeras, Fachadas, Cubiertas, tanto horizontal como verticalmente para evitar la transmisión por el exterior cuando pertenecen a sectores de incendio diferentes, también se prevé la reacción al fuego que deben cumplir las Fachadas Ventiladas para evitar la propagación al fuego por el interior.

SI 3 – Evacuación de ocupantes

“El edificio dispondrá de los medios de evacuación adecuados para que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad”

Obligación de instalar un sistema de control de humo de un incendio en aparcamientos cerrados, establecimientos comerciales, pública concurrencia en casos de más de 1000 personas y recintos con evacuación de más de 500 personas.

SI 4 - Instalaciones de protección contra incendios

“El edificio dispondrá de los equipos e instalaciones adecuados para hacer posible la detección, el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes.” (Fig.15)

El diseño, la ejecución de las instalaciones, la puesta en marcha y su mantenimiento, así como sus componentes y materiales deben cumplir el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

También reglamenta los diferentes tipos de instalaciones con las que corresponde dotar a los edificios y establecimientos en función de los usos y dimensiones: Extintores, BIE, Ascensor de emergencia, Detección automática de extinción, Hidrantes.

Igualmente define el tipo de señalización de las instalaciones manuales de protección en función de la distancia de visualización.



Fig. 15

SI 5 - Intervención de bomberos

“Se facilitará la intervención de los equipos de rescate y de extinción de incendios.”

Este apartado está básicamente destinado a la planificación de obra nueva, teniendo en cuenta que, en términos generales, es muy difícil de aplicar en núcleos consolidados.

- Regula las condiciones de aproximación a los edificios dimensionando la anchura, el gálibo y la capacidad de las calles.
- También regula el entorno de los edificios, especificando las dimensiones alrededor de los mismos para que puedan maniobrar los equipos de rescate, en especial camiones y escaleras.
- La accesibilidad al edificio también queda definida por la señalización de las dimensiones de las aberturas, el antepecho, las distancias horizontales y verticales entre accesos practicables y la prohibición de colocar elementos que dificulten la accesibilidad.

Como novedad, regula el acceso a los aparcamientos robotizados, con la exigencia de una vía protegida de acceso con extracción de humos.

SI 6 – Resistencia al fuego de la estructura.

“La estructura portante (Fig.54), mantendrá su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas.”

Establece la resistencia estructural al fuego (R) de los elementos principales y secundarios según su uso y la altura de evacuación.

Anexos

SI A-Terminología.

SI B-Tiempo de exposición al fuego.

SI C-R.F de las estructuras de H. Armado.

SI D- R.F de los elementos de Acero.

SI E- R.F de las estructuras de Madera.

SI F- R.F de las estructuras de Fábrica.

Marcado CE

En el artículo 5.2 de la parte primera del Código Técnico se hace una mención a la obligación de utilizar productos con marcado CE, que lo tengan establecido por medio de las normas armonizadas.



Fig. 16

3.2.- PROTECCION PASIVA

Podemos decir que la protección pasiva engloba todos aquellos elementos y soluciones que, desde la prevención, podemos adoptar para evitar o minimizar pérdidas, tanto humanas como materiales, en caso de incendio.

La Protección Pasiva contra el fuego tiene como fin articular los medios necesarios para:

- Prevenir el comienzo del incendio.
- Evitar su propagación.
- Favorecer su extinción.

Entre los objetivos de la protección pasiva destacamos:

- Asegurar la estabilidad del edificio.
- Compartimentar y sectorizar adecuadamente para impedir la propagación del fuego.
- Asegurar la evacuación de las personas.
- Reducir los efectos del fuego.
- Facilitar los trabajos de extinción.

Para una correcta Protección Pasiva contra el fuego, deben tenerse en cuenta unos condicionamientos básicos, tales como:

- Condicionantes urbanísticos o de entorno: ubicación del edificio, tipo de suelo, agua disponible, vegetación presente, edificios u otros elementos colindantes,
- Condicionantes arquitectónicos: tipología del edificio, volúmenes, accesibilidad a fachadas, cerramientos, sectorización del edificio, compartimentación, ventilación, evacuación, instalaciones de servicio y especiales.

- Condicionantes de acabado o interiorismo: pinturas, revestimientos, mobiliario, maquinaria, instalaciones, distribución, teniendo gran influencia en el origen y propagación del fuego.

Medios pasivos.

Los medios pasivos de protección contra el fuego se encuadran dentro de dos equipamientos inherentes a todo edificio o instalación:

- Los elementos estructurales
- Los medios de sectorización de incendios.

Compartimentación en sectores de incendio.

La compartimentación consiste en implantar una serie de elementos y dispositivos resistentes al fuego para delimitar y aislar espacios (sector de incendios) con la finalidad de evitar la propagación del fuego.

Al igual que la protección estructural, la compartimentación debe considerarse desde las actividades de diseño, teniendo en cuenta que la funcionalidad de las instalaciones no debe ser incompatible con evitar que el fuego se propague, tanto en los espacios de uso personal como a través de las canalizaciones (horizontales o verticales).

3.2.1.-PRODUCTOS UTILIZADOS EN COMPARTIMENTACIONES Y PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS.

Proyectados con lana de roca (Fig.17)

Forma parte de una nueva generación de morteros que aun siendo de composición cemento y lana de roca, han sido concebidos con una alta resistencia mecánica, al objeto de aportar una solución a los problemas de desplazamiento y formación de polvo. Además de sus cualidades como protección contra el fuego, aporta una excelente absorción acústica, y es un poderoso aislamiento térmico con magnificas propiedades anticondensación.



Fig. 17

Placas de fibrosilicatos (Fig.18)

Las placas están formadas por silicato, sometidas a autoclave y reforzadas con fibras especiales que hacen a las placas excepcionalmente estables ante el fuego y otras condiciones extremas.

El cálculo del espesor de placa necesario dependerá de la masividad del perfil, estabilidad al fuego necesaria y tablas de



Fig.55

ensayos del fabricante.

Fig. 18

Pintura intumescente (fig. 19)

Las pinturas intumescentes reaccionan bajo la acción del calor formando una espuma carbonizada que protege la estructura metálica, impidiendo que sobrepase los 500°C.

Puede alcanzar más de 50 veces su espesor de residuo seco. Existen fabricantes que para que según masividades alcanzan la EF 90.



Fig. 19

Paneles de lana de roca (Fig.20)

Los paneles se obtienen a partir de roca de origen volcánico (basalto), fundidas a alta temperatura. Una vez la roca fundida en horno es fibrada y encimada con resinas fenólicas, el colchón obtenido es comprimido y dimensionado de acuerdo con los Standard establecidos, suministrándose cortado.



Fig. 20.

3.2.2.- PROTECCIÓN EN COMPARTIMENTACIONES Y FORJADOS.

Según el RSCIEI, la estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante y escaleras que sean recorridos de evacuación no tendrán un valor inferior al indicado en la tabla 2.

Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes						
RIESGO INTRÍNSECO DE INCENDIO	CONFIGURACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO					
	TIPO A (M2)		TIPO B (M2)		TIPO C (M2)	
	PLANTA SÓTANO	PLANTA SOBRE RASANTE	PLANTA SÓTANO	PLANTA SOBRE RASANTE	PLANTA SÓTANO	PLANTA SOBRE RASANTE
BAJO	R120 (EF-120)	R90 (EF-90)	R90 (EF-90)	R60 (EF-60)	R60 (EF-60)	R30 (EF-30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R120 (EF-120)	R120 (EF-120)	R90 (EF-90)	R90 (EF-90)	R60 (EF-60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R180 (EF-180)	R120 (EF-120)	R120 (EF-120)	R90 (EF-90)

Tabla 2

Podrán adoptar los valores siguientes (Tabla .3), para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante, no utilizadas para la evacuación y que su fallo no ocasione daños graves a edificios o establecimientos próximos, ni

comprometan la estabilidad de otras plantas inferiores o de sectorización y si su riesgo intrínseco es medio o alto, y disponga de un sistema de extracción de humos.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO B	TIPO C
	SOBRE RASANTE	SOBRE RASANTE
BAJO	R60 (EF-60)	R30 (EF-30)
MEDIO	R90 (EF-90)	R60(EF-60)
ALTO	R120 (EF-120)	R90(EF-90)

Tabla 3

3.2.3.-PROTECCIÓN EN CONDUCTOS Y SELLADO DE PENETRACIONES. (FIG.21)

Según el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales los huecos, tanto horizontales como verticales, que comuniquen con un sector de incendio con un espacio exterior a el deben ser sellados de modo que mantengan una resistencia al fuego que no será menor de la resistencia al fuego del sector de incendio en los siguientes casos:



Compuertas de canalizaciones de aire de ventilación, calefacción o acondicionamiento de aire.

Sellados de orificios de paso de mazo o bandejas de cables eléctricos.

Sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos inflamables o combustibles.

Fig. 21

Cierres practicables de galerías de servicios comunicadas con el sector de incendios.

Compuertas o pantallas de cierre automático de huecos verticales de manutención descargable o tolvas o comunicación vertical de otro uso.

Compuertas cortafuego.

Cosiste en un dispositivo metálico que se acopla a los conductos de ventilación con el fin de impedir el paso del fuego y sus elementos de un sector de incendios a sus aledaños. (Fig.22). Las compuertas cortafuego deben funcionar automáticamente cuando la temperatura alcance 70° C, o cuando se produzca un incremento de más de 30° C sobre la temperatura de servicio, o bien, ante la presencia de humos en el conducto; admitirán maniobra manual, poseerán indicador exterior de posición y su funcionamiento quedará indicado de forma



visual y acústica en la central de detección, si esta existe, y si no, en un lugar fácilmente perceptible.

Fig.22

Vidrios resistentes al fuego. (Fig.23)

La rotura de los cristales durante el desarrollo del incendio proporcionará la entrada y suministro de abundante oxígeno a la combustión y, por consiguiente, el fuego se reactivará e intensificará.

Con la instalación de cristales cortafuego se impide la propagación del fuego (calor, llamas, gases y humo) durante un tiempo que variará en función de sus componentes, la intensidad del fuego, instalación, etc.

En función del tiempo, expresado en minutos, que soportarían el fuego, se pueden clasificar en: G-30, G-60, G-90 y G-120.



Fig. 23

3.2.4.- PUERTAS CORTAFUEGO. (FIG.24)

Este elemento representa una solución de continuidad a paredes y muros para conformar una completa compartimentación de espacios frente a la amenaza del fuego.

Consecuentemente se diseñan considerando los siguientes objetivos:

- Confinar el fuego en el sector de incendios impidiendo su propagación a los colindantes.
- Evitar que el paso de humos, gases y calor, tan dañinos tanto para las personas como para los bienes.
- Proteger, mantener libres de los elementos anteriores las vías de evacuación y salidas de emergencia.
- Resistir las altas temperaturas conservando su estructura.



Fig.24

La consecución de estas finalidades favorece la actuación de los medios de extinción (técnicos y humanos) a la vez que logramos reducir los daños materiales y el consiguiente coste en pérdidas.

Asimismo reseñamos la obligatoriedad, en unos, y la conveniencia de instalarlas en todo tipo de edificaciones y establecimientos susceptibles de generarse incendios: fábricas, hospitales, hoteles, edificio de oficinas, centros comerciales, teatros, etc.

Retenedores electromagnéticos.

Estos mecanismos se instalan para mantener las puertas cortafuegos abiertas por la tracción magnética creada entre una placa, solidaria con la puerta, y un electroimán

(fijado en el marco). Al detectarse un incendio se corta (manual o automáticamente) el suministro de corriente al imán, procediéndose al desbloqueo inmediato de la puerta para su cierre.

3.2.5.- EVACUACIÓN DE HUMOS. (FIG.25)

El humo generado en un incendio es el principal agente que provoca la muerte de personas debido a una serie de efectos consecuentes: dificulta o impide la visión de las vías de evacuación, desconcierta (desorientación y desesperación en los ocupantes) y, transcurrido un tiempo, el organismo no puede tolerar la concentración de gases y calor ambiental.

Por ello es de vital importancia impedir que el humo ocupe las instalaciones y sea extraído de inmediato. Estas operaciones se pueden realizar por dos métodos:

- Estáticamente: se emplean lucernarios, claraboyas, exutorios, compuertas, ventanas, etc, equipados de apertura manual o automática. Adecuados para instalaciones y naves industriales, edificios de una planta, espacios diáfanos (verticalmente), patios de escaleras, etc.
- Dinámicamente: se instalan ventiladores, campanas extractoras, aire acondicionado y otros sistemas de ventilación y aireación, siendo su aplicación más frecuente en edificios de varias plantas.



Fig.25

BIBLIOGRAFIA DEL MÓDULO 5

Manual de protección contra incendios. Editorial Mafre

NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios

www.fireinvestigation.blogspot

MODULO 6: ESTRATEGIAS Y TACTICAS DE EXTINCION Y SALVAMENTO EN EDIFICIOS INDUSTRIALES

Autor: Antonio J. Córdoba Mellado

Introducción.

10. Objetivos específicos.

11. Personas afectadas

11.1. Si tenemos visión y localización directa.

11.2. Si no tenemos visión y localización directa

11.3. Búsqueda.

12. Actividad industrial.

12.1. Productos implicados.

12.2. Otros elementos.

13. Tipo de construcción...

13.1. Muros de carga.

13.2. Estructura de pilares.

13.3. Estructuras metálicas.

13.4. Cerramientos.

13.5. Número de plantas.

14. Fases del incendio.

5.1. Afectando a un sector o zona.

5.2. Propagación generalizada.

6. Protección de bienes colindantes.

7. Condicionantes de la intervención.

7.1. Medios humanos y materiales

7.2. Disponibilidad de agua.

8. Fases de la extinción.

8.1. Evitar la propagación.

8.2. Dominar.

8.3. Controlar.

8.4. Extinguir.

8.5. Remate.

8.6. Reducción de daños.

8.7. Asegurar la zona.

INTRODUCCION

Las intervenciones en edificios industriales, son tremendamente complejas debido a la multitud de factores que pueden verse implicadas en este tipo de siniestros, tanto en la misma industria afectada como en los edificios o elementos colindantes, así como la variedad de combustibles que pueden verse involucrados y la posibilidad de que existan personas en peligro o ilocalizadas, por no tener una posición exacta o aproximada de su situación y la superficie a rastrear, normalmente bastante extensa por las dimensiones del inmueble implicado.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⇒ **Establecer las prioridades y las fases de la intervención.**
- ⇒ **Determinar las estrategias y tácticas de extinción.**

En este módulo vamos a identificar estos factores y determinar las prioridades en la intervención.

Estas prioridades, las decidiremos o bien durante el trayecto, en base a los datos obtenidos en el primer momento al recibir la llamada de auxilio en el Parque o durante el desplazamiento hacia el lugar, o en el momento de la llegada con la información obtenida por los responsables de la industria afectada (si se encuentran en el lugar) o con los datos conseguidos in situ.



Incendio de la Mecánica Ibense (Ibi)

2.- PERSONAS AFECTADAS

La primera prioridad en cualquier servicio en los que intervenimos los bomberos es el salvamento de personas, este factor será la prioridad de la intervención, y según la situación en que se encuentren las personas afectadas nos marcará la forma de realizar el salvamento.

2.1.- SI TENEMOS VISION Y LOCALIZACION DIRECTA

Si tenemos visión directa de la o las personas afectadas, (si se encuentran en una ventana, balcón, cubierta, etc.) deberemos de proceder a su rescate de inmediato, utilizando para ello o bien el vehículo de altura, (autobrazo, autoescalera) si se dispone de ellos o utilizando las escaleras tanto extensibles o de asalto que llevamos en los vehículos, también puede darse la situación de tener que realizar el rescate desde edificios colindantes, bien a través de ellos, o llegando hasta las personas afectadas desde estos edificios y bajarlos con nuestras cuerdas comandas y los arneses de salvamento (triángulo de recate) que llevamos en los vehículos.



Equipo de bomberos accediendo a la cubierta de una industria incendiada.

2.2.- SI NO TENEMOS VISION Y LOCALIZACION DIRECTA

Antes de iniciar la búsqueda debemos de intentar obtener por medio del responsable o trabajadores de la industria afectada, la zona probable donde debería encontrarse la persona a localizar, obteniendo la situación aproximada de su puesto de trabajo,

sección, etc. Así como la localización de los vestuarios, servicios, u otras posibles puertas o zonas de salida del inmueble.

Gran cantidad de víctimas en incendios industriales se producen por no salir rápidamente del edificio cuando se produce un siniestro, ocurriendo en muchísimos casos que estas personas pierden la vida o se ven inmersas en situaciones muy peligrosas por el hecho de acudir al vestuario, para recoger la ropa de calle, las llaves de su domicilio, o bien la cartera o efectos personales.

Si obtenemos esta información, ya tenemos las zonas prioritarias por donde iniciar la búsqueda, formando el equipo de rescate que deberá estar formado como mínimo por 3 miembros del servicio.

Para penetrar en una nave incendiada con el objetivo de realizar un rescate, debemos hacerlo apoyados con línea de 25mm en carga (esta línea la utilizaremos como protección del equipo de rescate, o para reducir temporalmente la intensidad del fuego en alguna zona concreta por donde debemos pasar, así como de guía para regresar al punto de partida (hay que descartar el uso de cuerda guía, en un incendio industrial totalmente extendido, la cuerda no resistiría la potencia de fuego) que es el acceso del equipo de rescate, intentar realizar esta búsqueda con línea de 45 mm que por supuesto nos daría más protección es inviable, pues el tener que desplazar el mangaje de este diámetro por una nave industrial con los obstáculos y elementos que encontraremos (combustibles, estanterías, elementos de compartimentación, etc.) así como la posible necesidad de tener que subir o bajar por escaleras del inmueble, haría excesivamente complejo y agotador este trabajo.

2.3.- BUSQUEDA

Para realizar esta búsqueda 2 miembros del servicio (como mínimo) entrarán en la edificación con la línea en carga y unidos a ella por medio de un cabo de anclaje, mosquetón, etc., mientras que el otro bombero desde la puerta suministra o recoge manguera según las necesidades del equipo que penetra en el edificio, manteniendo siempre la línea tensa para evitar que se formen bucles que podrían confundir a los rescatadores.

Los 2 rescatadores deben realizar la búsqueda equipados con capuchón de rescate, para en caso de localizar a la víctima poder colocárselo y sacarla al exterior respirando esta el aire del E.R.A. de uno de los rescatadores.

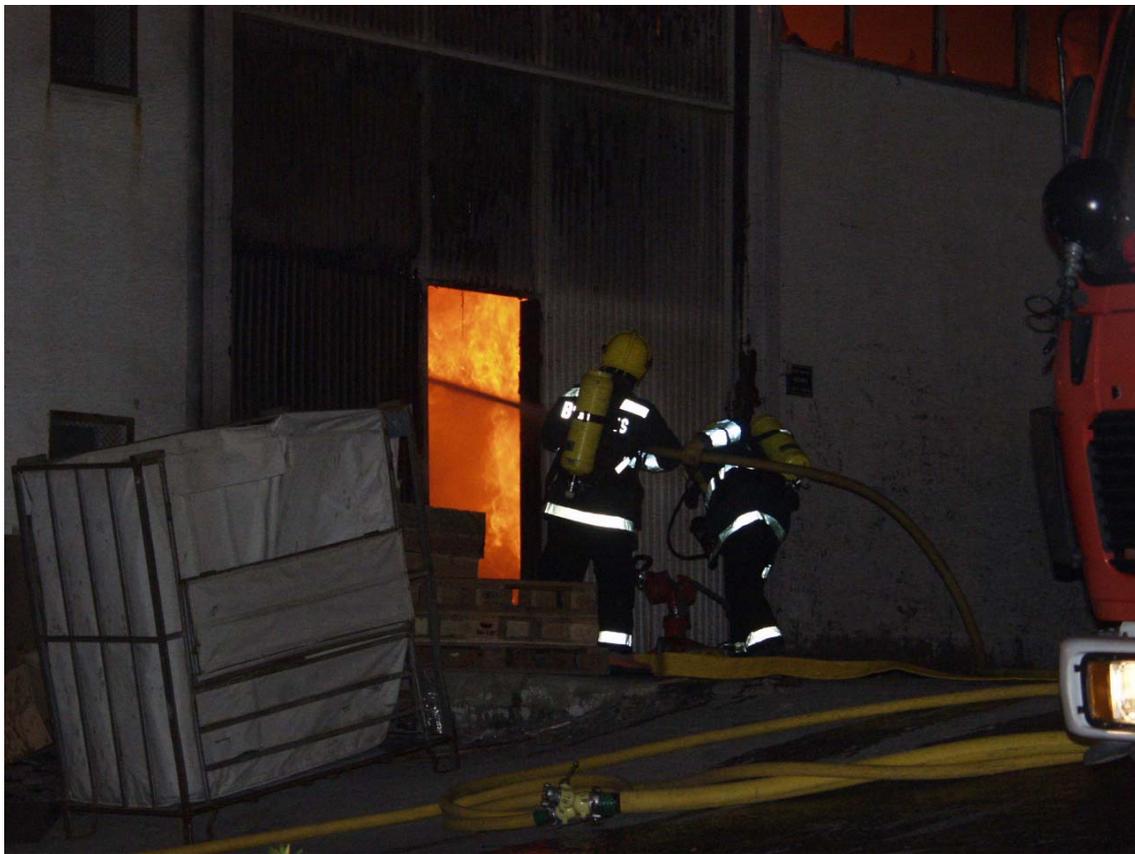
Si la víctima puede valerse por si misma es indiferente que rescatador le coloca el capuchón de rescate, pero si hemos de sacar a la persona arrastrándola o cargando con ella, le deberemos colocar el capuchón del bombero que va a ejercer como guía del equipo de rescate, y no del bombero que deba cargar o arrastrar a la víctima, pues hemos de tener en cuenta que el consumo de aire de este bombero será mucho mayor, debido al esfuerzo de transportar a la víctima, por lo tanto el bombero que le coloque su capuchón de rescate sólo debe actuar como guía del grupo pues aunque realice menor esfuerzo y por lo tanto menor consumo de aire, hemos de tener en cuenta que son 2 las personas que comparten el E.R.A.

Si no obtuviéramos información concreta de la situación de la persona afectada, debemos iniciar la búsqueda a partir de las entradas al edificio, cubriendo en principio

una distancia de unos 10 metros aproximadamente, hacia el interior, pues por experiencia la mayoría de las personas quedan en esta zona en su intento de salir del edificio, poniendo especial hincapié en buscar debajo de materiales caídos, falsos techos, materia de la propia industria, etc., que pueda cubrir el cuerpo de la persona buscada.

De cualquier forma debemos de tener en cuenta que iniciar un rastreo en una nave industrial, que por lo general sus dimensiones son bastante amplias, sin alguna información como referente es una tarea muy compleja y que normalmente casi nunca tiene resultados positivos.

Esta será la última opción en caso de no obtener ninguna información y la realizaremos manteniendo la prudencia debido a lo complejo de esta situación.



Equipo de rescate accediendo al interior de la industria para efectuar la búsqueda de una víctima

3.- ACTIVIDAD INDUSTRIAL

La siguiente prioridad sobre la información a obtener, será el tipo de industria afectada, textil, papel, construcción de maquinaria, industria de plásticos, industria química, almacenes varios, etc., así como los materiales que existan en la misma además de los propios de la actividad predominante, para a partir de ahí prever los equipos y elementos que podemos necesitar para hacer frente al siniestro.

Estos datos nos harán solicitar por ejemplo trajes de protección química, espumógenos adecuados a los tipos de combustible, etc. así como nos determinarán las necesidades de agua u otro tipo de agente extintor para afrontar el siniestro (en un incendio de una industria textil por ejemplo, necesitaremos más aporte de agua y de humectante que en una industria de construcción de maquinaria, donde normalmente el combustible predominante, será más el material para embalaje del producto terminado que el material utilizado por la actividad principal de la industria).



Interior de industria textil afectada parcialmente por un incendio.

3.1.- PRODUCTOS IMPLICADOS:

Otra serie de materiales inflamables que solemos encontrar en este tipo de siniestros, suelen ser pinturas y disolventes, que se suelen utilizar como complemento a la actividad industrial principal, debemos pedir información sobre su posible presencia y cantidad, lo que dependiendo de esa cantidad nos hará definir estos elementos como un riesgo a controlar o prácticamente a despreciarlo si la cantidad fuese muy pequeña, o si su almacenamiento estuviese alejado del foco del siniestro.



Almacén anexo con otro tipo de materiales a los principales de la actividad.

También hemos de tener en cuenta que muchas zonas industriales se encuentran cerca de núcleos de población o pueden que las circunstancias atmosféricas desplacen el humo y gases del incendio hacia estas zonas, lo que puede provocar alarma por miedo a la posible toxicidad de estos productos, debemos informarnos de este hecho y comunicarlo a las autoridades competentes para que procedan a la evacuación o confinamiento de estas personas según el caso.

3.2-. OTROS ELEMENTOS:

También hemos de contar como combustibles implicados algunas de las fuentes de energía para el funcionamiento de la actividad industrial, que pueden convertirse en combustibles a sumar al propio de la actividad o a controlar estos elementos como un riesgo añadido a la intervención.

Debemos pedir información sobre la existencia de depósitos de fuel-oil ó gas-oil, para tenerlos localizados y si es posible cerrar la llave de suministro principal a partir de esos depósitos, también puede darse el caso de que por su situación puedan convertirse en un riesgo añadido, por la proximidad con el foco de incendio o estar siendo afectado por el mismo, y por lo tanto necesitar de nuestra atención o la necesidad dependiendo de la situación de mantener refrigerados estos depósitos, así como prever los posibles derrames, que podrían inflamarse y propagarnos el incendio a otras zonas inicialmente no afectadas.

Cada vez encontramos más actividades industriales donde la fuente de energía para su funcionamiento es el gas natural o bien canalizado, o bien en depósitos fijos de la propia industria, si se trata de depósitos el tratamiento sería idéntico al que realizaríamos con depósitos de gas-oil ó fuel-oil, pero teniendo en cuenta la más fácil inflamabilidad del gas y de la mayor necesidad de refrigeración de estos depósitos, pues al ser gas el riesgo de explosión es mucho mayor.

Pero si se tratase de gas canalizado, hemos de cerrar inmediatamente la llave de paso general que se encuentra en el exterior del recinto, con lo cual eliminamos ese aporte de combustible y el riesgo, pero sin olvidar que el gas que se encuentre entre la llave de paso y el que ya exista dentro de la tubería hasta el punto de consumo puede ser un aporte de combustible más o menos importante dependiendo del diámetro, presión de uso y longitud de la instalación.



Llave de gas principal para servicio de la industria.

Otro elemento importantísimo a tener en cuenta es la presencia de tensión eléctrica, que en el interior de la industria no debería causar problemas (normalmente son instalaciones de corriente trifásica 380 voltios) ya que con la acción del fuego deberían funcionar los elementos de protección (magnetotérmicos y diferenciales) de todas formas el jefe de intervención debe cerciorarse que estos elementos han realizado su función y no existe corriente eléctrica en el interior de la industria afectada.

Sí que suponen un riesgo altísimo cuando se ven afectados transformadores de alta tensión que se pueden encontrar dentro de la misma industria o colindantes a ella, así como las líneas aéreas que puedan discurrir por encima de la construcción o muy cerca de ella, y si las dotaciones no están advertidas o no se han percatado de este riesgo pueden desviar accidentalmente los chorros de agua sobre estas instalaciones sufriendo una descarga eléctrica.

Cuando se trate de transformadores o líneas de alta tensión, hemos de advertir a todos los miembros de la dotación de esta circunstancia y solicitar inmediatamente a la compañía eléctrica el corte del suministro eléctrico de la zona afectada, y una vez confirmado ese corte del suministro, informaremos a las dotaciones de esta situación para que todo el personal tenga conocimiento de la nueva situación respecto a este riesgo.

Dejaremos claramente indicado a los responsables de la compañía eléctrica que este suministro no se debe reanudar hasta que el jefe de la intervención no de su conformidad para ello, pues no son pocas las ocasiones en incendios en polígonos industriales que el resto de empresas de la zona, que no están afectadas directamente por el siniestro, solicitan e incluso presionan a estas compañías eléctricas para conseguir la reanudación del suministro para poder proseguir su actividad.



Líneas de alta próximas a construcciones.

4.- TIPO DE CONSTRUCCION

En edificios industriales podemos encontrar cualquier tipo o combinación de sistemas constructivos.

4.1.- MUROS DE CARGA: Que pueden ser de fabrica de ladrillo, de piedra sillar, de revoltón en las más antiguas, y combinados con forjados de madera, metálicos, de hormigón pretensado, prefabricados, e incluso con forjados mixtos (vigas metálicas y viguetas de hormigón).



Edificio de muros de carga combinado con pilares y forjados de vigueta metálica y hormigón.

4.2.- ESTRUCTURA DE PILARES: De ladrillo, de sillares, metálicos, de hormigón armado, e incluso prefabricados, y combinados con todo tipo de forjados.



Estructura de pilares, con un forjado metálico, y el superior de hormigón pretensado.

4.3.- ESTRUCTURAS METÁLICAS: con pilares y vigas metálicas, pero con forjados o bien también metálicos o con viguetas de hormigón y bovedillas forjados in situ, o también con forjados prefabricados.



Estructura metálica totalmente colapsada.

4.4.- CERRAMIENTO:

Los cerramientos pueden ser de varios tipos, siendo los más comunes los realizados con bloques de hormigón, pero también con fábrica de ladrillo, placas metálicas, bien en su totalidad o con un zócalo más o menos elevado de ladrillo o bloques y el resto con placas metálicas, así como con muros de hormigón armado prefabricado, muy en común en la actualidad debido a la rapidez en su construcción.



Aunque hayamos comentado los variados sistemas constructivos que podemos encontrar, hemos de tener en cuenta que la industria ha podido sufrir reformas o ampliaciones, con lo cual podemos encontrar en una misma fábrica diferentes tipos de sistemas de construcción conviviendo incluso solidariamente entre ellos, y por supuesto comportándose de forma distinta ante la acción del fuego.

Según el tipo de construcción su comportamiento será diferente ante la acción del fuego, otro dato a tener en cuenta es el tipo de cubierta que nos encontremos, y dependiendo de cual sea este tipo el incendio se comportará de una forma u otra, según el caso, estos factores los ampliaremos en otro capítulo del tema.

4.5.- NUMERO DE PLANTAS

Pero centrándonos en la estrategia y tácticas a seguir, un factor que debemos valorar es el número de plantas de la actividad industrial, y sobre todo en que planta o plantas se está produciendo el incendio, pues si se trata de un edificio de varias plantas hemos de considerar la necesidad de vehículos de altura, para poder atacar el siniestro que en muchas ocasiones sólo podremos hacerlo a través de las ventanas, y en muchos casos para lanzar agua directamente al fuego sólo podemos hacerlo desde el vehículo de altura.

Cuando se trate de un edificio de varias plantas hemos de tener en cuenta que en muchas ocasiones colapsan antes los forjados que los muros perimetrales, sobre todo dependiendo del tipo de estructura del edificio, por lo tanto hemos de tener muy clara la

evolución probable de la estructura, antes de penetrar con las dotaciones al interior del edificio.

Cuando nos enfrentemos a un incendio industrial de varias plantas, hemos de informarnos (por datos obtenidos, o por visión directa) de la cantidad aproximada de materia presente en las diferentes plantas, para valorar el peso que está soportando ese forjado, pues con la acción del fuego esos elementos estructurales se van a ir debilitando, pero además hemos de tener en cuenta un factor importantísimo para calcular la estabilidad estructural, y es el agua que vamos a proyectar sobre el incendio, pues cada litro de agua que lancemos será 1 Kg. que cargaremos sobre la estructura (este calculo no es real, pues gran cantidad de agua se evapora al absorber el calor del incendio, y otra parte se pierde por escorrentía, pero no debemos olvidar este factor de sobrecarga) y además cuando hablamos de combustibles que puedan absorber el agua (textil, papel, madera, etc.) estos multiplican su peso, por lo tanto provocamos un aumento considerable de la carga que soporta la estructura del edificio.



5.- FASES DEL INCENDIO

Con los datos obtenidos en las fases anteriores existe un factor que determinará nuestra forma de afrontar el siniestro, y este será la fase en que se encuentre el mismo.

5.1.- AFECTANDO A UN SECTOR O ZONA

Cuando el incendio se encuentre todavía en una zona o sección y no se ha producido la propagación por la mayor parte de la industria, debemos efectuar un ataque directo y potente sobre la zona afectada, para evitar que la potencia de fuego aumente, lo que podría propiciar la propagación a todo el edificio, por lo tanto y equipados con E.R.A. y preparando relevos realizaremos este ataque potente, directo y continuo.

Cuando estemos realizando este tipo de ataque, no debemos cegarnos solamente con la zona que en principio hemos definido como afectada (visión de túnel), pues el mando de la dotación debe realizar un reconocimiento exhaustivo de toda la industria , ya que

en muchas ocasiones se producen propagaciones a zonas alejadas por falsos techos (en muchos casos las divisiones interiores de las industrias solo llegan hasta el falso techo siendo diáfanos por la parte superior, propagando el incendio a zonas alejadas al punto de origen del fuego) e incluso inflamarse estos falsos techos debido a las pequeñas partículas de polvo y restos acumuladas en estos lugares.

También hay que tener en cuenta la propagación por conductos de ventilación que pueden trasladar pavesas a plantas superiores u otras máquinas (sobre todo en el caso de la industria textil) sorprendiéndonos el incendio en otra zona , incluso detrás nuestro, dificultándonos e incluso bloqueando las vías de escape.

Una vez verificado que no existen otros focos de fuego, procederemos al control del siniestro, y siempre que sea posible procuraremos sacar al exterior la materia afectada y terminar la extinción en el exterior para no añadir más daños por la cantidad de agua utilizada.



Zona de máquinas afectada por un incendio de sector.

5.2.- PROPAGACION GENERALIZADA

Cuando a la llegada al siniestro encontramos esta situación, nuestros esfuerzos han de centrarse en evitar que los daños se extiendan, por lo tanto la actuación se centrará en acotar la zona siniestrada, para ello hemos de aprovechar las compartimentaciones que puedan existir en el edificio, y si existen apoyarnos en puertas cortafuegos, o elementos constructivos, distribuyendo las líneas de mangueras de forma que rodeemos la zona afectada, para contener la propagación.



Puerta cortafuego vista por el interior.



La misma puerta por la parte del incendio.

Debemos utilizar el agua, en principio solamente sobre el perímetro del incendio (sobre todo si tenemos problemas de abastecimiento) para reducir la radiación por el calor y evitar que se inflamen los combustibles colindantes.

Una vez que hayamos conseguido detener esa propagación, y estemos seguros del acotamiento del fuego, empezaremos a lanzar agua sobre los combustibles incendiados e iremos realizando la extinción total del incendio.

6.- PROTECCION DE BIENES COLINDANTES

Cuando a la llegada al siniestro la totalidad del local afectado se encuentre en llamas, entonces la actuación se centrará en proteger los edificios o bienes colindantes, debemos aprovechar los posibles pasillos que existan entre las diferentes construcciones, para ahí colocar monitores o con líneas de agua manejadas por los bomberos refrigerar las naves no afectadas y contener el incendio.

Cuando nos enfrentamos a este tipo de siniestros hemos de tener en cuenta que vamos a necesitar de un período de tiempo prolongado para terminar este tipo de intervenciones, por lo cual hemos de solicitar que se preparen relevos de personal y pedir repuesto de materiales fungibles (botellas de aire comprimido, espumógenos, y en muchas ocasiones avituallamiento para el personal interviniente) pues estos siniestros en ocasiones requieren de varios días de intervención hasta poder dar el siniestro como terminado por parte de la actuación de los bomberos.



Utilización del pasillo para evitar la propagación refrigerando la fachada de la nave no afectada

Incluso en incendios de gran potencia nos podemos ver obligados a vaciar o alejar los combustibles de naves cercanas de las zonas más próximas al incendio, podemos valernos de los toritos y transpales de las propias empresa para hacer esta operación más rápida y cómoda.



Materia retirada del interior de una nave colindante para evitar la propagación.

Hemos de prestar especial atención, a los huecos que puedan existir en las paredes de la naves próximas tales como ventanas, puertas o elementos de ventilación, ya que estos huecos presentan menor resistencia al fuego, y además la mayoría suelen ser metálicos, con lo cual es relativamente fácil que permitan o provoquen la inflamación de los combustibles existentes en estos edificios anexos, por lo tanto habrá que comprobar desde el interior el estado de los edificios colindantes y sus combustibles, pero por supuesto la primera medida será la refrigeración de estas paredes afectadas por la radiación del incendio.

También hemos de tener en cuenta que en caso de desplome de los muros de los edificios siniestrados, la caída de estos muros pueden afectar a los edificios colindantes, sobre todo si la distancia entre ellos nos es muy grande y destruir o debilitar estas paredes permitiendo la acción del fuego en las naves en principio no afectadas.



Desplome de muros de fachada con peligro de propagación por radiación.

En ocasiones las zonas industriales, se encuentran cerca de zonas con combustibles vegetales (matorral , zonas de árboles, e incluso forestales) y el incendio en principio industrial, puede propagarse al exterior y convertirse en otro siniestro, en este caso forestal, (con lo que nos encontramos con dos siniestros simultáneos) debemos proteger estas zonas , o bien con dotaciones de bomberos, si disponemos de ellas o solicitando el apoyo de brigadas forestales, que defenderían estas zonas para evitar la posibilidad de que se iniciara un incendio forestal (debemos tener en cuenta que las pavesas y brasas por la acción del viento pueden provocar un incendio forestal o de matorral a cierta distancia dependiendo de la velocidad y dirección del viento en esos momentos).

7.- CONDICIONANTES DE LA INTERVENCION

7.1.- MEDIOS HUMANOS Y MATERIALES

Dependiendo de los medios disponibles habremos de priorizar las medidas a tomar, diferenciaremos estos medios en humanos y materiales y estudiaremos como nos afectan.

Dependiendo de los efectivos con los que contemos, podremos o no realizar varias acciones simultáneas, si los medios son reducidos, nuestra actuación se centrará en evitar la propagación del incendio y esperar que vaya reduciendo su potencia de fuego poco a poco, para después ir realizando las siguientes acciones con las posibilidades del personal disponible.

Si por el contrario disponemos de unas buenas dotaciones de personal y vehículos, podremos realizar varias acciones simultáneas, lo que nos permitirá atacar el incendio de forma más potente e incluso si hay poca disponibilidad de agua en la zona organizar una noria de abastecimiento de agua con varios vehículos lo que nos permitirá lanzar más agente extintor sobre el incendio y reducir los daños que este pudiera causar así como reducir el tiempo de la intervención.

Cuando dispongamos de varias dotaciones en un incendio de envergadura, debemos sectorizar las comunicaciones entre los distintos sectores de incendio, para clarificar estas comunicaciones, no saturando los canales de trabajo y evitando confusiones a la hora de solicitar o retirar algún elemento entre los diferentes sectores de incendio.

Para asignar estos canales de trabajo puede servir como regla nemotécnica, asignar canales impares a los sectores situados en el flanco izquierdo del incendio y canales pares en la zona derecha del incendio.(Podemos tomar como referencia la situación del P.M.A. o la entrada principal de la industria etc.)

El disponer de suficientes medios nos puede permitir incluso realizar un ataque desde la vertical con un vehículo de altura si la cubierta ha colapsado así como disponer de vehículos y equipos especiales y por supuesto poder manejarlos de forma simultánea.



Utilización de líneas de mangueras y autobrazo de forma simultánea para control del incendio.

Cuando dispongamos de poco personal deberemos y rotando a las unidades entre las diferentes zonas del incendio, no manteniendo siempre al mismo personal en los sectores donde las condiciones de trabajo sean más penosas o agotadoras.

7.2.- DISPONIBILIDAD DE AGUA

Si tenemos suficiente aporte de agua, esto será un problema menos que añadir a los que solemos tener en este tipo de intervenciones.

Cuando el aporte de agua sea limitado, deberemos priorizar y racionalizar este consumo.

Si disponemos de suficientes vehículos y personal, organizaremos una noria de abastecimiento, y deberemos decidir, dependiendo del flujo del suministro que vehículos deberán realizar el desplazamiento, pues no siempre nos interesará que sean las nodrizas quienes lo realicen.

Si la cadencia de abastecimiento es corta deben ser las nodrizas las que lo realicen, pues da tiempo a que el vehículo regrese con el agua antes de que se agote el tanque de los urbanos, que además van mejor dotados de material, por si fuese necesario algún elemento.

Pero si la cadencia es larga es interesante que sean los urbanos (sobre todo si hay más de uno) los que realicen este cometido, pues descargan en las nodrizas y regresan rápidamente a por más abastecimiento, podemos tener el problema de necesitar algún material, pero esto deberemos valorarlo in situ y dependiendo de las circunstancias.

Si tenemos poca disponibilidad de agua, también nos condiciona la cantidad de líneas de que podremos realizar, por lo tanto deberemos priorizar estas líneas y extender solamente las que sean estrictamente necesarias en ese momento y circunstancias de la intervención, para reducir los daños o propagación del incendio.

Otro tema en relación con el consumo de agua en los incendios es la regulación de caudales (si nuestras lanzas pueden realizar esta función) pues no es necesario en ocasiones que líneas de un mismo diámetro estén consumiendo la misma cantidad de litros por minuto.

Las líneas de ataque directo al incendio deben ajustar sus caudales a la potencia de fuego con la que se están enfrentando en ese momento (líneas de 45mm. por ejemplo pueden ir desde 125 hasta 425 l/m. según modelos de lanza) pero líneas cuya misión es la de refrigerar por ejemplo paredes medianeras, pueden estar lanzando agua a los caudales mínimos que nos permitan las lanzas pues a lo mejor no es necesario más aporte de agua. (Todos hemos visto refrigerar paredes y resbalar el agua tal y como llega a la pared pues no es necesaria tanta cantidad para la radiación que están recibiendo)

Esto nos permite que en caso de un aporte de agua al incendio limitado, no nos quedemos en ningún momento sin agua e incluso poder realizar alguna línea de agua suplementaria con el agua que estamos ahorrando, por ejemplo 2 líneas de 45 mm. de refrigeración que en lugar de estar consumiendo cada una 375 litros / minuto estén

consumiendo 150 litros minuto cada una de ellas nos permite realizar otra línea de ataque de 425 litros minuto con el mismo consumo de agua.

8.- FASES DE LA EXTINCION

En este último apartado vamos a comentar las fases de la extinción del incendio desde el inicio hasta la finalización del mismo.

8.1.- EVITAR LAPROPAGACION

Como ya hemos comentado anteriormente al primer objetivo será evitar la propagación del incendio bien dentro del mismo recinto o a recintos o edificios colindantes.

Esto lo conseguiremos por medios de un ataque directo, refrigerando paredes medianeras, retirando elementos combustibles y controlando la posible propagación a través de conductos, falsos techos, pavesas, radiación o conducción a través de los elementos metálicos presentes tanto en la estructura del edificio o en la propia maquinaria presente.



Ataque con líneas desde el interior y control del perímetro de forma simultánea.

8.2.-DOMINAR EL INCENDIO

Esto lo lograremos reduciendo la intensidad del incendio lo que nos permitirá pasar a la siguiente fase.

8.3.- CONTROLAR EL INCENDIO

En esta fase lo que haremos será seleccionar las acciones a realizar, empezaremos a extinguir algunas zonas, incluso dejaremos que otras se consuman por si mismas, para ir dejando el incendio prácticamente sin potencia.

8.4.- EXTINGUIR

En esta fase vamos a liquidar las llamas, y aquí empezamos a utilizar aditivos de extinción normalmente humectantes, que permiten reducir la tensión superficial del agua y que esta penetre más y mejor dentro de los combustibles, para evitar reigniciones del mismo.



Ataque directo al interior, una vez evitada la propagación a bienes colindantes.

8.5.- REMATE

Esta labor es conveniente realizarla con líneas de 25 mm pues lo que vamos a hacer es movernos por entre los combustibles incendiados e ir rematando zonas que no han podido ser atacadas directamente por las líneas de agua y quedan ocultas a los chorros de las lanzas, se trata de ir removiendo ciertos montones de materia, e ir extinguiendo los rincones donde no hemos podido llegar en un principio, para asegurar la extinción y evitar una reignición.



Remate de rescoldos desde el interior con utilización de humectante.

8.6.- REDUCCION DE DAÑOS

Los trabajos se centrarán en retirar materiales o equipos de la misma empresa o colindantes que pudieran verse afectados por la acción del agua de extinción, o retirada de bienes o documentación, ordenadores, etc., necesarios para la o las empresas, o conducción de agua de extinción hacia zonas donde su acción no afecte ningún valor.

En resumen minimizar los daños del siniestro.

8.7.- ASEGURAR LA ZONA

En esta fase nos dedicaremos a repasar toda la zona del siniestro para que cuando retiremos el servicio la zona circundante al siniestro quede segura.

Sanaremos las fachadas o elementos que puedan presentar algún riesgo, verificaremos que líneas eléctricas o de teléfono afectadas no puedan desprenderse con posterioridad a nuestra retirada, o verificaremos e informaremos a la compañía responsable de postes que presenten un debilitamiento o daños por la acción del incendio.

En resumen aseguraremos el entorno del incendio.



Recogida de material una vez finalizada la extinción.

BIBLIOGRAFÍA DEL MÓDULO 6

Sacada de las intervenciones y de la propia e experiencia personal.

*Fotografías de siniestros ocurridos en el Área Operativa de la Montaña
(Consortio Provincial de Bomberos de Alicante)*

MÓDULO 7: VENTILACIÓN.

Autor: Cristóbal Crespo Urbano

VENTILACIÓN

Introducción

1. Objetivos específicos.
2. La ventilación de humos.
 - 2.1. Ventajas e inconvenientes de la ventilación.
 - 2.2. Aspectos que determinan la ventilación.
 - 2.3. Reglas básicas para una correcta ventilación.
3. Métodos de ventilación.
 - 3.1. Ventilación natural.
 - 3.2. Ventilación forzada.
4. Tipos de ventilación.
 - 4.1. Ventilación vertical.
 - 4.2. Ventilación horizontal.
4. Técnicas de ventilación.
 - 5.1. Ventilación asistida hidráulicamente.
 - 5.2. Ventilación forzada por presión negativa.
 - 5.3. Ventilación forzada por presión positiva.
6. Ventilación de edificios de varias alturas.
7. Conclusiones.

VENTILACIÓN

INTRODUCCIÓN

Cuando se declara un incendio, uno de los principales problemas con los que se topan los equipos de bomberos es la falta de ventilación en los espacios siniestrados. La acumulación de humos no sólo dificulta el rastreo para la localización del foco del incendio, sino que también retrasa la localización de las víctimas.

En este tema vamos a estudiar el comportamiento del humo durante un incendio, los fenómenos que se producen y las consecuencias de los mismos. Así mismo estudiaremos los problemas específicos que plantea la ventilación en los incendios y como solucionarlos para conseguir que las tareas de extinción sean más rápidas eficaces y seguras, con el consiguiente beneficio para los bomberos y los ocupantes del edificio.

La utilización de lo que se ha dado en llamar ventilación táctica, esto es, la ventilación de los humos y productos de la combustión realizada por una dotación de bomberos utilizando alguna de las técnicas existentes, se ha ido implantando en los últimos años, no sin ciertas críticas al estar en contradicción con el principio tradicional de no suministrar oxígeno al fuego. Ahora bien superado el escepticismo inicial y una vez comprobadas las grandes ventajas que supone, el proceso de implantación se ha acelerado notablemente.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⇒ **Conocer los métodos y tipos de ventilación.**
- ⇒ **Analizar las técnicas de la ventilación por presión positiva.**
- ⇒ **Conocer y ejecutar por parte de los alumnos las diferentes tácticas y técnicas de ventilación, su utilización y adecuación a cada caso.**
- ⇒ **Comprobar los beneficios de la adecuada ventilación en las tareas de extinción y salvamento.**

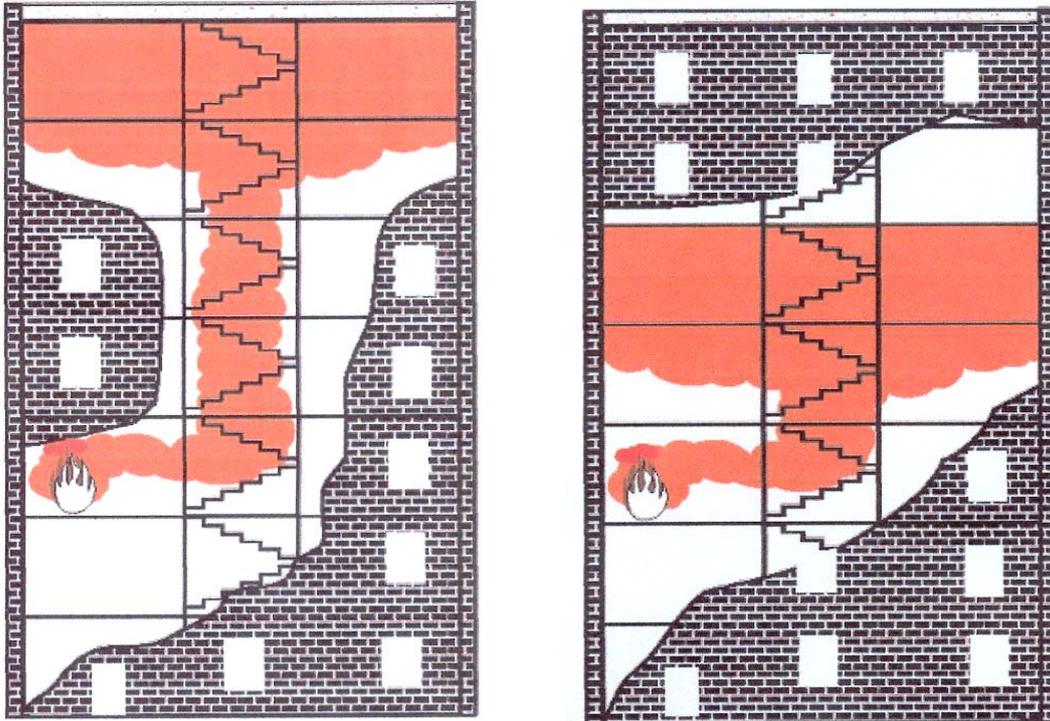
2.- LA VENTILACIÓN DE HUMOS

La ventilación, en terminología de extinción de incendios, es la acción de reemplazar el aire caliente, humo y otros contaminantes productos de la combustión por aire fresco.

Habremos observado, en nuestro trabajo de bomberos, que cuando un fuego se ventila bien, el aire fresco que penetra desde el exterior aviva las llamas, esto puede hacernos pensar que, en el ataque a un incendio debemos evitar ante todo el aporte de aire fresco al mismo. Pero la realidad es que una ventilación adecuada y bien realizada supone mayores ventajas para los equipos de extinción.

Cuando se produce un incendio en un recinto cerrado o parcialmente cerrado, la diferencia de densidades entre los gases fríos y los calientes origina un movimiento vertical del humo hacia las partes altas del local. Estos humos y gases calientes que ocupan la parte superior generan una sobrepresión e irán descendiendo a medida que se generen más humos por el propio incendio. Por debajo tendremos una zona de menor

presión, donde no hay humo manteniéndose la visibilidad y una menor temperatura. A esta situación se la conoce como **equilibrio térmico o estratificación térmica**.



Los trabajos de los equipos de bomberos como el rescate de víctimas, localización del foco del incendio, rastreos en zonas inundadas de humo, serán menos dificultosos y más seguros, eficaces y rápidos si conseguimos elevar el plano neutro, procurando que la zona de baja presión sea lo más alta posible.

Esto podremos conseguirlo mediante la ventilación, introduciendo aire fresco desde el exterior hacia las zonas inundadas de humo, o bien sacando aire caliente desde la parte alta del local incendiado hacia el exterior. El resultado de una u otra operación, o de la combinación de ambas será la elevación del plano neutro.

El éxito de una operación de ventilación depende de que se apliquen correctamente las técnicas adecuadas. Para ello serán necesarias formación y práctica. Una ventilación mal realizada puede empeorar las consecuencias de un incendio, pero bien realizada supondrá un éxito considerable.

2.1.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA VENTILACIÓN

La evacuación o desplazamiento del humo, calor y gases de la combustión a tiempo, presenta las siguientes ventajas:

- Mayor visibilidad para los ocupantes y los equipos de rescate.
- Descenso de la temperatura interior en la zona afectada.
- Reducción o eliminación de muchos de los productos de la combustión.
- Hace más seguras las condiciones para los bomberos, ya que se reduce el riesgo de producción de un flash-over o de un backdraft.

- Posibilidad de efectuar los rescates, la localización del foco y la inspección en un tiempo menor.
- Se reducen los daños a la propiedad al controlarse antes el fuego.
- Canaliza hacia el exterior el vapor de agua generado por la extinción reduciendo el estrés térmico de los bomberos y el riesgo de sufrir quemaduras.

Los inconvenientes o desventajas que presenta la ventilación durante la extinción del incendio son:

- El suministro de aire fresco alimentará el fuego y esto avivará momentáneamente las llamas.
- Desplazamiento del humo, calor y gases tóxicos a estancias no afectadas.
- El fuego puede propagarse por los huecos practicados para la ventilación.

Estos inconvenientes o peligros que plantea la ventilación se pueden neutralizar si adoptamos una serie de medidas previas a la decisión de ventilar:

- Antes de ventilar debe tenerse en cuenta la extensión del incendio y su localización.
- Proteger las zonas de salida de un previsible avance del fuego.
- Se debe considerar y valorar el riesgo de un potencial backdraft.
- Elegir el momento y lugar adecuados para la ventilación, en función de: características constructivas del edificio, localización y extensión del fuego, dirección y fuerza del viento.

Todas estas consideraciones deberá realizarlas el jefe de la intervención. No hay una regla fija sobre cuando y donde se debe de realizar la ventilación. Habrá que estudiar cada situación y sus circunstancias. En ocasiones puede ser conveniente una ventilación simultánea a la extinción, en otros casos sólo podrá realizarse una vez extinguido el fuego y en otras situaciones no será posible realizarla.

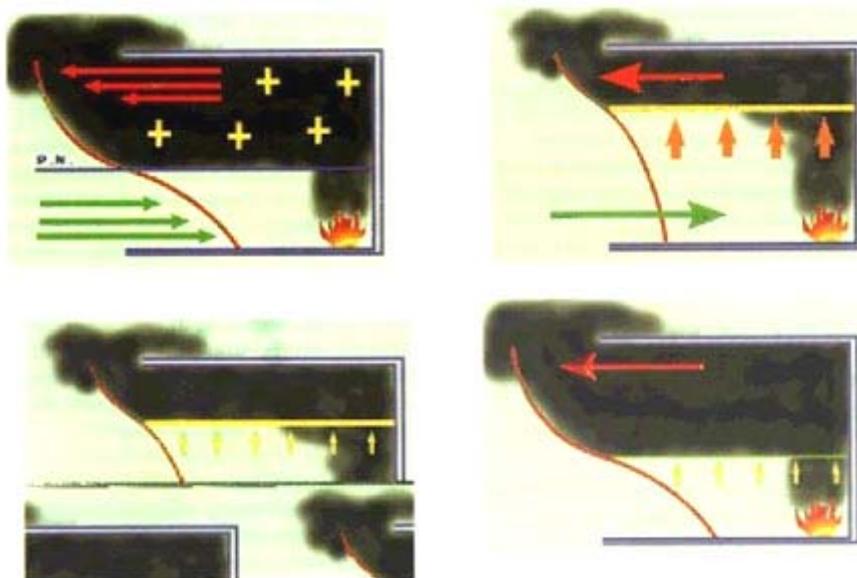
Lo que habrá que considerar siempre, en primer lugar, será que la ventilación en ese momento no va a comprometer la seguridad de los bomberos y de los ocupantes del edificio.

2.2.- ASPECTOS QUE DETERMINAN LA VENTILACIÓN

- La disponibilidad de aberturas naturales, tales como tragaluces, conductos de ventilación y entradas de azotea.
- La ubicación del incendio y la dirección en donde se quiere que el humo sea impulsado.
- El tipo de construcción.
- La dirección del viento.
- La extensión del progreso del incendio y la condición del edificio y su contenido.

Por encima del plano neutro, hay una sobre presión que provoca la salida de gases y humos calientes, mientras que por debajo del plano neutro, existe una depresión que origina la entrada de aire fresco del exterior.

Metiendo aire fresco desde el exterior aumentamos la presión del local adyacente al incendiado, obligando a una elevación del plano neutro. Sacando aire caliente desde la parte alta del local incendiado también disminuimos la sobre presión de la zona alta, elevando el plano neutro.



2.3.- REGLAS BÁSICAS PARA UNA CORRECTA VENTILACIÓN

Sólo la experiencia nos proporcionará la capacidad de distinguir cuando existe la necesidad de ventilar, el mejor lugar por donde hacerlo y el tipo de ventilación a utilizar. Ahora bien existe una serie de reglas, válidas para cualquiera de los métodos de ventilación y que debemos respetar:

- La ventilación y el ataque interior deben realizarse de modo coordinado y bajo el mando de una misma persona.
- Antes de abrir huecos de ventilación se debe evaluar la seguridad para las personas en el interior del edificio.
- Tan pronto se haya practicado la apertura de ventilación se debe llegar hasta el foco del incendio y extinguirlo.
- Antes de ventilar debe tenerse en cuenta la extensión del incendio y su localización.
- Las aberturas de salida de humo para ventilación deben realizarse en el punto más alto posible y lo más cerca posible de la localización del fuego.
- Cuando el humo retroceda hacia dentro por una pequeña abertura o se note un efecto pulsante no se debe iniciar la ventilación, ya que eso son síntomas de un backdraft.
- Una ventilación establecida no debe perturbarse.
- Los bomberos no deben intentar manejar sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado de los edificios durante el incendio, ya que debido a la variedad y complejidad de los mismos, su actuación puede suponer un agravamiento de las condiciones

3.- MÉTODOS DE VENTILACIÓN

Existen dos métodos de ventilación que se pueden emplear con éxito para lograr los objetivos de la ventilación: La ventilación natural y la ventilación forzada. La

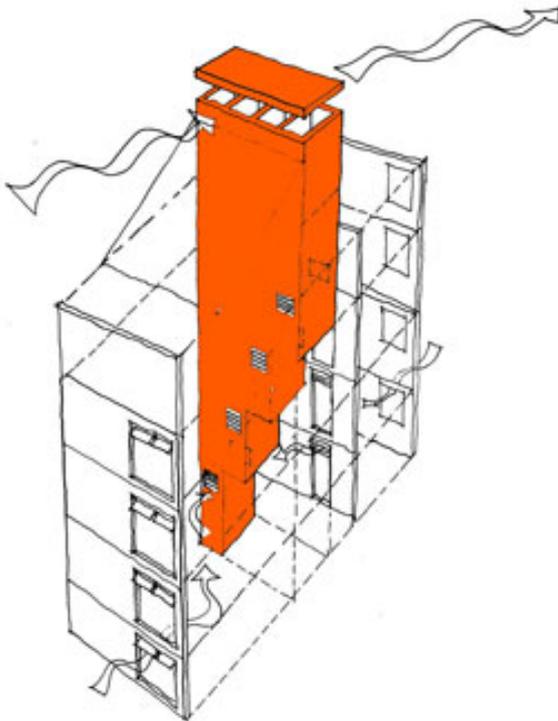
ventilación natural está indicada para edificios de una planta. Mientras que para edificios de varias plantas, es necesaria la ventilación forzada por medios mecánicos.

3.1.- VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural consiste en aprovechar las corrientes de convección natural que genera el incendio. Se aplican las leyes básicas de la física para el proceso de ventilación.

Como hemos visto, el calor desprendido por el fuego provoca la elevación del aire, humo y gases calientes, debido a su menor densidad, y su aumento de volumen, con el consiguiente aumento de presión. Por el contrario los gases fríos tenderán a descender y ocupar las zonas bajas donde habrá menor presión.

La abertura de huecos en la parte inferior provocará la entrada de aire fresco y los huecos practicados en la parte superior permitirán la salida de humos y gases calientes. Las corrientes de aire provocadas por este fenómeno, denominadas “tiro térmico”, nos van a permitir ventilar el recinto.



Para la aplicación de este método de ventilación es importante tener en cuenta la dirección y velocidad del viento. Los huecos para la entrada de aire tendremos que practicarlos en la fachada de barlovento, esto es, aquel sobre la que incide el viento, y los huecos para la salida de humo en la de sotavento, es decir, la que queda a resguardo del viento.

Además la fuerza del viento utilizada a nuestro favor aumentará el efecto de tiro consiguiendo una más rápida y mejor ventilación. En general, aunque se pueden conseguir unos resultados satisfactorios con este método de ventilación, su eficacia se ve condicionada en gran medida por los siguientes factores:

- Proximidad de las aberturas de ventilación a los lugares donde se encuentren los contaminantes.
- Existencia de obstáculos que dificulten el recorrido de los contaminantes hacia las aberturas.
- Situación de las aberturas con respecto a la dirección del viento.
- Factores climatológicos: la ausencia de viento, la humedad y las bajas temperaturas dificultan el desarrollo de las corrientes de convección naturales.

3.2.- VENTILACIÓN FORZADA

Consiste en la ventilación utilizando aparatos mecánicos, extractores o ventiladores, que permiten mover grandes volúmenes de aire, acelerando con ello la eliminación de humo y contaminantes.



Los efectos de la ventilación forzada o mecánica son superiores a los de la ventilación natural, permitiendo un mayor control del movimiento de los humos. Podemos dirigir el movimiento de los humos a través del edificio superando los efectos que la humedad, viento y temperatura tienen sobre la ventilación natural.

Además al conseguir una más rápida y completa ventilación se reducirán los daños producidos por el humo. Dado que la introducción de aire en tan grandes volúmenes puede intensificar y propagar el fuego, los bomberos deben conocer perfectamente las técnicas de aplicación.

4.- TIPOS DE VENTILACIÓN

A continuación vamos a ver las diferentes técnicas que podemos emplear para la ventilación de un recinto que contiene o ha contenido un incendio. En algunas ocasiones emplearemos sólo una de ellas y en otras dos o más simultáneamente.

4.1.- VENTILACIÓN VERTICAL

Como ya hemos mencionado la ventilación más efectiva la conseguiremos practicando una abertura justo encima del foco del incendio. La corriente convectiva rápidamente arrastrará el humo fuera del recinto.

Esta técnica de ventilación es especialmente efectiva en edificios de una sola planta, almacenes y naves industriales. No hay una regla para seleccionar el punto exacto donde debe abrirse el techo para ventilar, sino que debe hacerse tan directamente por encima del foco como sea posible.

Antes de que los bomberos suban al tejado para abrirlo, debe efectuarse una evaluación de la estabilidad de la construcción afectada.



Pero la decisión a adoptar es simple: si el tejado es demasiado inestable para que los bomberos trabajen encima de él, entonces es también peligroso para los que trabajen debajo de él y deben salir fuera del edificio.

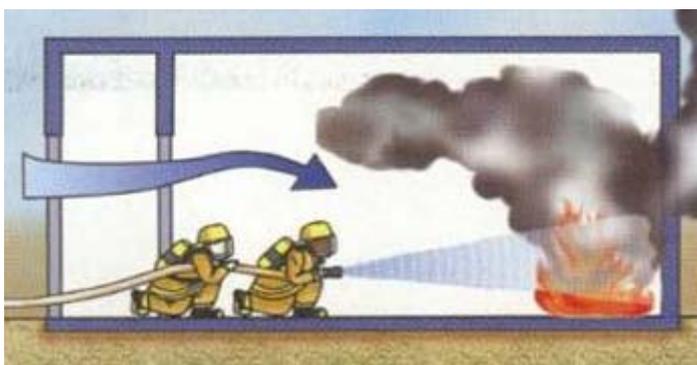
Si es peligroso trabajar encima del tejado, debe considerarse la posibilidad de hacerlo desde un auto escala. Es importante contemplar una serie de precauciones a la hora de realizar las aberturas para la ventilación vertical:

- Siempre que sea posible se utilizarán las aberturas naturales del techo.
- Practicar un hueco grande en vez de varios pequeños.
- Precaución al realizar la abertura de modo que los soportes principales no sean cortados o debilitados.
- Trabajar con el viento a la espalda o de lado.
- Caminar por el tejado a lo largo de soportes estructurales. Para localizarlos golpear el techo (entre dos vigas sonará hueco, al acercarse a un soporte sonará sordo).
- En techos debilitados una escalera puesta sobre él ayudará a distribuir el peso sobre un área mayor.
- Adoptar las medidas de seguridad precisas para evitar caídas (escaleras, cuerdas, etc).
- Se debe trabajar con equipo de protección completo, incluido el equipo de respiración autónomo.

Como regla general, la abertura de evacuación de gases no debe usarse como zona de ataque. Esto impediría la salida de los mismos, proyectándolos además contra los bomberos que estén trabajando en el interior.

4.2.- VENTILACIÓN HORIZONTAL

Tendremos que optar por una ventilación horizontal en aquellos casos en que no es posible o conveniente utilizar una ventilación vertical. Consiste en la ventilación del recinto o edificio aprovechando las aberturas en las paredes, tales como puertas y ventanas.



En esta técnica de ventilación hay que prestar especial atención a la fuerza y dirección del viento. Cuando no hay viento la ventilación horizontal es menos efectiva ya que no contamos con su fuerza, necesaria para sacar el humo.

En otras circunstancias la ventilación horizontal no puede llevarse a cabo debido al peligro que supone el viento soplando hacia una dependencia u objeto propenso a incendiarse.

Como la ventilación horizontal no libera el calor y humo directamente por encima del incendio, es necesario canalizarla. Las vías por las cuales el humo y los gases calientes viajan hacia la salida son de suma importancia y las deberemos tener en cuenta, evitando que sean los mismos corredores o pasillos que los usuarios del edificio usarán

para evacuación. Además también tendremos que tener en cuenta las zonas que pueden resultar afectadas por esta ventilación, tanto en el interior como en el exterior (aleros, voladizos, pisos superiores) del edificio.

De igual modo que en las demás técnicas de ventilación, excepto en el caso de que sea necesario realizar un rescate, una estructura incendiada no debe abrirse hasta que estemos preparados con las líneas de mangueras en carga en la zona de entrada (lado de barlovento) y en las demás zonas que sea necesario proteger.

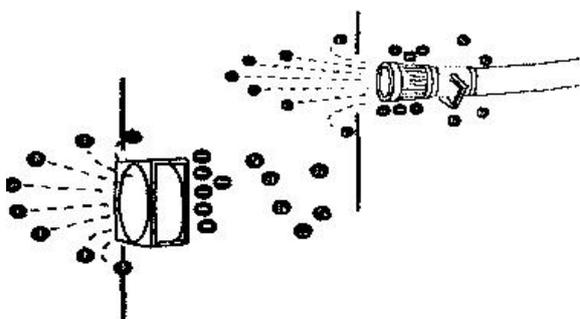
Como en el caso de la ventilación vertical, no se deberá proyectar agua hacia el interior a través de las aberturas para evacuación de humos. Si es necesario proteger las zonas de salida de humos, ante el peligro de una propagación del incendio por el exterior, lo haremos proyectando el agua tangencialmente a la fachada. Esto puede incrementar incluso el nivel de ventilación.

5.- TÉCNICAS DE VENTILACIÓN

Existen tres técnicas de ventilación forzada aunque la más utilizada y efectiva es la ventilación forzada por presión positiva.

5.1.- VENTILACIÓN ASISTIDA HIDRÁULICAMENTE

Se realiza lanzando agua desde el interior al exterior del recinto inundado de humo. El chorro de agua provocará unas corrientes de succión (por efecto venturi) a su paso, que arrastrarán al humo y contaminantes hacia el exterior.



Para realizar la ventilación hidráulica se proyectará el agua pulverizada con un cono de entre 30° y 60° y de tal forma que cubra entre el 80 y 90% de la abertura por la cual se expulsa el humo. La lanza deberá emplazarse a una distancia de entre 0'5 y 3 m de la abertura.

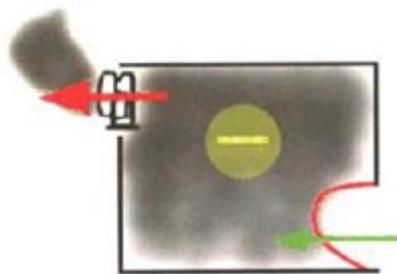
A falta de otro medio, la ventilación hidráulica puede aumentar sensiblemente la velocidad de extracción de los humos y además puede complementar también la ventilación realizada utilizando otros métodos.

Ahora bien este método de fortuna presenta algunos inconvenientes:

- Se pueden incrementar los daños por agua dentro del edificio.
- El agua lanzada al exterior puede generar allí problemas secundarios.
- El bombero que realiza la ventilación debe permanecer dentro del recinto a ventilar soportando una atmósfera caliente y contaminada. Se debe de llevar equipo de protección personal completo incluido el equipo de protección respiratorio.

5.2.- VENTILACIÓN FORZADA POR PRESIÓN NEGATIVA

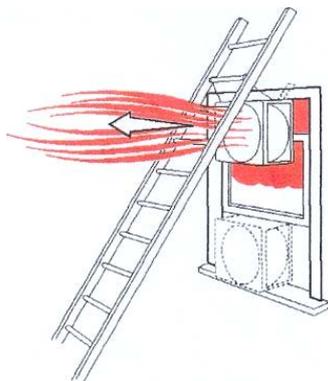
Técnica de ventilación en la que se usan extractores con el fin de generar una presión, en el interior del recinto, ligeramente inferior a la atmosférica (depresión), provocando que los contaminantes del interior sean arrastrados a través del extractor.



El extractor se colocará en un hueco, puerta, ventana, etc, preferiblemente en la parte superior, que es la zona de sobrepresión donde se acumula el humo, aire caliente y gases. Lejos del punto de extracción se abrirá una entrada que permita el paso de aire fresco que reemplazará el aire contaminado dentro de la estructura.

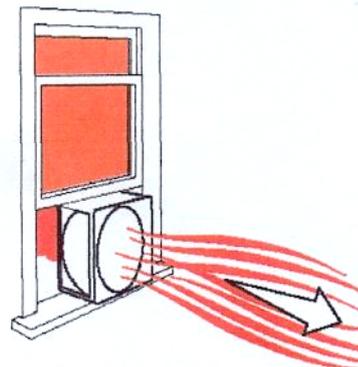
Para mejorar su efectividad el extractor debe colocarse de modo que trabaje en la misma dirección que el viento. Aunque los resultados que se consiguen con esta técnica de ventilación son satisfactorios, presenta una serie de inconvenientes:

- Los bomberos están expuestos a los contaminantes mientras colocan el extractor.
- Los contaminantes pasan a través del equipo, lo que obliga a su limpieza y mantenimiento.
- Para una correcta ventilación es necesario frecuentemente colocar el extractor en lugares elevados, siendo necesario utilizar cuerdas, escaleras u otros elementos que entorpecen el paso y dificultan las operaciones.
- Debido a que se obtienen mejores resultados si el aire circula estableciendo una línea recta desde el exterior hacia el extractor, el flujo de aire es escaso en las zonas alejadas de esta línea resultando difícil su correcta ventilación.
- Para que el extractor proporcione el rendimiento correcto hay que evitar la recirculación del aire en la abertura de salida. En caso contrario, el extractor volverá a aspirar el aire que ha lanzado al exterior, creando turbulencias. El desconocimiento de este problema es la principal razón por la que se acusa a los extractores de ineficacia.



Para evitar las turbulencias el hueco debe estar lo más ajustado posible al extractor. Si es mucho más grande, hay que cubrir la zona alrededor del extractor con mantas u otro material. Es importante también elegir el lugar de ventilación de tal modo que la corriente de aire sea lo más recta posible.

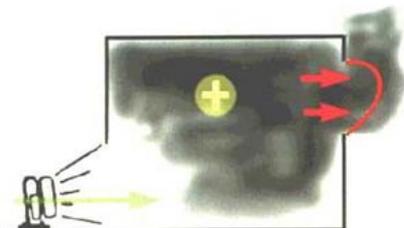
Las esquinas crean turbulencias y disminuyen la eficacia. También producirá turbulencias la abertura de puertas y ventanas cerca del extractor, así como los obstáculos que encuentre la corriente de aire.



Ningún bombero deberá situarse en el hueco de entrada, ni en el camino de la ventilación, para evitar este problema.

5.3.- VENTILACIÓN FORZADA POR PRESIÓN POSITIVA

La ventilación por presión positiva, en adelante VPP, se consigue proyectando aire en el interior del compartimiento con el objeto de aumentar la presión interna en relación a la presión atmosférica exterior.



Cuando se abre un punto de salida, puerta, ventana, etc, el humo y contaminantes de todas las zonas de la estructura son forzados a ir hacia aquel punto.

Para proyectar el aire se utilizan ventiladores de grandes volúmenes colocados fuera de la estructura afectada. Pueden ser accionados por motores eléctricos, de gasolina, o mediante una turbina hidráulica movida por el agua impulsada por un vehículo autobomba.

Comparándola con la ventilación por presión negativa, o extracción, la ventilación por presión positiva ofrece las siguientes ventajas:

- Es más efectiva que la extracción.
- Durante su instalación el personal no se expone a los contaminantes.
- La limpieza y el mantenimiento del ventilador se reducen, al no ser atravesado por los productos evacuados.
- No se necesita ningún tipo de accesorio para su instalación.
- Fuerza los contaminantes de todas las partes de la estructura, ventilando zonas apartadas del flujo principal de aire.

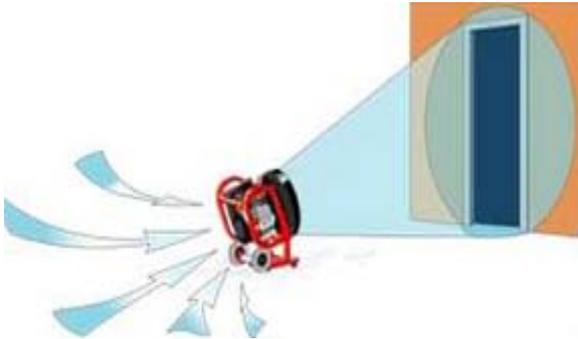


Colocación del ventilador.

En cuanto a la colocación del ventilador, aún cuando el mayor volumen de aire introducido en el recinto se consigue colocando el aparato bajo el pórtico de entrada, es más conveniente utilizar la técnica del sellado, es decir colocar el ventilador a la distancia necesaria de la puerta, para que el cono de aire selle todo el orificio de entrada. Parte del caudal se perderá contra el exterior de la puerta pero se obtienen otros beneficios:

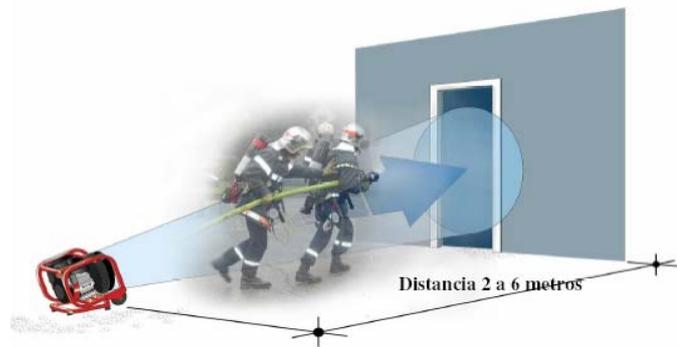
- El ventilador no obstaculiza el acceso o evacuación del recinto.

- La turbulencia producida en el primer compartimiento es mucho menor.
- Se evita la salida de humo por la parte superior de la misma puerta.

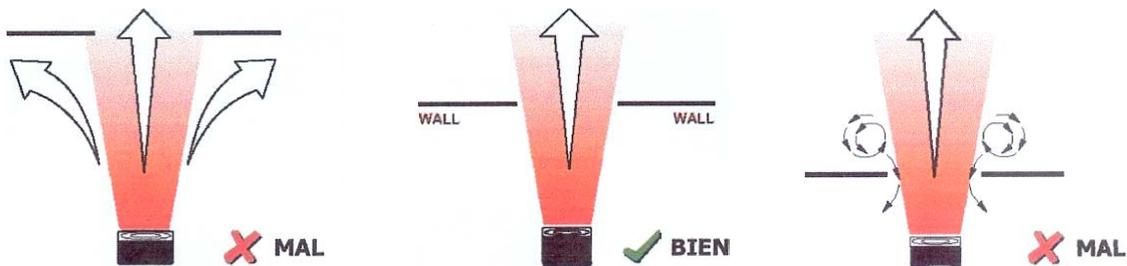


Como regla general, el sellado se consigue colocando el ventilador a una distancia de la entrada aproximadamente igual a la mayor dimensión de ésta. Cuando mayor sea la abertura, más retirado deberá colocarse el ventilador. Cuando no se pueda cubrir toda la entrada con un ventilador se tratará de reducir el área de la misma o utilizar varios ventiladores.

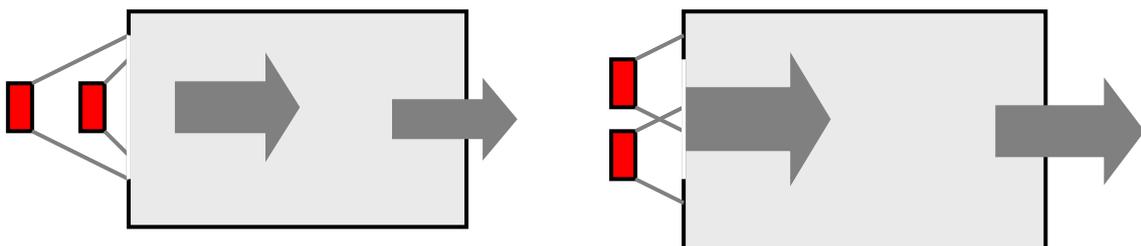
Cuando la abertura de entrada sea demasiado grande podremos conseguir el sellado colocando dos ventiladores, uno al lado del otro, o bien uno detrás del otro. En este último caso, se coloca un ventilador más alejado para cubrir todo el hueco y un segundo ventilador más próximo a la puerta y dentro del cono de aire producido por el primero.



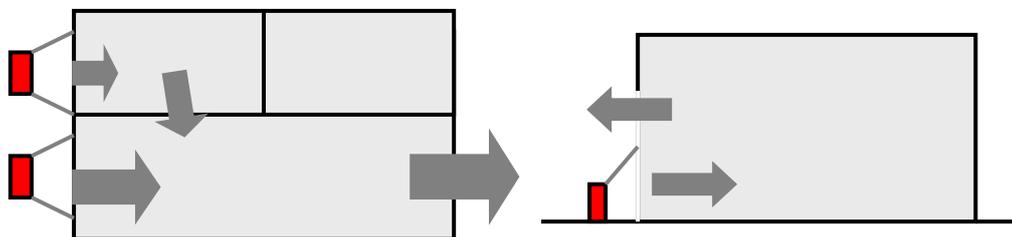
Aunque el chorro de aire del primero se debilita, el segundo sin embargo ve incrementado su rendimiento en un 10 % y fuerza más aire dentro del recinto.



Si los ventiladores fuesen de diferente tamaño la mayor eficacia la conseguiríamos colocando el pequeño detrás y el grande delante. De esta forma aprovechamos en su totalidad el mayor volumen de aire desplazado por el ventilador grande y con el pequeño sellamos el hueco.



Si por el contrario la abertura de entrada fuese demasiado pequeña pueden utilizarse simultáneamente dos ventiladores situados en aberturas distintas, de modo que actúen como ventiladores en paralelo.



Un caso especial se da cuando se trate de una habitación que sólo tenga una salida, por ejemplo una habitación sin ventanas. Lo que haremos en este caso será acercar el ventilador a la puerta de modo que el cono de aire no la selle completamente. De este modo el humo saldrá por la parte superior de la puerta no cubierta por el cono de aire.

Para evitar la recirculación del humo puede colocarse un segundo ventilador formando un ángulo de 90° con la abertura de entrada de modo que empuje el humo alejándolo de la zona de succión del primer ventilador.

La VPP en fuegos de sótanos.

Los fuegos en sótanos presentan una dificultad añadida para los equipos de bomberos porque el camino de entrada al recinto suele coincidir con la salida de humos calientes. Este es un caso en que la VPP debidamente empleada puede ser muy útil.

Si existe posibilidad de practicar una abertura para la salida de humos, al aplicar la VPP los humos dejarán de salir por las escaleras de bajada al sótano, siendo forzados hacia la abertura de salida y la temperatura descenderá notablemente en las escaleras, permitiendo un rápido y seguro acceso de los bomberos.

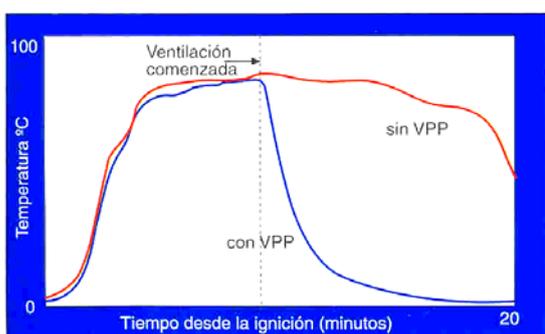


Fig. 1

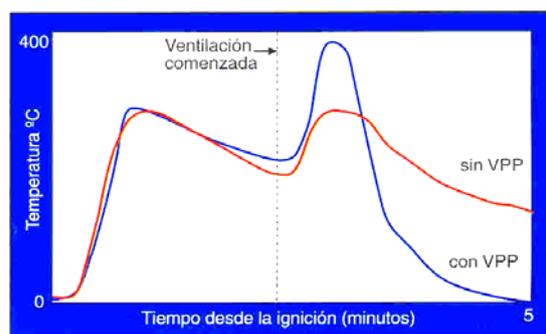


Fig. 2

Fig.1 Influencia de la ventilación en FUEGOS DE SÓTANO sobre la temperatura a 1 m de altura en escalera

Fig.2 Influencia de la ventilación en la temperatura a 1,2 m del suelo en un FUEGO DOMÉSTICO.

Si no se puede asegurar un orificio adecuado de salida de gases habrá que valorar la situación. Una vez superadas las escaleras de bajada, por las que están saliendo los humos y en las que existe una elevada temperatura, es probable que en el suelo del sótano se den unas condiciones de temperatura y visibilidad que permitan el trabajo de

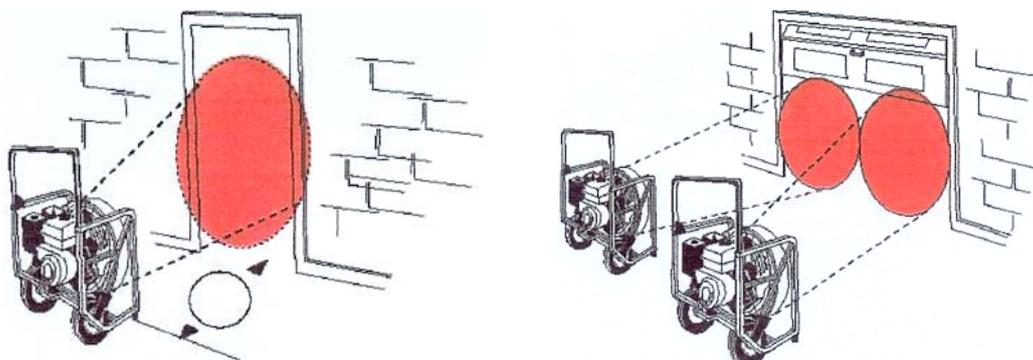
los bomberos. La corriente de aire entrante creará una turbulencia que romperá el equilibrio térmico en el interior del sótano.

Si los bomberos entran una vez se ha iniciado la ventilación no será mayor problema porque las condiciones aún con turbulencia serán más o menos estables o con tendencia a mejorar. Pero si en el momento de iniciar la ventilación hay equipos de bomberos en el interior que fundamentan su avance en el equilibrio de las capas de aire, las condiciones de temperatura y visibilidad pueden cambiar fatalmente como consecuencia de la ventilación forzada.

Dimensiones de las aberturas.

Las dimensiones de las aberturas de entrada y salida juegan un papel importante en la VPP. A simple vista podríamos pensar que cuanto más grande fuese la abertura de entrada y más aberturas de salida tuviéramos mejores resultados se obtendrían. Pero esto no es así, los mejores resultados se van a obtener estableciendo una adecuada proporción entre el tamaño de la entrada y el de la salida.

Hay que tener en cuenta que para que esta técnica sea eficaz el aumento de presión es necesario y si las aberturas de entrada y salida son demasiado grandes no lo conseguiríamos.



Con carácter general la ventilación será más efectiva cuando las salidas seleccionadas para la evacuación tengan un tamaño ligeramente superior a la entrada de aire. Si la abertura de salida es demasiado pequeña, se producirá una sobre presión en la estructura que hará retroceder el humo hacia la entrada.

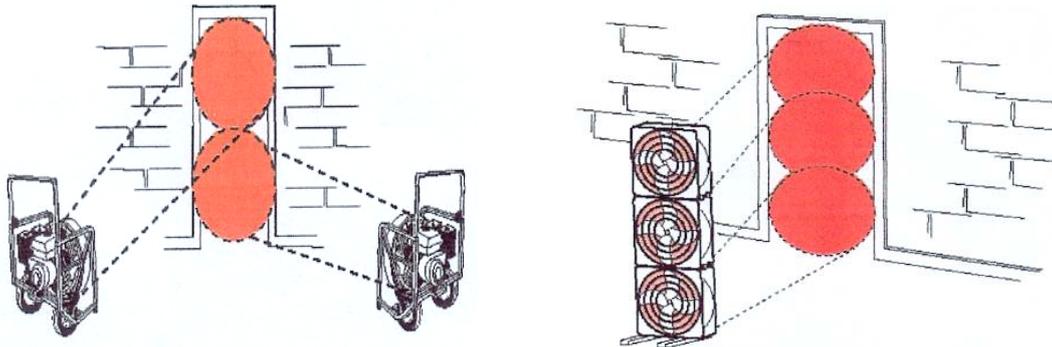
Si la abertura de salida es demasiado grande o existen demasiadas aberturas, la presión creada dentro del edificio tendrá poca fuerza, siendo la ventilación menos efectiva.

Cuando estemos trabajando con dos ventiladores, posicionados en línea o en paralelo, la abertura de salida tendrá que ser de casi el doble de tamaño que la de entrada (ratio 1:2).

También en esta técnica de ventilación el viento es un factor condicionante. Siempre que la situación lo permita hay que aprovechar la dirección de la ventilación natural. Solamente si esta puede empeorar la situación del siniestro trataremos de contrarrestarla con ventilación forzada.

El beneficio de la VPP es importante cuando el viento es favorable y/o su velocidad es inferior a fuerza 4 en la escala Beaufort (aprox. 5.5 m/s). Cuando la velocidad del viento es superior, el beneficio aportado por la VPP sobre la ventilación natural es casi nulo.

Cuando el viento sopla (incluso 30 km/h) en contra del sentido de ventilación forzada es conveniente incrementar el ratio orificio de entrada/ orificio de salida. Esto podemos conseguirlo aumentando el tamaño del orificio de entrada o disminuyendo el de salida, consiguiendo con ello un aumento de la velocidad del humo y gases que salen del recinto.

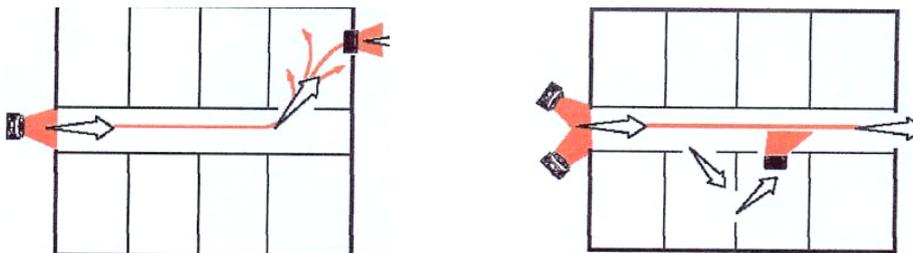


Por ejemplo, una ventilación típica a través de una puerta simple y con salida por una ventana de 1 m^2 (ratio 2:1) producirá un caudal de salida de 3 m^3 por segundo a una velocidad de 3 m/s , que sólo podrá contrarrestar una brisa fuerza 2 en la escala de Beaufort. Si en cambio el orificio de salida es una pequeña ventana de 0.5 m^2 (ratio 8:1) la velocidad de salida será de 6 m/s , equiparable a una brisa de fuerza 4.

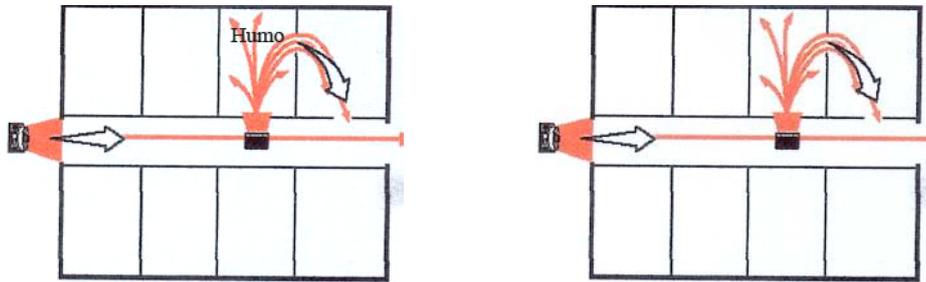
Eficacia de la VPP.

La VPP es adecuada para la ventilación de pequeños volúmenes pero pierde efectividad a medida que aumenta el tamaño del inmueble. Un ventilador típico de pala de 70 cm de diámetro produce un caudal de $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Si tratamos de sellar la puerta entrarán en el local menos de 5 m^3 . La velocidad de entrada en la puerta será de unos 2.5 m/s .

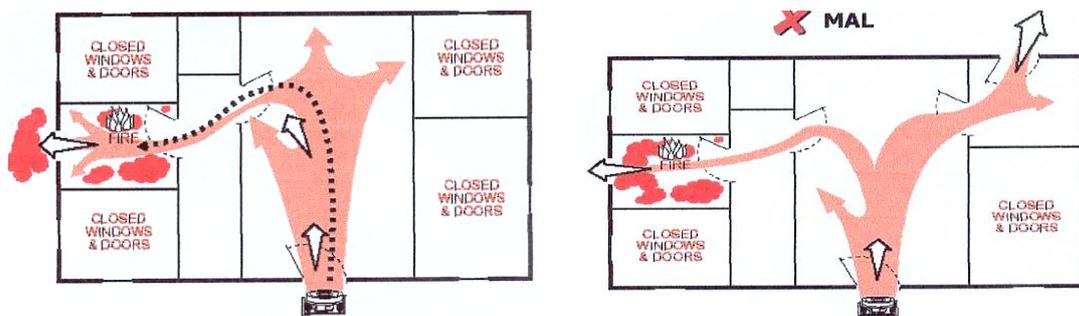
El movimiento del aire a través de un pasillo típico de oficinas de 4 m^2 de sección, se reducirá a 1.2 m/s . En un local comercial de 30 m^2 de sección la velocidad, en las condiciones descritas, se reducirá a 0.17 m/s , insuficiente para producir una ventilación eficaz. No se puede precisar cual es la velocidad mínima necesaria de aire para producir una ventilación eficaz, pero está claro que un ventilador convencional será insuficiente en recintos de gran volumen.



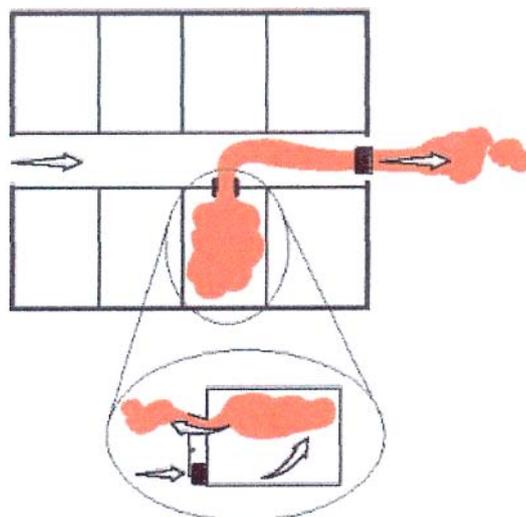
La ventilación por presión positiva es especialmente eficaz en los fuegos de viviendas unifamiliares. En grandes recintos el mejor rendimiento se consigue con una ventilación secuencial.



Se van cerrando puertas dentro del edificio presurizando una zona o habitación cada vez. Se abre la ventana de la zona presurizada y sólo las puertas que conduzcan el aire a dicha zona. Posteriormente se cierra la habitación limpia continuando el proceso en otra zona. Con una actuación secuencial, el proceso de eliminación del humo se acelera debido a que la velocidad de movimiento del aire se incrementa.



Esta técnica es adecuada para cuando no se puede abrir una apertura de salida encima u opuesta a la entrada.

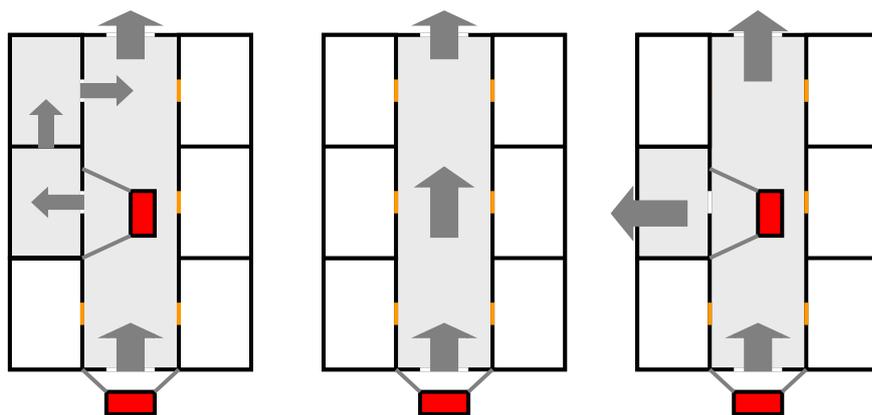


Ventilación por Presión Positiva “post-incendio”.

Puede ser muy beneficiosa para expulsar el humo, aire caliente y gases de la combustión y para identificar los pequeños fuegos remanentes. Esto mejorará las condiciones de trabajo del bombero en la última fase de la intervención, que suele ser generalmente la más larga.

Aunque se consiga una mejora de las condiciones no se debe prescindir de los equipos de protección respiratoria, pues los gases emanados en esta fase siguen siendo tóxicos.

Como hemos dicho anteriormente, en recintos con varios compartimientos la VPP la realizaremos secuencialmente, trasladando el ventilador cuando sea posible.



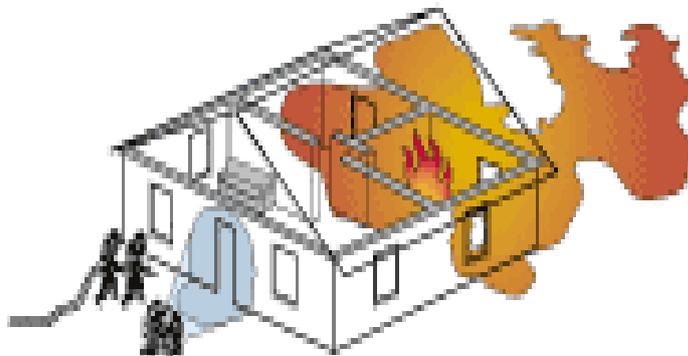
Ventilación por Presión Positiva simultánea a la extinción.

Utilizada de forma simultánea al ataque va a permitir a los bomberos la rápida localización del foco y una menor exposición a humos y calor. La mejora de las condiciones de visibilidad permitirá también el rápido rescate de posibles víctimas. Ahora bien, hay una serie de consideraciones previas a la aplicación de esta técnica de ventilación:

- Debe tenerse en cuenta la propagación del fuego a otras zonas no afectadas.
- Debe tenerse el fuego perfectamente localizado.
- Cuando en el interior del recinto se den las condiciones para la generación de un back-draft, la VPP debe retrasarse hasta que ese riesgo haya desaparecido.
- Siempre se aplicará una vez que el equipo de ataque esté preparado y con las mangueras en carga.
- No se arrancará el ventilador hasta que hayamos asegurado una abertura de salida de humos.
- No se utilizará cuando el viento sople en contra con fuerza suficiente para vencer la corriente forzada.

La VPP es muy efectiva para limitar la propagación del incendio si se puede abrir un orificio de salida directamente en el compartimiento incendiado. Tampoco aquí existe una regla fija de cuando debemos de utilizar una u otra, todo dependerá de las circunstancias que concurran en cada caso.

La VPP simultánea al ataque es una táctica delicada que, correctamente aplicada, puede aportar grandes ventajas, pero que requiere experiencia y un adecuado entrenamiento. Su utilización sólo se puede confiar al criterio de un jefe de intervención debidamente formado y con suficiente experiencia para considerar todos los factores que influyen en esta táctica operativa.



Conclusiones sobre la VPP.

La VPP es simplemente un tipo más de ventilación. Es necesario conocer a fondo los efectos de la ventilación natural antes de utilizar la VPP, ya que la segunda no es más que una forma de incrementar los efectos de la primera, tanto los positivos como los negativos.

Cualquier servicio de bomberos que quiera introducir el uso táctico de la VPP, debe comenzar por un estudio a fondo de la ventilación natural, después se entrenará el uso de la VPP en las labores post-incendio y finalmente se entrenará el uso de la VPP en el ataque a incendios.

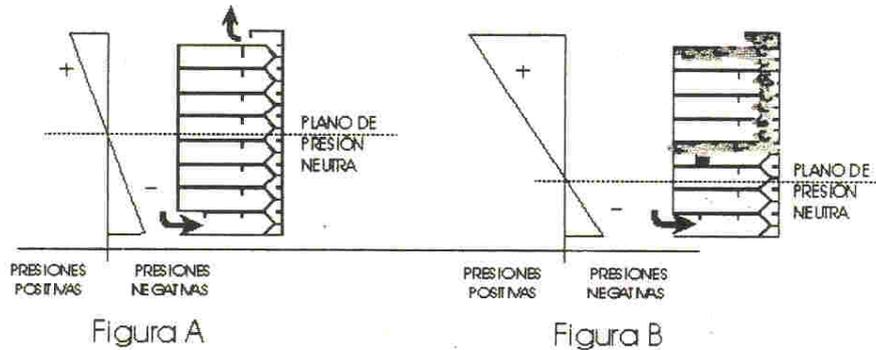
En cuanto a las consecuencias del uso de la VPP en incendios con víctimas, estudios realizados han puesto de manifiesto que las condiciones de rescate y temperatura, en general, mejoran ostensiblemente con su uso, mientras que no hay prácticamente diferencia en lo que respecta al incremento de las llamas y propagación del fuego como consecuencia del incremento de aire entre ventilación natural y forzada.

6.- VENTILACIÓN DE EDIFICIOS DE VARIAS ALTURAS

En los edificios de varias plantas se produce un fenómeno conocido como “**efecto chimenea**”. Consiste en la corriente de convección natural que se produce en su interior como consecuencia del calentamiento del aire. El aire caliente se hace menos denso y tiende a subir, siendo a su vez reemplazado en la parte inferior por aire más fresco.

En la zona alta se producirá una presión superior a la presión atmosférica exterior, mientras que en la zona baja se produce una depresión que provocará la entrada de aire exterior. Habrá un punto intermedio en el que ambas presiones, interior y exterior, estén igualadas. Esto se conoce como **Plano de Presión Neutra**.

La corriente será más o menos acusada en función de la altura del edificio, su hermeticidad y las diferencias de temperatura. Con clima frío será más acusada que con clima templado.

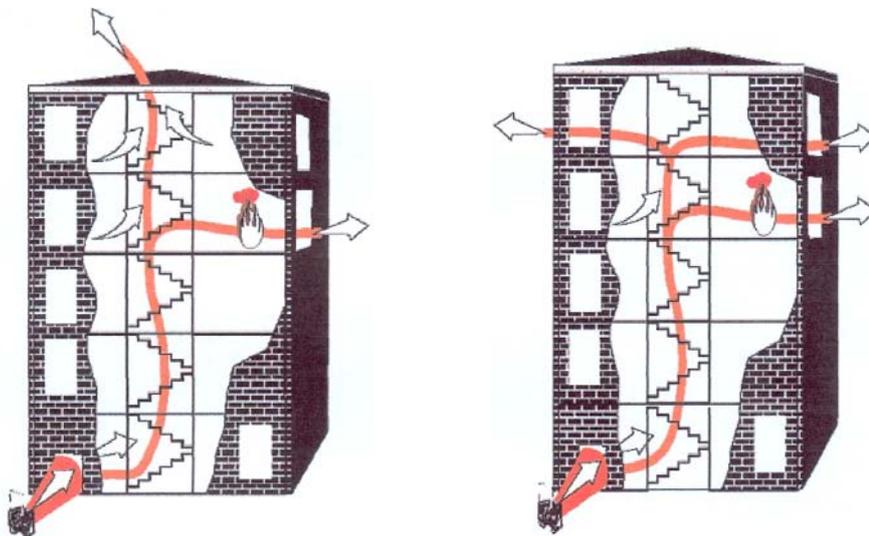


Cuando se produce un incendio, el calor generado incrementa este efecto chimenea y puede tener gran incidencia en la propagación del fuego. Así el incendio puede propagarse con gran rapidez de las plantas más bajas a las más altas.

El humo y gases calientes ascenderán por todos los huecos del edificio, cajas de escaleras, ascensores, conductos eléctricos, etc, causando grandes problemas. Como de sobra sabemos, el mayor número de víctimas en los incendios son causados por el humo. Además este humo saldrá al exterior por la zona de presiones positivas, que puede no coincidir con la planta en la que está el incendio, despistando con ello a los equipos de bomberos.

Este humo y gases calientes, a medida que se alejan del fuego van disminuyendo su temperatura pudiendo llegar a quedar igualada a la del aire que le rodea. Entonces se produce otro fenómeno conocido como “**efecto seta**”. El humo y los gases del incendio se estabilizan formando capas o nubes dentro del edificio que dejan de ascender.

Otro factor a tener en cuenta es el viento que incide sobre la fachada del edificio y que va a condicionar la abertura de huecos según el efecto que queramos conseguir. En función de la velocidad del viento puede que la abertura de un hueco en la fachada de barlovento, teóricamente por encima del PPN, en lugar de producir la salida de humos, provoque la entrada de aire exterior. Además hay que tener presente que la velocidad y dirección del viento puede ser distinta en las plantas bajas y altas.



La ventilación por presión positiva en los Edificios de Gran Altura complementa las corrientes de ventilación natural, que si alcanzan una determinada magnitud, harán totalmente ineficaz el uso del ventilador.

El ventilador o los ventiladores se colocarán en la entrada exterior del edificio presurizando la escalera que es común a todas las plantas. Secuencialmente ventilar cada planta empezando por la primera y continuar hasta llegar a la última. Esto no será posible cuando se trate de cajas de escalera abiertas al exterior o edificios en los que exista un gran zaguán que comunique varias cajas de escalera.

La ventilación de un edificio de varias plantas requiere el conocimiento de estos fenómenos y una gran coordinación. La falta de coordinación o entrenamiento de los equipos de extinción puede afectar a la efectividad de la ventilación durante el ataque al fuego. Para controlar la apertura y cierre de puertas en la caja de escalera usada para ventilar el edificio debe destinarse a una persona que se haga cargo del proceso de presurización.

7.- CONCLUSIONES

La ventilación es un aspecto importante en la lucha contra incendios confinados, tanto por el hecho de que los bomberos debemos dejar el recinto o edificio en las mejores condiciones de uso para sus ocupantes, como por las indudables ventajas que ofrece para las labores de extinción y rescate.

Ahora bien, como hemos visto se trata de una herramienta delicada que presenta algunos peligros, los cuales debemos saber reconocer y afrontar. Esto requiere formación y entrenamiento de los equipos de bomberos en el uso de las diferentes tácticas y técnicas, así como el establecimiento de sistemáticas de actuación que conduzcan hacia una actuación perfectamente coordinada de los diferentes equipos.

Todavía queda mucho por investigar y experimentar en el campo de la ventilación, fundamentalmente en el de la ventilación por presión positiva, que es la técnica que más desarrollo y auge ha alcanzado en los últimos años por las ventajas que presenta frente a los otros sistemas de ventilación.

En definitiva la ventilación constituye una herramienta más en la lucha contra los incendios confinados y sin duda alguna será la actuación coordinada de los diferentes equipos, bajo el mando de un jefe de intervención experimentado y debidamente formado lo que conduzca al éxito de las operaciones.

BIBLIOGRAFÍA DEL MÓDULO 7

- *Manual Itsemap-fuego.*
- *Manual de Protección Contra Incendios. NFPA.*
- *Emergencia 112, nº. 30. Diciembre 99.*
- *Emergencia 112, nº. 39. Octubre 01.*
- *El libro del bombero profesional. Fernando Bermejo. Ed: Videotraining.*
- *Manual del bombero. Técnicas de actuación en siniestros. Luis Guadaño. Ed: Mapfre.*
- *Curso de formación bomberos de nuevo ingreso. Consorcio Provincial SPEIS de Alicante.*
- *Manual Tempest. Ventilación por Presión Positiva.*

MÓDULO 8: LOS INCENDIOS INDUSTRIALES Y EL MEDIO AMBIENTE

Autor: Juan Carlos Calles Mira

Introducción.

1. Objetivos específicos.
2. Definición.
3. La influencia del ser humano sobre el medio ambiente.
4. Agentes contaminantes.
 - 4.1. Dióxido de carbono
 - 4.2. Acidificación.
 - 4.3. Vertidos de petróleo y sus derivados.
 - 4.4. Destrucción del ozono.
 - 4.5. Hidrocarburos clorados.
 - 4.6. Otras sustancias tóxicas.
 - 4.7. Radiación.
 - 4.8. Pérdida de tierras vírgenes.
 - 4.9. Erosión del suelo.
 - 4.10. Demanda de agua y aire.
5. LOS BOMBEROS Y EL MEDIO AMBIENTE.
 - 5.1. Contaminación provocada por los siniestros.
 - 5.1.1. Incendios.
 - 5.1.2. MM.PP. involucradas.
 - 5.1.3. Vertidos de materias no peligrosas.
 - 5.2. Contaminación producida por las intervenciones y actividades de los servicios de bomberos.
 - 5.2.1. Prácticas y maniobras.
 - 5.2.2. Intervenciones.
 - 5.2.3. Impacto de las espumas sobre el Medio Ambiente.
 - 5.3. Dirección de siniestros y toma de decisiones en relación con el medio ambiente.
 - 5.3.1. Antes de producirse el incidente.
 - 5.3.2. Durante el incidente.

INTRODUCCIÓN

El Medio Ambiente es todo aquello que nos rodea, conservarlo y protegerlo es tarea de todos, por el bien de nosotros mismos y de todos los seres vivos que habitan nuestro planeta.

La destrucción de la capa de Ozono, la contaminación de ríos, lagos, aguas subterráneas y mares, la emisión de dióxido de carbono, el consumo desproporcionado del petróleo y sus derivados, unidos a otros muchos factores están destruyendo la Tierra.

A los objetivos prioritarios de los bomberos de salvar las vidas humanas y la protección de los bienes materiales se les ha añadido una nueva misión: la defensa y protección del Medio Ambiente.

Hace pocos años, plantear la intervención en este tipo de siniestro, teniendo en cuenta las consecuencias medioambientales era impensable. En la actualidad, no sólo debe movernos nuestra conciencia ciudadana para minimizar la contaminación, sino que además existen unas leyes que sancionan los delitos ecológicos.

Los servicios de bomberos juegan un importante papel, no solo en la defensa, de vidas y bienes, sino también en la reducción de los daños que el siniestro puede causar al entorno. Disponemos de equipos para extinguir los fuegos y también para minimizar las consecuencias tanto del incendio como de nuestra actuación. Por esta razón, la responsabilidad de reducir el impacto ecológico es un compromiso que debemos asumir. En muchos países de la Unión Europea y en muchas comunidades autónomas, esta responsabilidad viene recogida en la ley.

Actualmente la sociedad ha conferido competencias sancionadoras a las Administraciones y se ha establecido un valor económico a los daños contra la naturaleza. El que contamina o comete delitos contra el Medio Ambiente es sancionado. Por lo tanto, no debemos escatimar medios para la protección de nuestro entorno, primero por nuestro compromiso como servicio público con la sociedad y segundo porque, según la ley, los gastos directamente generados en la intervención deben de ser asumidos por el que ha dado origen al incidente.



Fig. 1. – Humo producido por un incendio industrial.

La defensa del Medio Ambiente no debe de anteponerse nunca a la defensa de la vida de las personas, pero en algunos casos sí que puede entrar en contraposición con la defensa de ciertos bienes con un valor económico. Es aquí donde el mando de bomberos tiene que valorar la situación y no olvidar nunca que los daños ecológicos también tienen alto valor, tanto medio ambiental como económico.

Imaginemos un incendio de un edificio industrial donde está amenazada una zona de maquinaria de alto valor. Para proteger la zona es necesario atacar con agua un área de almacenamiento de un producto soluble en agua y tóxico. El arrastre de este producto por el agua de extinción puede acabar con la vida del río en varios kilómetros. Si empleamos tiempo en cubrir o retirar el material tóxico, el fuego afectará a la maquinaria. Si protegemos las máquinas atacando el fuego podemos desencadenar una catástrofe ecológica. El mando de bomberos deberá tener en cuenta todos los factores sin dejarse influir por las presiones de trabajadores y empresarios.

En definitiva, la función de proteger los bienes puede quedar, en ciertas situaciones, en un segundo plano ante la responsabilidad de proteger el Medio Ambiente. Tendremos en cuenta que las consecuencias económicas en forma de sanción de la muerte de miles de peces y plantas en un río pueden ser considerables, y es probable que la sanción a la industria sea superior incluso al valor de la maquinaria.

La protección del Medio Ambiente, debe ser también una función prioritaria de los servicios de prevención y extinción de incendios, y exige una preparación específica del personal y la adquisición de equipos que permitan la eficaz intervención de los bomberos.

Por lo tanto, deberíamos avanzar, tanto a nivel técnico como humano, en la protección y conservación de nuestro medio natural. De igual forma las industrias deben asumir su responsabilidad e intentar minimizar sus emisiones, vertidos, etc., utilizando productos y energías alternativas que respeten el Medio Ambiente.



Fig. 2. – Río de aguas cristalinas.

1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ⇒ Efectos de los incendios Industriales sobre el Medio Ambiente.
- ⇒ Contaminación por la actuación de los Bomberos.

2.- CONCEPTO Y COMPONENTES DEL MEDIO AMBIENTE.

2.1.- CONCEPTO

El Medio Ambiente es el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua, temperatura, ph, y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la capa de la Tierra llamada biosfera.

2.2.- COMPONENTES DEL MEDIO AMBIENTE.

La atmósfera, que protege a la Tierra del exceso de radiación ultravioleta y permite la existencia de vida es una mezcla gaseosa de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, otros elementos y compuestos, y partículas de polvo. Calentada por el Sol y la energía radiante de la Tierra, la atmósfera circula en torno al planeta y modifica las diferencias térmicas. El suelo es el delgado manto de materia que sustenta la vida terrestre. De todos ellos dependen los organismos vivos, incluyendo los seres humanos.

Durante su historia, la Tierra ha cambiado lentamente. El más reciente de los acontecimientos medioambientales importantes en la historia de la Tierra se produjo entre 1,64 millones y 10.000 años a nuestra era (periodo glacial). El clima subtropical desapareció y cambió la faz del hemisferio norte. El clima osciló de frío a templado, influyendo en la vida vegetal y animal, dando lugar al clima que hoy conocemos. Durante este tiempo el medio ambiente del planeta ha permanecido más o menos estable.

3.- LA INFLUENCIA DEL SER HUMANO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.

El ser humano, apareció tarde en la historia de la Tierra, pero fue capaz de modificarla con sus actividades. Gracias a sus capacidades mentales y físicas, lograron alterar el medio ambiente para adaptarlo a sus necesidades.

Los primeros humanos vivieron en armonía con la Naturaleza como los demás animales. Pero poco a poco la capacidad de controlar y usar el fuego les permitió modificar la vegetación natural, y la domesticación de animales, lo que llevó a la erosión del suelo. Con la Revolución Industrial y el descubrimiento de los combustibles fósiles los seres humanos empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua.



Fig.3.- Incendio en una Refinería.

4.- AGENTES CONTAMINANTES.

4.1.- DIÓXIDO DE CARBONO

Uno de los impactos que el uso de combustibles fósiles ha producido sobre el Medio Ambiente terrestre ha sido el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera. La cantidad de CO_2 atmosférico había permanecido estable, aparentemente durante siglos, pero desde 1750 se ha incrementado en un 30% aproximadamente. Lo significativo de este cambio es que puede provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero.



Fig. 4.- Emisiones de dióxido de carbono

El calentamiento global de la atmósfera está teniendo graves efectos sobre el Medio Ambiente. La fusión de los casquetes polares, ha hecho subir el nivel de los mares, ha cambiado el clima regional y globalmente está alterando la vegetación natural y las cosechas. En el siglo XX la temperatura media del planeta aumentó $0,6^\circ\text{C}$ y los científicos prevén que aumente $1,4$ y $5,8^\circ\text{C}$ durante los próximos 100 años.

4.2.- ACIDIFICACIÓN

Asociada también al uso de combustibles fósiles, la acidificación se debe a la emisión de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno por las centrales térmicas y por los escapes de los vehículos a motor. Estos productos interactúan con la luz del Sol, la humedad y los oxidantes produciendo ácido sulfúrico y nítrico, que son transportados por la circulación atmosférica y caen a tierra, arrastrados por la lluvia y la nieve en la llamada lluvia ácida, o en forma de depósitos secos, partículas y gases atmosféricos.

La lluvia ácida es un importante problema global. La acidez corroe los metales, desgasta los edificios y monumentos de piedra, daña y mata la vegetación y acidifica lagos, corrientes de agua y suelos. En algunas regiones, la acidificación ha hecho morir a poblaciones de peces. La lluvia ácida puede retardar también el crecimiento de los bosques.

4.3.- VERTIDOS DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS

De los estudios que se han realizado se puede resumir que la cifra global de petróleo que llega al mar cada año es de unos 3.000.000 toneladas métricas y la procedencia de este petróleo vertido al mar sería: por causas naturales (10%); desde tierra (64%, de las que el 20% se desplazan por el aire); el 19% por buques y petroleros; el 5% por accidentes y el 2% por explotaciones.

El porcentaje vertido por accidentes es de alrededor de un 5% y, aunque en proporción no es la mayor fuente de contaminación, los desastres ambientales que originan son muy importantes, porque producen vertidos de masas de petróleo muy concentradas y forman manchas de gran extensión. En algunos accidentes se han llegado a derramar más de 400.000 toneladas.

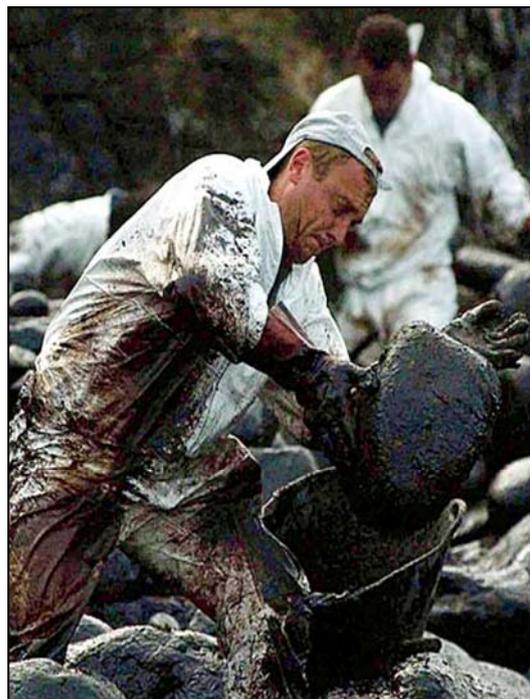


Fig. 5. – Vertido de petróleo en el mar.

4.4.- DESTRUCCIÓN DEL OZONO

En las décadas de 1970 y 1980, los científicos empezaron a descubrir que la actividad humana estaba teniendo un impacto negativo sobre la capa de ozono, una región de la atmósfera que protege al planeta de los dañinos rayos ultravioleta. Si no existiera esa capa gaseosa, la vida sería imposible sobre nuestro planeta. Los estudios mostraron que la capa de ozono estaba siendo afectada por el uso creciente de clorofluorocarbonos (CFC, compuestos de flúor), que se emplean en refrigeración, aire acondicionado, disolventes de limpieza, agentes extintores y aerosoles. El cloro, es un producto químico secundario de los CFC. Ataca al ozono, que está formado por tres átomos de oxígeno, arrebatándole uno de ellos para formar monóxido de cloro. Éste reacciona a continuación con átomos de oxígeno para formar moléculas de oxígeno, liberando moléculas de cloro que descomponen más moléculas de ozono.

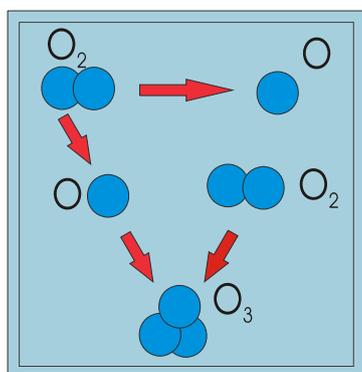


Fig. 6.- Formación del Ozono.

En el año 2001 el agujero de la capa de Ozono alcanzó una superficie de 26 millones de kilómetros cuadrados. El adelgazamiento de la capa de ozono expone a la vida terrestre a un exceso de radiación ultravioleta, que puede producir cáncer de piel y cataratas, reducir la respuesta del sistema inmunitario, interferir en el proceso de fotosíntesis de las plantas y afectar al crecimiento del fitoplancton oceánico.

4.5.- HIDROCARBUROS CLORADOS

El uso extensivo de pesticidas sintéticos derivados de los hidrocarburos clorados en el control de plagas ha tenido efectos colaterales desastrosos para el Medio Ambiente. Estos pesticidas son muy persistentes y resistentes a la degradación biológica. Muy poco solubles en agua, se adhieren a los tejidos de las plantas y se acumulan en los suelos, el sustrato del fondo de las corrientes de agua y los estanques, y la atmósfera. Una vez volatilizados, los pesticidas se distribuyen por todo el mundo, contaminando áreas silvestres a gran distancia de las regiones agrícolas, e incluso en las zonas ártica y antártica.

Aunque estos productos químicos sintéticos no existen en la naturaleza, penetran en la cadena alimenticia. Los pesticidas son ingeridos por los herbívoros o penetran directamente a través de la piel de organismos acuáticos como los peces y diversos invertebrados. El pesticida se concentra aún más al pasar de los herbívoros a los carnívoros. Los hidrocarburos clorados interfieren en el metabolismo del calcio de las aves, produciendo un adelgazamiento de las cáscaras de los huevos y el consiguiente fracaso reproductivo. Como resultado de ello, algunas grandes aves depredadoras y piscívoras se encuentran al borde de la extinción.

4.6.- OTRAS SUSTANCIAS TÓXICAS

Las sustancias tóxicas son productos químicos cuya fabricación, procesado, distribución, uso y eliminación representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. La mayoría de estas sustancias tóxicas son productos químicos sintéticos que penetran en el Medio Ambiente y persisten en él durante largos periodos de tiempo. En los vertederos de productos químicos se producen concentraciones significativas de sustancias tóxicas. Si éstas se filtran al suelo o al agua, pueden contaminar el suministro de agua, el aire, las cosechas y los animales domésticos, y han sido asociadas a defectos congénitos humanos, abortos y enfermedades orgánicas. A pesar de los riesgos conocidos, el problema no lleva camino de solucionarse. Se han fabricado más

de 4 millones de productos químicos sintéticos nuevos en un periodo de quince años, y se crean de 500 a 1.000 productos nuevos más al año.



Fig. 7.- Derrame de productos tóxicos

4.7.- RADIACIÓN

Aunque las pruebas nucleares atmosféricas han sido prohibidas por la mayoría de los países, lo que ha supuesto la eliminación de una importante fuente de lluvia radiactiva, la radiación nuclear sigue siendo un problema medioambiental. Las centrales siempre liberan pequeñas cantidades de residuos nucleares en el agua y la atmósfera, pero el

principal peligro es la posibilidad de que se produzcan accidentes nucleares, que liberan enormes cantidades de radiación al Medio Ambiente, como ocurrió en Chernóbil, Ucrania, en 1986. Un problema más grave al que se enfrenta la industria nuclear es el almacenamiento de los residuos nucleares, que conservan su carácter tóxico de 700 a 1 millón de años. La seguridad de un almacenamiento durante periodos geológicos de tiempo es, al menos, problemática; entre tanto, los residuos radiactivos se acumulan, amenazando el Medio Ambiente.



Fig. 8.- Central Nuclear de Cofrentes.

4.8.- PÉRDIDA DE TIERRAS VÍRGENES

La demanda de energía ha impuesto la necesidad de explotar el gas y el petróleo de las regiones árticas, poniendo en peligro el delicado equilibrio ecológico de los ecosistemas de tundra y su vida silvestre.



Fig. 9.- Tala indiscriminada de árboles

Los bosques tropicales, están siendo destruidos a un ritmo preocupante para obtener madera, despejar suelo para pastos y cultivos, para plantaciones de pinos y para asentamientos humanos. En la década de los ochenta se destruían más de 200.000 km² de masa forestal al año. En 1993, los datos obtenidos vía satélite permitieron determinar un ritmo de destrucción de casi 15.000 km² al año, sólo en la cuenca amazónica. Esta deforestación tropical podría llevar a la extinción de hasta 750.000 especies, lo que representaría la pérdida de toda clase de productos: alimentos, fibras, fármacos, tintes, gomas y resinas.

4.9.- EROSIÓN DEL SUELO

La erosión del suelo se está acelerando en todos los continentes y está degradando unos 2.000 millones de hectáreas de tierra de cultivo y de pastoreo, lo que representa una seria amenaza para el abastecimiento global de víveres. Cada año la erosión de los suelos provoca una pérdida de entre 5 y 7 millones de hectáreas de tierras cultivables. En el Tercer Mundo, la creciente necesidad de alimentos y leña han tenido como resultado la deforestación y cultivo de laderas con mucha pendiente, lo que ha producido una severa erosión de las mismas.

Debido a la implantación de industrias, la expansión de las ciudades y carreteras, los pantanos, etc., se ha ido perdiendo paulatinamente las tierras de cultivo de primera calidad. La pérdida de estas tierras, la deforestación y la erosión del suelo reduce la capacidad de conservación de la humedad de los suelos y añade sedimentos a las corrientes de agua, lagos y embalses.



Fig.10.- Erosión y deforestación.

4.10.- DEMANDA DE AGUA Y AIRE

Los problemas de erosión descritos anteriormente están agravando el creciente problema mundial del abastecimiento de agua. La mayoría de los problemas en este campo se dan en las regiones semiáridas y costeras del mundo. Las poblaciones humanas en expansión requieren sistemas de irrigación y agua para la industria; esto está agotando hasta tal punto los acuíferos subterráneos que empieza a penetrar en ellos agua salada. Algunas de las mayores ciudades del mundo están agotando sus suministros de agua y se está bombeando agua de lugares cada vez más alejados.

El mundo experimenta también un progresivo descenso en la calidad y disponibilidad del agua. En el año 2000, 508 millones de personas vivían en 31 países afectados por escasez de agua y aproximadamente 1.100 millones de personas carecían de acceso a agua no contaminada.



Fig. 11.- Aguas contaminadas.

Durante la década de los 80 y a comienzos de la de los 90, algunos países industrializados mejoraron la calidad de su aire reduciendo la cantidad de partículas en suspensión así como la de productos químicos tóxicos como el plomo, pero las emisiones de dióxido de azufre y de óxidos nitrosos, precursores de la deposición ácida, aún son importantes.

5. - LOS BOMBEROS Y EL MEDIO AMBIENTE

El papel de los bomberos frente al Medio Ambiente se puede dividir en dos áreas:

5.1.- CONTAMINACIÓN PROVOCADA POR LOS SINIESTROS.

Los incendios industriales son una amenaza de contaminación para el entorno. Considerar únicamente los siniestros de grandes dimensiones como los nocivos para el Medio Ambiente es una equivocación, ya que, en los pequeños incendios también podremos hacer algo que evite o como mínimo disminuya la contaminación.

5.1.1.- INCENDIOS.

La mayoría de las materias al arder generan productos de combustión, que en mayor o menor medida son nocivos. El agua utilizada en la extinción arrastra productos de la combustión y otras sustancias, que acabarán afectando algún curso de agua.

En la medida en que los bomberos atacamos el incendio pronto y con la eficacia necesaria para extinguirlo correctamente, la emisión de gases a la atmósfera y el agua contaminada resultante de la intervención serán menores. Evidentemente no es ésta la única razón para intervenir con diligencia pero es un factor añadido a tener en cuenta.

Es también importante prestar atención a la trayectoria y destino de las aguas que se generan en todo incendio, y asegurarse que van al lugar adecuado. Con sencillas maniobras se puede evitar que este agua, en principio, contaminada en cierta medida, vaya a un riachuelo o a otro curso natural, dirigiéndola a un sumidero de aguas sucias.

Como veremos más adelante, el uso de aditivos en el agua de extinción también puede tener cierto impacto en suelo y cursos de agua.



Fig. 12.- Incendio de un transformador en una industria.

5.1.2.- MM.PP. INVOLUCRADAS

Las consecuencias para el Medio Ambiente cuando están implicados este tipo de productos, pueden ser muy serias, y los bomberos jugamos un papel primordial en la resolución de este tipo de problemas. Material adecuado y preparación del personal son los dos factores fundamentales de cara a la protección de nuestro entorno siempre que pueda producirse riesgo de contaminación química, biológica o radiactiva.



Fig. 13.- Incidente con MM.PP.

Los frecuentes derrames de gasolina, gasoil o aceite de motor, pueden ser causantes de la contaminación de los cauces de agua. La gasolina, aunque presenta un alto riesgo de inflamación durante la intervención, no presenta problemas de contaminación puesto que se evaporará y se disipará en la atmósfera. Sin embargo el aceite y el gasoil sí que pueden causar serios daños. Recoger debidamente estos combustibles para evitar que fluyan libremente o sean arrastrados por el agua de lluvia evitará esta contaminación.

5.1.3.- VERTIDOS DE MATERIAS NO PELIGROSAS.

Ciertos productos cotidianos aparentemente inocuos, como la cal, la leche, la cerveza o la sal pueden causar serios problemas si se liberan en la naturaleza en grandes cantidades. Pongamos varios ejemplos:

Una cisterna cargada de leche volcada y derramando producto sobre un río puede ser altamente perjudicial para los lodos de las depuradoras e incluso puede matar los microorganismos que realizan la función depuradora. La consecuencia de este vertido puede ser el cierre temporal de una instalación hasta que los lodos hayan sido sustituidos, con el consiguiente impacto ecológico que produciría.

Un cargamento de sal derramado sobre la tierra o sobre un río puede aumentar la salinidad por encima de índices soportables para la fauna o la flora. Lo mismo puede suceder con la cal u otros productos de construcción que pueden afectar seriamente al pH del agua. Ciertos productos orgánicos ricos en nutrientes como nitratos o fosfatos vertidos sobre un cauce de agua pueden

producir un aumento de nutrientes, que disminuirá a medio plazo la concentración de oxígeno del agua, y dará lugar a la muerte de peces y plantas o a la reproducción incontrolada de cierto tipo de flora acuática.



Fig. 14.- Accidente con mercancías no tóxicas.

La celeridad en retirar estos vertidos incontrolados o el evitar que lleguen al agua puede ser determinante por el potencial daño ecológico.

5.2.- CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR LAS INTERVENCIONES Y ACTIVIDADES DE LOS SERVICIOS DE BOMBEROS.

Hay tres aspectos de la actividad de un servicio de prevención y extinción de incendios que pueden afectar al Medio Ambiente:

5.2.1.- PRÁCTICAS Y MANIOBRAS.

Tradicionalmente se han utilizado fuegos provocados en situaciones controladas para entrenamiento de los bomberos en las técnicas de extinción. Los materiales empleados como combustible van desde viejos muebles de madera, hasta modernas instalaciones de gases licuados del petróleo, pasando por bandejas de líquidos como gasoil, gasolina o aceite.

Como se describe con anterioridad, toda reacción de combustión genera unos productos que suelen ser contaminantes para el aire y el agua, eso sin contar aspectos como la producción de CO₂ que puede contribuir al efecto invernadero.

Partiendo de la base de que este tipo de entrenamiento con fuego real es necesario, y de que incluso debería ser una práctica más habitual, debemos de buscar la fórmula para que los productos de esa combustión sean lo más limpios posibles.

Hay dos soluciones posibles para conseguir la emisión de humos limpios a la atmósfera:

- Filtrado y lavado de los gases de combustión. Esta solución se puede adoptar en edificios para entrenamiento de fuegos confinados.
- Utilizar combustible cuyos humos y gases de combustión sean poco contaminantes.

La condición de bajo índice de contaminación de los gases de combustión deja a un lado a la inmensa mayoría de los combustibles líquidos y principalmente a los que tradicionalmente se han venido utilizando como gasoil, gasolina o aceite de motor usado.

La utilización de sofás, colchones, armarios u otros elementos como combustible para prácticas de extinción producen la emisión de productos altamente tóxicos, por lo que se desaconseja la utilización de los mismos en las prácticas y maniobras.



Fig.15.- Combustibles líquidos (gasoil y gasolina) utilizados en una maniobra.

Otro material barato, de alto poder calorífico y que produce humos de gran densidad, cualidades ideales para este fin, son los neumáticos usados, pero su quema al aire libre supone un grave atentado contra el Medio Ambiente.

También hay que tener cuidado con los fardos de paja, pues pueden contener ciertos productos agro-químicos como pesticidas, fertilizantes y conservantes cuya combustión libera gases tóxicos.

El combustible de la clase A más adecuado para realizar fuegos con fines didácticos, teniendo en cuenta su bajo índice contaminador, es la madera limpia y otras materias celulósicas sin aditivos. Los palets viejos son una buena solución, por su limpieza, manejabilidad, y poder calorífico.

Como alternativa a la madera, que sólo nos permite reproducir fuegos de la clase A, tenemos el gas. En la actualidad muchos países de la unión europea y algunos centros de formación de este país están utilizando gas natural o GLPs para simulación de incendios con fines formativos. Exigen una alta inversión inicial pero el mantenimiento posterior es muy bajo y permiten la simulación de fuegos de la clase A,B o C, con índices de realismo y de seguridad muy altos. Su principal ventaja en su repetibilidad y su bajo poder contaminante.



Fig.16.- Generador de fuego ecológico

En cualquier caso, sea cual sea el combustible elegido, debemos de ser prudentes a la hora de hacer fuegos para entrenamiento y nunca dejar arder el combustible más tiempo del necesario.

5.2.2.- INTERVENCIONES.

Durante los siniestros diferenciaremos 2 grupos de productos contaminantes:

Líquidos y sólidos solubles en agua. El peligro principal es que lleguen a cursos de agua que los transporten a grandes distancias extendiendo el peligro y eliminando la flora y la fauna. Pueden afectar a la población si las aguas desembocan en el abastecimiento de agua potable o regadío.

Humos, gases o vapores, como consecuencia de escapes o de la combustión. La vía de contaminación en este caso es a través del aire y repercute

directamente en el índice de contaminación atmosférica.



Fig.17.- Balas de algodón incendiadas.

Indirectamente estos productos suelen acabar en la tierra y posteriormente en el agua al ser arrastrados por la lluvia.

Durante la intervención en los incendios industriales y en relación con la protección del medio ambiente, tendremos en cuenta:

- Contención o control de aguas potencialmente contaminadas (taponamiento, canalización, contención mediante diques, etc.).
- Las materias que están ardiendo y los productos que puedan verse afectados por la evolución del incendio.
- Realizar una extinción rápida y completa, evitando de esta manera un mayor grado de contaminación.

5.2.3. IMPACTO DE LAS ESPUMAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.

La espuma más ecológica es aquella que es capaz de apagar el fuego más rápidamente y con menos cantidad de espumógeno.

En general todas las espumas son contaminantes en mayor o menor medida, pero el fuego y sus consecuencias son una amenaza para el medio ambiente mucho más seria que las espumas.

Actualmente, son muchas las empresas de espumógenos que investigan la forma de que sus productos sean respetuosos con el Medio Ambiente. La eliminación de tensoactivos fluorados, la biodegradabilidad, la reducción del nivel de toxicidad y la reducción de metales pesados en la composición de estos agentes extintores, es un paso importante para minimizar la contaminación producida por la utilización de las espumas.

En cualquier caso debemos tener en cuenta que la contaminación generada por la espuma es responsabilidad directa de los bomberos y que una buena política de compra y de uso es beneficiosa para el entorno natural.



Fig. 18.- Utilización de espuma para extinguir un incendio con MM.PP.

Los factores a tener en cuenta respecto a las características químicas de las espumas, en relación con su impacto sobre el Medio Ambiente son:

- Biodegradabilidad.
- Toxicidad para el agua.
- Impacto en depuradoras.
- Toxicidad para el hombre.

La biodegradación se produce por la acción de descomposición realizada por las bacterias. Éstas necesitan oxígeno para metabolizar los productos, que es tomado del ambiente. Si el producto, a pesar de ser biodegradable, exige gran cantidad de oxígeno para ser degradado, puede disminuir su concentración en el agua, e incluso producir la muerte de parte de la vida acuática.

Algunas espumas, por su alto poder tensoactivo, pueden afectar al proceso de separación de aceites-agua, al emulsionar las grasas en pequeñas gotas que se dispersan en el agua, y de esta forma poner en peligro los filtros de las depuradoras. También pueden afectar seriamente a los filtros bacteriológicos.

En definitiva, es importante que en nuestras prácticas e intervenciones utilicemos sólo la cantidad necesaria de espuma para extinguir los incendios. Siempre que sea posible deberíamos usar espumógenos biodegradables y conseguir que nuestros respectivos servicios incorporen los nuevos productos “verdes”, que reducen la contaminación.

Por último siempre tendremos en cuenta el elegir con cuidado el lugar de prácticas y comprobar que los residuos producidos no acaben en algún curso de agua.

5.3.- DIRECCIÓN DE SINIESTROS Y TOMA DE DECISIONES EN RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE.

Será responsabilidad del mando de bomberos, además de la protección de vidas y bienes, la protección del Medio Ambiente. Las actividades encaminadas a reducir el impacto ambiental son las siguientes:

5.3.1.- ANTES DE PRODUCIRSE EL INCIDENTE:

- Estudio de los mapas de riesgo, localizando los puntos conflictivos.
- Colaboración en la elaboración de planes de emergencia.
- Elaboración y práctica de protocolos de intervención.
- Actividades para la concienciación ecológica del personal propio y ajeno.

5.3.2.- DURANTE EL INCIDENTE:

- Decidir entre diluir o contener.
- Identificar desde un primer momento a donde van los drenajes de agua y localizar los puntos de entrada, para realizar su taponamiento en caso de necesidad.
- Resolver la colocación de barreras flotantes en cursos de agua en caso necesario.
- Planificar la utilización de absorbentes, de qué tipo y cómo.
- Abatir la nube de gases o vapores.
- Decidir entre apagar o dejar arder. Dejaremos arder cuando el fuego destruya o disminuya el potencial tóxico del producto o cuando los gases inflamables puedan acumularse con el consiguiente riesgo de explosión. Apagaremos cuando las consecuencias producidas por el incendio y los gases de la combustión perjudiquen más que la propia extinción.

Muchas de estas decisiones son polémicas y pueden encontrar resistencia entre el personal propio o ajeno, pero el mando debe valorar todos los factores y actuar en consecuencia con la debida contundencia. Nosotros somos los responsables en última instancia de evitar daños mayores para el Medio Ambiente.

Esto implica una labor de investigación y de formación específica para la toma de decisiones como la realización de cursos, la coordinación con los departamentos de medio ambiente, la utilización correcta de las fuentes de información, etc.

Será muy importante ampliar la relación con los departamentos de Medio Ambiente y conseguir asesoramiento y financiación de actividades formativas y de equipamiento específico.

REFLEXIÓN FINAL

Nuestro entorno también necesita la colaboración de los bomberos y nuestro compromiso será realizar unas intervenciones más eficientes y más ecológicas, siempre manteniendo los márgenes de seguridad y sin olvidar nuestra misión principal que es la de salvaguardar las vidas de las personas.

Merece la pena conservar y en muchos casos recuperar nuestro Medio Natural, porque a todos nos gusta verlo así:



Fig. 19.- Paisaje Natural.

BIBLIOGRAFÍA DEL MÓDULO 8

- *Enciclopedia Microsoft Encarta 2006.*
- *Curso Avanzado de Intervención en Incidentes con Materias Peligrosas (Proyecto Life), 1997.*
- *Salvemos la Tierra. Madrid: Ediciones Aguilar, 1991.*
- *Desarrollo, pobreza y medio ambiente. Madrid: Ediciones Talasa, 1994*
- *El futuro es hoy: reflexiones sobre medio ambiente. Madrid: Cruz Roja Española, 1990.*
- *El planeta amenazado. Madrid: Ediciones Pirámide, 1987. Reunión de artículos sobre los distintos problemas ambientales del planeta.*
- *El hombre contra la tierra. Población y biosfera al final del milenio. Barcelona: Ediciones Flor del Viento, 1996.*
- *Fotografías realizadas en intervenciones y simulacros del Consorcio Provincial de Bomberos de Alicante.*
- *Google:*
 - www.cdaf.es
 - www.bio-ex.com
 - www.vsfocum.com
 - www.auxquimia.com.
 - www.aihe.org.ec.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- *Juan Miguel Suay Belenguer -Técnico Superior del SPEIS Alicante*
- *Física Universitaria - Editorial: Pearson Educación*
- *Introducción a los fluidos -Editorial: Adams*
- *Manual Bomberos - Consorcio Provincial de Alicante.*
- *Manual de Protección contra incendios. Editorial MAPFRE.*
- *Manual del Bombero Gobierno Vasco.*
- *Manual del Bombero MAPFRE.*
- *Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios.*
- *Manual Curso Reciclaje de Bomberos de la Generalitat Valenciana.*
- *Seguridad de incendios en almacenes, (editorial MAPFRE).*
- *Manual de protección contra incendios. Editorial Mafre.*
- *NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios.*
- *Manual Itsemap-fuego.*
- *Manual de Protección Contra Incendios. NFPA.*
- *Emergencia 112, nº. 30. Diciembre 99.*
- *Emergencia 112, nº. 39. Octubre 01.*
- *El libro del bombero profesional. Fernando Bermejo. Ed: Videotraining.*
- *Manual del bombero. Técnicas de actuación en siniestros. Luis Guadaño. Ed: Mapfre.*
- *Curso de formación bomberos de nuevo ingreso. Consorcio Provincial SPEIS de Alicante.*
- *Manual Tempest. Ventilación por Presión Positiva.*
- *Enciclopedia Microsoft Encarta 2006.*
- *Curso Avanzado de Intervención en Incidentes con Materias Peligrosas (Proyecto Life), 1997.*
- *Salvemos la Tierra. Madrid: Ediciones Aguilar, 1991.*

- *Desarrollo, pobreza y medio ambiente. Madrid: Ediciones Talasa, 1994.*
- *El futuro es hoy: reflexiones sobre medio ambiente. Madrid: Cruz Roja Española, 1990.*
- *El planeta amenazado. Madrid: Ediciones Pirámide, 1987. Reunión de artículos sobre los distintos problemas ambientales del planeta.*
- *El hombre contra la tierra. Población y biosfera al final del milenio. Barcelona: Ediciones Flor del Viento, 1996.*
- *Intervenciones realizadas en el Área Operativa de la Montaña (Consortio Provincial de Alicante)*
- *Fotografías realizadas en intervenciones, prácticas y simulacros en el Consorcio provincial de Alicante. David Delhom Molina.*
- *Fotografías realizadas por el Periódico Ciudad de Alcoy.*
- *Imágenes Clipart Corel 8.*
- *Google:*
 - *www.tipsa.com.*
 - *www.zenith.es.*
 - *www.estrucplan.com.*
 - *www.gestiopolis.com.*
 - *www.cdaf.es.*
 - *www.firex.es.*
 - *www.Fireinvestigation.blogspot.*
 - *www.bio-ex.com.*
 - *www.vsfocum.com*
 - *www.auxquimia.com.*
 - *www.aihe.org.ec.*