

ARQUITECTURA TÈCNICA
PROJECTE FINAL DE CARRERA

**COMPORTAMIENTO DEL FUEGO SEGÚN TIPOLOGÍA DE
FORJADO**

ANEXO

Projectistas: Galán Esmeralda, David; Launes Pino, Francesc-Xavier

Directores: Bosch González, Montserrat; Massaguer Mir, Sebastià

Convocatoria: junio 2011

ARQUITECTURA TÈCNICA PFC

COMPORTAMIENTO DEL FUEGO SEGÚN TIPOLOGÍA DE FORJADO

Projectistas: Galán Esmeralda,
David; Launes Pino, Francesc-Xavier

Directores: Bosch González,
Montserrat; Massaguer Mir, Sebastià

Convocatoria: junio 2011



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

ARQUITECTURA TÈCNICA
Projecte de Fi de Carrera

Projectistes: Galán Esmeralda, David;
Xavier

Launes Pino, Francesc-

Directores: Bosch González,
Mir, Sebastià

Montserrat; Massaguer

Convocatoria: junio 2011

**COMPORTAMIENTO DEL FUEGO SEGÚN TIPOLOGÍA DE
FORJADO**

1- CÓDIGO APLICACIÓN INFORMÁTICA

A continuación veremos el Código Fuente del Programa, un primer código basado en HTML "lenguaje de Internet" Prova.jst (en esta página no hay código JAVA).

Parte de representación de datos:

PROVA.JSP, es la parte de la aplicación encargada del diseño de la página y el código utilizado es HTML. (En esta página no hay código JAVA)

Parte de Presentación de datos

A continuación veremos el Código Fuente del Programa, un primer código basado en HTML "lenguaje de Internet" Prova.jst (en esta página no hay código JAVA).

Parte de representación de datos:

PROVA.JSP, es la parte de la aplicación encargada del diseño de la página y el código utilizado es HTML. (En esta página no hay código JAVA)

Parte de Presentación de datos

```
<%@ page language="java" contentType="text/html; charset=ISO-8859-1"
    pageEncoding="ISO-8859-1"%>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=ISO-8859-1">
<title>Cálculo de Forjados</title>
</head>
<body background="C:\Users\Marchello\workspace\Galan\Gray.jpg">
<font size=5 face=verdana color="white"><b>Resistencia al fuego en los
Forjados</b></font>

</br>
<font size=5 face=verdana color="white">-----
-----</font>
<form method="post" action="proval.jsp">

<font size=4 face=verdana color="white">Tipo de Forjado:</font>
</br></br>
<input type="radio" name="sex" value="1" /> <font size=2 face=verdana
color="white">UNIDIRECCIONAL</font><br />
<input type="radio" name="sex" value="2" /> <font size=2 face=verdana
color="white">BIDIRECCIONAL O RETICULAR</font></br>
<input type="radio" name="sex" value="3" /> <font size=2 face=verdana
color="white">LOSA</font><br />
</br>

<font size=2 face=verdana color="white">Distancia mínima (Dm) en mm</font>
</br>
<input type="text" name="dato2" value="" /></br></br>
<font size=2 face=verdana color="white">Ancho del nervio (Bm) en mm </font>
</br>
```

```

<input type="text" name="dato3" value="" /></br></br>
<font size=2 face=verdana color="white">Luz_X mayor (m) </font>
</br>
<input type="text" name="dato4" value="" /></br></br>
<font size=2 face=verdana color="white">Luz_Y menor (m) </font>
</br>
<input type="text" name="dato5" value="" /></br></br>
<font size=2 face=verdana color="white">Parámetro  $\mu$  </font>
</br>
<input type="text" name="dato6" value="0.6" /></br></br>

<font size=4 face=verdana color="white">Diámetro 1 (en mm):</font>
</br>
<input type="radio" name="dia" value="20" /> <font size=2 face=verdana
color="white">5 (Alambre)</font><br />
<input type="radio" name="dia" value="50" /> <font size=2 face=verdana
color="white">8 (Barras corrudagas)</font></br>
<input type="radio" name="dia" value="79" /> <font size=2 face=verdana
color="white">10 (Barras corrudagas)</font><br />
<input type="radio" name="dia" value="113" /> <font size=2 face=verdana
color="white">12 (Barras corrudagas)</font></br>
<input type="radio" name="dia" value="201" /> <font size=2 face=verdana
color="white">16 (Barras corrudagas)</font><br />
<input type="radio" name="dia" value="314" /> <font size=2 face=verdana
color="white">20 (Barras corrudagas)</font></br>
<input type="radio" name="dia" value="491" /> <font size=2 face=verdana
color="white">25 (Barras corrudagas)</font><br />
<input type="radio" name="dia" value="804" /> <font size=2 face=verdana
color="white">32 (Barras corrudagas)</font></br>
</br>

<font size=4 face=verdana color="white">Diámetro 2 (en mm):</font>
</br>
<input type="radio" name="dia2" value="20" /> <font size=2 face=verdana
color="white">5 (Alambre)</font><br />
<input type="radio" name="dia2" value="50" /> <font size=2 face=verdana
color="white">8 (Barras corrudagas)</font></br>
<input type="radio" name="dia2" value="79" /> <font size=2 face=verdana
color="white">10 (Barras corrudagas)</font><br />
<input type="radio" name="dia2" value="113" /> <font size=2 face=verdana
color="white">12 (Barras corrudagas)</font></br>
<input type="radio" name="dia2" value="201" /> <font size=2 face=verdana
color="white">16 (Barras corrudagas)</font><br />
<input type="radio" name="dia2" value="314" /> <font size=2 face=verdana
color="white">20 (Barras corrudagas)</font></br>
<input type="radio" name="dia2" value="491" /> <font size=2 face=verdana
color="white">25 (Barras corrudagas)</font><br />
<input type="radio" name="dia2" value="804" /> <font size=2 face=verdana
color="white">32 (Barras corrudagas)</font></br>

</br>

<font size=4 face=verdana color="white">Separación Diámetro 1:</font>
</br>
<input type="radio" name="sep" value="10" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 10 cm</font><br />
<input type="radio" name="sep" value="5" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 20 cm</font></br>
<input type="radio" name="sep" value="4" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 25 cm</font><br />

```

```

<input type="radio" name="sep" value="3.33" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 30 cm</font></br>
</br>

<font size=4 face=verdana color="white">Separación Diámetro 2:</font>
</br>
<input type="radio" name="sep2" value="10" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 10 cm</font><br />
<input type="radio" name="sep2" value="5" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 20 cm</font></br>
<input type="radio" name="sep2" value="4" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 25 cm</font><br />
<input type="radio" name="sep2" value="3.33" /> <font size=2 face=verdana
color="white">cada 30 cm</font></br>
</br>

<font size=4 face=verdana color="white">Parámetro Bo en mm</font>
</br>
<input type="text" name="dato7" value="" />
</br></br>
<input type="submit" value="Calcular Resistencia al Fuego en Forjado"
/></br>
</br>
</form>
</body>

```

PROVA1.JSP, es la parte de la aplicación encargada de la lógica de la aplicación Web y el código utilizado es JAVA.

Parte de LOGICA/INTELIGENCIA/CALCULO de datos.

```

<%@ page language="java" contentType="text/html; charset=ISO-8859-1"
    pageEncoding="ISO-8859-1"%>
<%@page import="java.util.*"%>

<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=ISO-8859-1">
<title>Resistencia al fuego en los Forjados</title>
</head>
<body background="C:\Users\workspace\Galan\Gray.jpg">
<%!

public float calculaAm (float separacion, int capacidadMecanica, int
distanciaMinima, float u)
{
    return
((separacion*capacidadMecanica*(distanciaMinima+u))/(separacion*capacidadMe
canica));
}

public float valorFinalAEvaluar(float am, int tipo, float bmin , float x)

```

```

{
    if(tipo==3) return (am/x);
    else return (am/bmin);
}

public void resultat(int tipo, float res)
{
    //mirar las tablas
    if (tipo==1)
    { if(tipo==3) return (am/x);

    } if(tipo==3) return (lga/x);
    if (tipo==2)
    { if(tipo==4) return (am/x);

    }
    if (tipo==3)
    { if(tipo==8) return (fgx/x);

    }

}

%>

<%
//RECIBIR VALORES y LLAMAR FUNCIÓNES
try {

    //Recibimos las Variables:
    int datoUno = Integer.parseInt(request.getParameter("sex")); //tipo
    int datoDos = Integer.parseInt(request.getParameter("dato2"));
    //distancia minima
    float datoTres = Float.parseFloat(request.getParameter("dato3"));
    //ancho del nervio b minima
    float datoCuatro = Float.parseFloat(request.getParameter("dato4"));
    //luzX
    float datoCinco =
Float.parseFloat(request.getParameter("dato5")); //luzY
    float datoSeis = Float.parseFloat(request.getParameter("dato6")); //u
    float datoSiete = Float.parseFloat(request.getParameter("dato7"));
    //parametro Bo
    int datoOcho = Integer.parseInt(request.getParameter("dia"));
    //diametro 1
    int datoDiez = Integer.parseInt(request.getParameter("dia2"));
    //diametro 2
    float datoNueve =
Float.parseFloat(request.getParameter("sep")); //separacion 1
    float datoOnce =
Float.parseFloat(request.getParameter("sep2")); //separacion 2
    // End Recibir variables.

    float Am = calculaAm(datoNueve, datoOcho, datoDos, datoSiete);
    float x = datoCuatro/datoCinco;
    float resEval= valorFinalAEvaluar (Am, datoUno, datoTres, x);
    resultat (datoUno, resEval);

    //Recibimos las Variables2:
    int datoUno = Integer.parseInt(request.getParameter("sex")); //tipo
    int datoDos = Integer.parseInt(request.getParameter("dato2"));
    //distancia minima

```

```

        float datoTres = Float.parseFloat(request.getParameter("dato3"));
//ancho del nervio b minima
        float datoCuatro = Float.parseFloat(request.getParameter("dato4"));
//luzX
        float datoCinco =
Float.parseFloat(request.getParameter("dato5")); //luzY
        float datoSeis = Float.parseFloat(request.getParameter("dato6")); //u
        float datoSiete = Float.parseFloat(request.getParameter("dato7"));
//parametro Bo
        int datoOcho = Integer.parseInt(request.getParameter("dia"));
//diametro 1
        int datoDiez = Integer.parseInt(request.getParameter("dia2"));
//diametro 2
        float datoNueve =
Float.parseFloat(request.getParameter("sep")); //separacion 1
        float datoOnce =
Float.parseFloat(request.getParameter("sep2")); //separacion 2
        // End Recibir variables.

        float Am = calculaAm(datoNueve,datoOcho,datoDos,datoSiete);
        float x = datoCuatro/datoCinco;
        float resEval= valorFinalAEvaluar(Am,datoUno,datoTres,x);
        resultat (datoUno,resEval);

        /// Imprimir los datos introducidos:
        out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
        out.println("Los datos introducidos son:<br>");
        out.println(datoUno + " " + String.valueOf(datoDos) + " " +
String.valueOf(datoTres) + " " + String.valueOf(datoCuatro)+ " " +
String.valueOf(datoCinco)+ " " + String.valueOf(datoSeis)+ " " +
String.valueOf(datoSiete)+ " " + String.valueOf(datoOcho) + " " +
String.valueOf(datoNueve));
        out.println( "</font>");

        out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
        out.println("</br></br>El resultado de la consulta es:<br>");
        out.println(String.valueOf(Am)+ " " + String.valueOf(resEval));
        out.println( "</font>");
        // End Imprimir los datos introducidos

        // IMPRIMIR EL RESULTADO

        if (datoUno == 1)
        {
            out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
            out.println("</br></br>La resistencia característica del
Forjado es igual a R60</br>");
        }

        else if (datoUno == 2)
        {
            out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
            out.println("</br></br>La resistencia característica del
Forjado es igual a R90</br>");
        }
        else if (datoUno == 3)
        {
            out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
            out.println("</br></br>La resistencia característica del
Forjado es igual a R120</br>");
        }

```



```
    }
    else if (datoUno == 4)
    {
        out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
        out.println("</br></br>La resistencia característica del
Forjado es igual a R180</br>");
    }

    else if (datoUno == 5)
    {
        out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
        out.println("</br></br>La resistencia característica del
Forjado es igual a R240</br>");
    }

    // END IMPRIMIR RESULTADO

    } catch (NumberFormatException nfe) { // Respondemos con que la
entrada de datos es errónea
        out.println("<font size=2 face=verdana color=\"white\">");
        out.println("Los datos recibidos no son números enteros o no
están todos los campos completados");
        out.println( "</font>");
    }
    // END RECIBIR VALORES y LLAMAR FUNCIONES
    %>

</body>
```

2 COMPLEMENTO ESTUDIO TEORIA DEL FUEGO

2.1 - DEFINICIÓN DE FUEGO

El fuego se define como un proceso de combustión caracterizado por una reacción química de oxidación (desde el punto de vista del combustible) de suficiente intensidad para emitir luz, calor y en muchos casos llamas. Esta reacción se produce a temperatura elevada y evolución de suficiente calor como para mantener la mínima temperatura necesaria para que la combustión continúe.

A temperaturas elevadas aumenta rápidamente la velocidad de oxidación, produciendo cantidades cada vez mayores de calor por unidad de tiempo, hasta alcanzar el nivel en que se sostiene a sí misma en el medio de reacción, por el calor que produce.

Por inflamar o permitir la propagación de la llama, hay que calentar el material combustible hasta una temperatura mínima, por debajo de esta no se podrá quemar. Pero esta temperatura varía mucho entre unas sustancias y otras, así, por ejemplo, hay algunas sustancias, como el alcohol, que se inflaman (inician la combustión) con una temperatura relativamente baja, en cambio hay de otras, como la madera, que necesitan temperaturas más elevadas por quemar. La combustión posterior depende del calor que las llamas devuelvan al combustible pirolizado y evaporizado.

No todos los incendios se desarrollan del mismo modo, aunque todos pueden pasar por cuatro etapas:

- Etapa incipiente: Se caracteriza porque no hay llamas, hay poco humo, la temperatura es baja; se genera gran cantidad de partículas de combustión. Estas partículas son invisibles y se comportan como gases, subiendo capa el techo. Esta etapa puede durar días, semanas e incluso años.

- Etapa latente: Todavía no hay llama o calor significativo; empieza a aumentar la cantidad de partículas hasta hacerse visibles; ahora las partículas se denominan humo. La duración de esta etapa también es variable.

- Etapa de llama: Según se desarrolla el incendio, se llega en su punto de ignición y empiezan las llamas. Baja la cantidad de humo y aumenta el calor. Su duración puede variar, pero generalmente se desarrolla la cuarta etapa en cuestión de segundos.

- Etapa de calor: En esta etapa se genera gran cantidad de calor, llamas, humo y gases tóxicos.

2.2 - DINÁMICA DEL FUEGO

Los estudios sobre incendios, así como su proceso, son muy escasos. Este hecho queda retratado en la poca presencia universitaria de esta disciplina. Se le da más importancia a la prevención, que al estudio del fenómeno en sí.

La legislación actual no se basa en la información sobre el fenómeno, sino en sus consecuencias, la magnitud del desastre.

Esto se ha traducido en muchas incongruencias, como que según ciertas normativas de protección contra incendios de obligado cumplimiento, se tenga que recubrir con pinturas/cementos retardantes las vigas de madera, por el simple hecho de que la madera es una materia combustible, sin entrar en consideraciones sobre la diferente combustibilidad que presenta la madera en función de su perfil, sección, tipo,..etc.

Todos tenemos un conocimiento intuitivo de lo que es la velocidad de propagación de un incendio y se estima la mayor o menor rapidez con que el mismo se propaga, pero no existe en la actualidad una fórmula para medir esa velocidad, a fin de realizar comparaciones.

Es natural que si se desconocen las causas y circunstancias que desencadenan los incendios, no se podrán tomar las adecuadas medidas para prevenirlos, ni las más apropiadas técnicas de protección, así como los más eficaces métodos de control y extinción.

Clasificación de los incendios por su naturaleza.

Clasificar un incendio después de terminar su investigación, es establecer la categoría a la que pertenece. La manera de cómo ocurre o se desencadena la fuente de calor y/o la forma en que los incendios se propagan, los mismos se clasifican en dos categorías:

Incendios de causalidad conocida:

- Naturales
- Accidentales o fortuitos
- Intencionados

Incendios de causalidad desconocida:

- Incendios desconocidos

Incendios naturales.

Son aquellos incendios en los que la causa que los desencadena, la fuente de calor, es de origen natural, es decir está generada por procesos que ocasionalmente se pueden dar en la naturaleza, sin que intervengan otros factores.

En este tipo de incendios se encuentran los originados por caídas de rayos, volcanes, emanaciones naturales de gas, procesos de fermentación en restos de materia orgánica, terremotos, radiaciones.....etc.

Hay que distinguir claramente estos incendios, de aquellos en que si bien la fuente de calor es de tipo natural, ha de existir algún elemento presente, interpuesto o no, susceptible de generar o aumentar el calor para alcanzar el punto de inflamación del combustible presente. Por ejemplo un incendio forestal, que sea debido al efecto "lupa" de algún cristal presente en el monte por cualquier causa, que concentra los rayos solares, no

se debe clasificar como natural, sino más bien como accidental o fortuito, ya que la fuente de calor natural, los rayos solares, no son suficientes de por sí para alcanzar en el combustible sobre el que inciden, la temperatura de inflamación.

Incendios fortuitos o accidentales.

Son aquellos incendios en los que la fuente de calor que los origina se debe a un hecho no previsto, bien por un fallo en las instalaciones, maquinarias o enseres presentes en el sistema incendiado, o bien por negligencia humana.

a) Por fallos en los elementos del sistema: cortocircuitos, electricidad estática, auto explosiones de gases inflamables, trabajos de soldadura, fricción.....etc., y multitud de circunstancias y hechos que en un momento determinado pueden causar un incendio. El estudio de todas estas posibles causas presentes en un determinado escenario, definen al sistema y establecen el riesgo potencial de incendio que presenta el mismo. En base a estos conocimientos se diseñarán las medidas de prevención y se proyectarán las medidas de protecciones tanto pasivas como activas.

b) En los incendios clasificados como accidentales por negligencia humana la fuente de calor no se produce por un fallo "técnico", sino que se aporta al sistema involuntariamente por la persona, sin descartar que muchas veces el propio fallo técnico es una consecuencia de una negligencia humana. Los mismos se deben a tres hechos fundamentalmente:

1.- Por un desconocimiento del riesgo. Acciones que se cometen sin saber cuales son sus consecuencias: por ejemplo el que ignora la evaporación de líquidos inflamables muy volátiles, y emplea alguno de ellos para avivar un fuego.

2.- Por una acción voluntaria cuyas consecuencias no se prevén, aunque el riesgo es conocido: encender un fuego creyendo que se está a suficiente distancia del monte y que se podrá controlar,

3.- Negligencia. Situar una fuente de calor en el sistema olvidándose de la misma: la colilla en un cenicero, una estufa encendida toda la noche,...etc.

4.- Causados a pesar de haberse observado las disposiciones reglamentarias y que sin embargo generan responsabilidades.

Incendios intencionados.

Son aquellos incendios, en los que la fuente de calor es aportada al sistema por la persona o personas, de forma voluntaria y con la intención de obtener un beneficio de cualquier tipo, o bien causar un daño a las personas o cosas, o ambas a la vez. En los países anglosajones, los incendios intencionados y todo lo referente a los mismos, se les denomina con la palabra "arson".

Las causas por las que se provocan incendios se agrupan en función de un objetivo a conseguir. Así, según los fines a lograr se provocan incendios intencionadamente por:

Incendiarismo: Cuando lo que se persigue es un lucro económico. Es el caso más corriente entre los incendios provocados. Se trata de percibir un dinero, recalificar un suelo, desalojar a un inquilino,...etc., mediante el empleo del fuego.

Por agresividad física: Cuando se provoca un incendio que comporta peligro para la vida o integridad física de las personas. Estas lesiones pueden llegar incluso a la muerte y de forma intencionada, con lo que jurídicamente pueden clasificarse estos hechos de homicidio o asesinato.

Vandalismo: Cuando mediante el incendio se hace un daño, sin perseguir más beneficio que el perjudicar a un tercero o a la sociedad: Vehículos estacionados en vía pública, salas de fiesta, etc...

Piromanismo: Cuando el fin es conseguir satisfacción al contemplar la belleza del fuego.

Incendios desconocidos.

El incendio se clasifica como de naturaleza desconocida cuando se desconoce el origen y la causa que lo desencadene. Es natural que si se desconoce el origen del fuego, no se podrá determinar la causa. Pero en más de una ocasión localizado el inicio del fuego no se puede determinar con certeza la causa del mismo.

2.3 - COMBUSTIÓN Y FUEGO.

Actualmente el proceso de combustión se define como una reacción irreversible entre un combustible y un oxidante, iniciada por una energía de activación, en la que siempre se desprende calor y en algunos casos luz.

En función de la velocidad con que transcurren las combustiones, las mismas se clasifican en:

Combustiones lentas: Se producen sin emisión de luz y con poca emisión de calor. Se dan en lugares con escasez de aire, combustibles muy compactos o cuando la generación de humos enrarece el ambiente. Pueden ser muy peligrosas, puesto si existe una corriente de aire puede acelerarse el proceso.

Combustiones rápidas: Se producen con fuerte emisión de luz y calor. Si son muy instantáneas pueden dar lugar a explosiones. Los resultados de toda combustión rápida son: humo, llama, calor y gases.

El humo aparece por una combustión incompleta, en la que las pequeñas partículas que no han ardido se hacen visibles. El humo puede ser también inflamable, cuando la combustión incompleta se debe principalmente a la falta de comburente, con lo que en el mismo pueden encontrarse partículas de inflamables que ante la presencia posterior de una fuente de calor y aire, puede combustionar.

El humo puede adquirir diferentes colores durante la combustión, indicativo de las condiciones en que se está produciendo la combustión y de que materiales están ardiendo. Así un color negro o gris oscuro, evidencia una falta de oxígeno, es decir una desproporción entre el combustible y comburente. Un color blanco o grisáceo, evidencia una combustión libre. Algunos colores indican la presencia de producto tóxicos: amarillento, óxidos de nitrógeno,...etc.

La llama es el gas incandescente producido durante una combustión rápida.

Por norma general, la combustión ocurre casi siempre en fase gaseosa. Los cuerpos sólidos y líquidos emiten vapores al calentarse, siendo éstos los que arden. Así, se denomina temperatura de ignición o punto de encendido, la temperatura mínima a la cual, bajo condiciones de ensayo determinadas, un material desprende la cantidad suficiente de gases inflamables para producir su inflamación en presencia de una fuente de calor. Si se retira la fuente de calor se apaga. Si continúa aplicándose la fuente de calor sobre la leña, llega un momento que los vapores emitidos arden y la energía emitida es suficiente para continuar generando más vapores, susceptibles de inflamarse aunque se retire la fuente de calor. Se dice que se ha llegado a la temperatura de inflamación: la temperatura mínima por encima de la cual una mezcla de vapores inflamables, en presencia de aire, arde sin necesidad de una fuente de ignición externa.

En los sólidos, la propagación de un frente de llama, a lo largo de los mismos sin aporte externo de calor, se denomina auto propagación de la llama. Los gases, son el producto resultante de la combustión. En función del tipo de combustible y de las condiciones en que se realiza la combustión, se desprenden unos gases u otros. El gas que más comúnmente se desprende en las combustiones es el CO₂, en equilibrio siempre con el CO. En las combustiones de PVC, se desprende HCl; si lo que arde son materiales con alto contenido de nitrógeno como lanas, puede desprenderse HCN; al combustionar

hidrocarburos, junto al CO₂, se desprende vapor de agua. Calor, es la energía que se emite en toda reacción exotérmica de combustión.

Como toda reacción irreversible, la combustión puede transcurrir más lenta o más rápida. Cuando más velozmente transcurre la reacción más rápidamente se libera la energía, con lo que se produce luz, el fuego. Para que se origine el fuego deben darse cuatro factores simultáneamente:

Un combustible en presencia de comburente, una fuente de calor susceptible de alcanzar la temperatura de ignición del combustible y la reacción en cadena.

Es lo que se denomina el tetraedro del fuego.

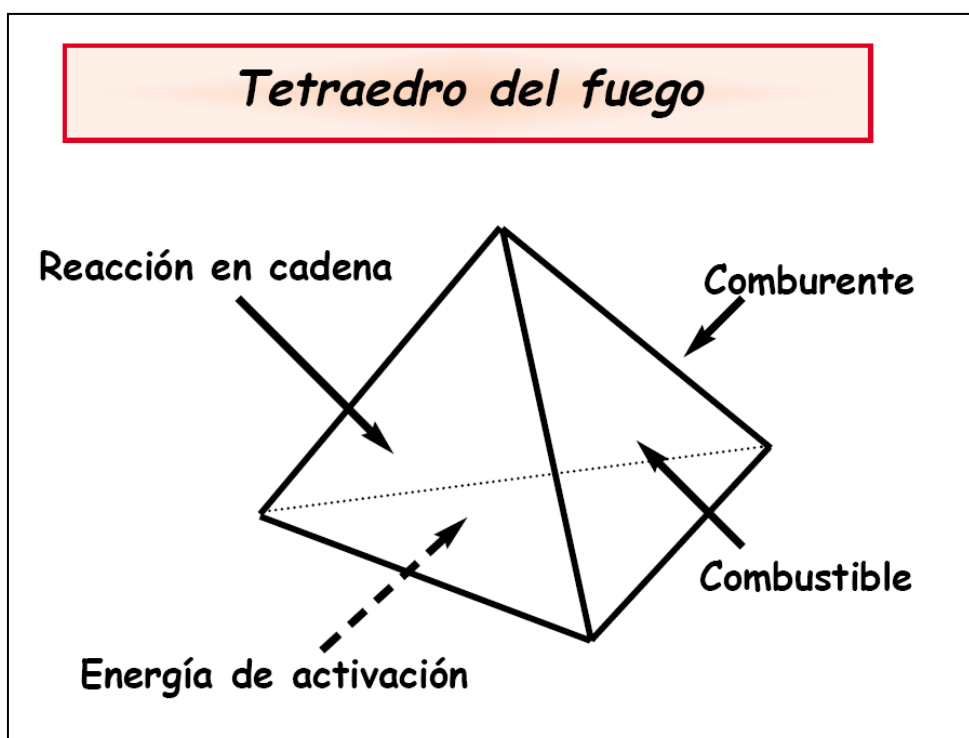


Ilustración 2.1

Si han de concurrir cuatro circunstancias para que se desencadene un incendio, cualquier proceso que elimine una de ellas detendrá el fuego, en consecuencia habrá principalmente cuatro técnicas de extinción fundamentalmente:

- Sofocación: Cuando se impide que el comburente esté en contacto con el combustible. Mantas, agua en disolventes más pesados, espumas....etc.

Existen productos químicos que se emplean como sofocantes, tales como los bicarbonatos de sales alcalinas y fosfatos amónicos.

- Refrigeración o enfriamiento: Disminuir o eliminar la fuente de calor. El más comúnmente empleado es el agua, por su fácil disposición, y por la cantidad de calor que es capaz de absorber.

- Inhibición o rotura de la reacción en cadena: Consiste en impedir la transmisión de calor de unas partículas a otras de combustible, interponiendo catalizadores entre ellas. La reacción de combustión se desarrolla a nivel molecular a través de un mecanismo químico

de radicales libres. Si estos son neutralizados, la combustión se detiene, extinguiéndose el fuego. Algunos polvos químicos tienen la propiedad de liberar bajo efectos térmicos, radicales libres que al combinarse con los generados por combustión, detienen la reacción en cadena. Los halones, actualmente prohibidos, son los principales productos neutralizantes de la reacción en cadena de la combustión.

- Dilución o desalimentación: es la retirada o eliminación del elemento combustible. El fuego siempre necesita nuevo combustible para propagarse. Si se elimina o retira el combustible de las proximidades de la zona del incendio, el fuego se extingue. Cortar el flujo de fluidos o gases combustibles que descargan en la zona de fuego, es una alternativa para sofocar un incendio. En una fuga de gas, la desalimentación será en muchos casos poder cerrar la válvula de paso.

□ La combustión que desprende fuego, es más completa cuanto menos cantidad de llama produce y más incompleta cuando más cantidad de llama genera. Llama y humo, son dos conceptos que se diferencian físicamente por la distinta temperatura a la que se encuentran, pero que no difieren desde el punto de vista químico. El humo no es más que la "llama enfriada" al encontrarse más alejada de la fuente de calor, y al enfriarse deja de emitir luz. Según el tipo de combustible, los fuegos se clasifican en cuatro clases, que se corresponden con las cuatro primeras letras del alfabeto:

-Fuegos clase A: Son los producidos o generados por combustibles sólidos: madera, carbón, paja,...etc.

-Fuegos clase B: Son los originados por combustibles líquidos: gasolinas, aceites,..etc.

-Fuegos clase C: Producidos cuando combustionan sustancias gaseosas: Butano, gas ciudad,....etc.

-Fuegos clase D: Son los producidos o generados por metales combustibles, tales como el potasio, magnesio, polvo de aluminio, zirconio,..etc.

En función del sistema donde se genera el incendio, los mismos se clasifican en:

-Incendios forestales, Incendios industriales e Incendios urbanos.

2.3.1 - MECANISMO DE TRANSMISIÓN DEL CALOR.

En todo incendio se produce una transmisión de calor entre los elementos presentes en el escenario del incendio. Esta transmisión de calor puede ser por tres mecanismos distintos: Por conducción, por convección y por radiación.

- Por transmisión de calor por conducción, se entiende el paso de calor a través de un cuerpo, de molécula a molécula, sin desplazamiento visible de sus partículas.

En el caso de fluidos se produce la conducción como consecuencia de la transferencia de energía cinética. En muchas ocasiones, se debe al movimiento libre de electrones. Este proceso es particularmente importante en los metales, y es responsable de la elevada conductividad calorífica de los mismos.

- Por convección, se entiende el paso del calor en el interior de un gas o líquido, por "mezcla" de las porciones a distintas temperaturas. La convección se dice que es natural, cuando se origina por diferencia de densidad que se produce como consecuencia de la presencia de gradientes de temperatura existentes en el sistema. Es forzada, cuando la transmisión de calor se debe a corrientes de remolinos existentes en un fluido con movimiento turbulento. Se consigue la convección forzada cuando activamos mecánicamente el movimiento del fluido.

- El calor transmitido por radiación, no precisa de un medio material como vehículo. Todos los materiales radian energía calorífica en forma de ondas electromagnéticas. Cuando esta energía incide sobre otro cuerpo, puede ser parcialmente reflejada, transmitida a su través o absorbida. La energía absorbida es la que se manifiesta en forma de calor en el cuerpo.

-VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN.

No hay que confundir la velocidad de combustión de un producto, con la velocidad de propagación de un incendio en la que está presente ese producto.

La velocidad de combustión es la consecuencia de la cinética de una determinada reacción de oxido-reducción: cuanto mas aprisa transcurra dicha reacción, mayor será la combustión del producto. Pero en la velocidad de propagación del incendio, además de este parámetro característico de cada una de las materias presentes, existen otros factores determinantes para que el incendio se propague más o menos rápido. Los factores que intervienen en la rapidez de la propagación de un incendio, a parte de la velocidad de combustión de las materias presentes, son los siguientes:

- a- Concentración de comburente/combustible en el medio.
- b- Superficie específica expuesta al ataque del fuego.

Concentración de comburente/combustible en el medio

La cantidad de “reactivos” presentes, comburente y combustible, influye en la velocidad del incendio y el final del mismo, cuando se consume alguno de los dos. El componente que más influye en dicha velocidad es el comburente, de ahí la importancia que en todo incendio tienen las corrientes de aire: la aireación. El comburente es siempre el mismo en todo incendio, el oxígeno, excepto en rarísimas ocasiones.

La presencia del combustible si bien influye en esta velocidad en función de la naturaleza del mismo, la proporción en que se encuentra respecto al comburente es primordial, pues cualquier sustancia por inflamable que sea no arderá si no hay comburente y su velocidad se ralentizará a medida que disminuya el mismo.

Cuando el comburente está en mayor proporción que el combustible, la reacción transcurre desde el inicio con una aceleración uniforme, que solamente al final decrece de forma rápida hasta finalizar.

Cuando en el escenario del incendio el combustible está en mayor proporción que el comburente, la reacción transcurre al inicio con una aceleración uniforme, se estabiliza alcanzando una velocidad constante, para ir paulatinamente decreciendo lentamente hasta finalizar.

Hay dos situaciones límites en la concentración combustible-comburente, en que la reacción no transcurre. Cuando los vapores de combustible se encuentran en una proporción muy pequeña con respecto al comburente, éste no arde aunque esté presente una fuente de calor. Se dice que la relación combustible/comburente se encuentra por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

En otras situaciones, la proporción de combustible es muy superior a la de comburente y tampoco tiene lugar la reacción. La relación combustible/comburente, se encuentra por arriba del límite superior de inflamabilidad.

-SUPERFICIE ESPECÍFICA EXPUESTA AL ATAQUE DEL FUEGO.

Como se ha dicho el fuego se produce al arder los vapores que se generan en la superficie del material combustible. Cuanto mayor sea esta superficie mayor es la posibilidad de emitir vapores y por lo tanto más fácilmente arde la materia. La superficie expuesta al ataque del fuego es un factor determinante en la velocidad de propagación del incendio.

Cuando se quiere hacer arder rápidamente una materia, una cosa a tener en cuenta es conseguir una distribución espacial de la misma, de modo que la superficie libre sea la mayor posible. Cuando mayor sea la fracción hueca entre los materiales, mayor es la superficie expuesta.

2.4 - TRAYECTORIA DEL FUEGO.

El fuego, en condiciones idóneas y no forzadas, sigue una trayectoria siempre vertical. Esto es así debido a que los gases que se producen en el mismo, al estar en contacto con la fuente de calor, aumentan su temperatura, con lo que disminuye su densidad. Esta situación de idealidad no existe casi nunca, por lo que el sentido de la trayectoria del fuego, va ser una solución al problema de los tres factores que actúan sobre la trayectoria:

- Condiciones de entorno y geometría del escenario donde ocurre el incendio. Las características constructivas de los edificios donde ocurre el incendio, así como la disposición de huecos y puertas, la distribución de plantas y escaleras, altura de forjados,...etc., condicionan la propagación del incendio, dirigiendo el mismo hacia un sentido u otro.

En función de la geometría y de las características de los materiales constructivos, puede darse o no, lo que se conoce como efecto horno, es decir la mayor o menor facilidad con la que puede dispersarse el calor generado.

El entorno del sistema influye contribuyendo a acelerar o ralentizar la propagación, llegando incluso al auto extinción, con todo lo que implica sobre la trayectoria.

- Condiciones climatológicas: Sentido y dirección del viento (que) desplazará la trayectoria vertical "inicial" en un sentido u otro) y presión atmosférica del día, que favorecerá o no la ascensión vertical de la llama.

Fuerza del viento que contribuirá a la más rápida propagación, e incluso a la formación de focos secundarios a desplazar a otros lugares pequeños restos incandescentes o pavesas.

- Distribución del combustible: Punto de inicio del fuego respecto al resto de combustible. Dependiendo de que el fuego se inicie en un extremo u otro de la masa del combustible, o en su superficie o interior, fuegos de combustión interna, la trayectoria seguida por el incendio será una u otra.

Dicha trayectoria puede verse forzada, cuando en el escenario existen productos altamente combustibles, bien porque son consustanciales con la actividad que se desarrolla, bien porque han sido añadidos al sistema a fin de aumentar la velocidad de propagación, de forma tal que el área afectada por el fuego, sea la máxima posible en el mínimo tiempo.

En todos los casos, la trayectoria va a definir siempre el punto o puntos de combustión más baja. Es decir aquel lugar/es del escenario del incendio, cuya afectación se sitúa en el plano más inferior. Este dato es muy importante, ya que si el fuego sigue una trayectoria vertical, en condiciones de idoneidad, los puntos de combustión baja, van a encontrarse en las inmediaciones del origen del incendio.

Hay que diferenciar siempre los puntos de combustión baja originados por la trayectoria del incendio, de aquellos lugares donde hay una combustión en un plano inferior como consecuencia del desprendimiento o caída desde un plano superior de objetos y restos incandescentes.

2.4.1 - PROPAGACIÓN DEL INCENDIO.

En función de la velocidad y de la trayectoria seguida por el incendio, el mismo se propaga en el escenario donde se desarrolla. Esta propagación del incendio, la forma en que transcurre y el volumen abarcado, consecuencia de la distribución del combustible, todo ello en un determinado tiempo, constituye la dinámica del incendio.

La propagación del incendio ocurre en cinco fases diferenciadas: ignición, desarrollo, combustión súbita generalizada (flashover), pleno desarrollo y declive.

Así se tiene:

a) Fase de ignición: Período en el que se inicia el fuego.

b) Fase de desarrollo: Básicamente es el desarrollo de la ignición en el que el crecimiento inicial del fuego va en función del propio combustible.

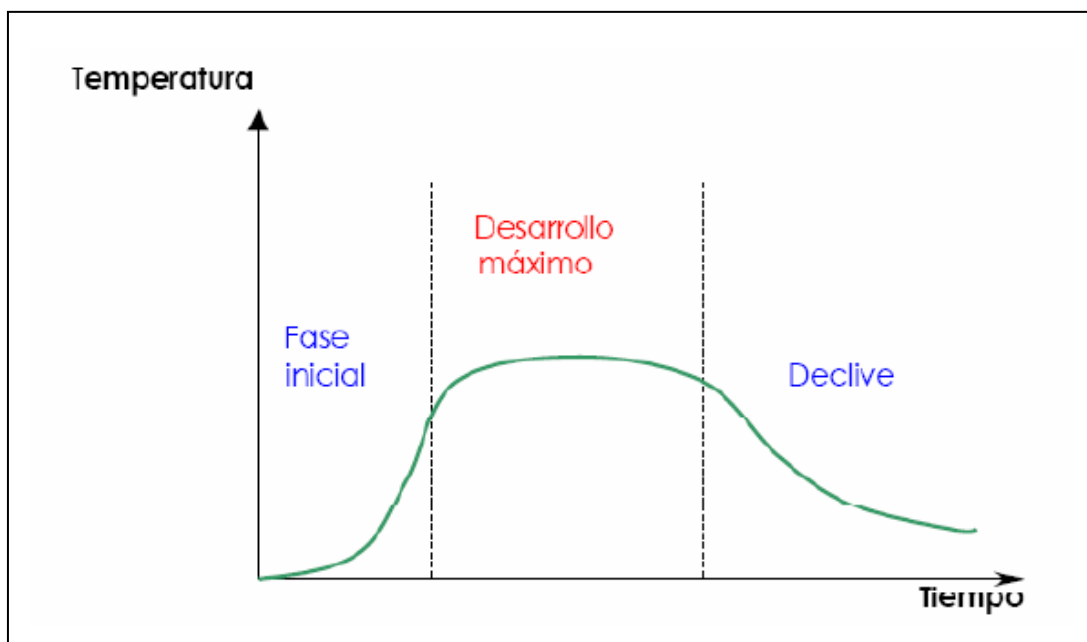
El fuego se describe en esta fase en función de la energía desarrollada en la combustión. En este momento existe suficiente cantidad de oxígeno y de combustible como para poder mantener la combustión y, como consecuencia, el desarrollo del incendio. Estos fuegos, en los que existe suficiente cantidad de oxígeno como para poder mantener la combustión se denominan como “de combustible controlado”.

c) Pleno desarrollo: Durante esta fase, el fuego se encuentra en toda su plenitud. Habitualmente, es en estos momentos cuando se produce una polimerización del combustible mientras arde, de tal forma que desaparece el oxígeno del recinto (como consecuencia del consumo del mismo durante la combustión) si no existe un aporte adicional externo. Previamente al pleno desarrollo del incendio pueden ocurrir fenómenos de combustión generalizada, como el flashover que se verá más adelante, haciendo que el pleno desarrollo se alcance rápidamente.

d) Decaimiento: Tiene lugar conforme va desapareciendo la cantidad de combustible disponible.

En la fase inicial, la elevación de la temperatura es gradual en función del tiempo. El calor en el escenario se propaga fundamentalmente por radiación, excepto en el lugar donde se está generando el incendio, donde existe una pequeña transmisión de calor por convección.

Transcurrido un tiempo, el incendio alcanza el máximo desarrollo, se consiguen las temperaturas más altas y el calor se transmite tanto por convección como por radiación.

**Ilustración 2.2**

A partir de este momento el incendio entra en una fase de decaimiento, donde disminuye la temperatura del escenario. Este decaimiento puede deberse bien a que se ha consumido toda la materia combustible, bien a que la presencia del comburente se ha reducido drásticamente o ambas cosas a la vez.

Cuando el decaimiento del incendio es una consecuencia de la disminución del combustible, el incendio tiende a extinguirse generalmente con una propagación convencional, pero si el decaimiento es consecuencia de la reducción de la presencia del comburente en el escenario, el incendio entra en una fase de "asfixia", que a veces consigue la extinción del mismo.

Pero puede ser que durante esta fase de "asfixia", se presenten "inputs" en el escenario que modifiquen drásticamente esta propagación, dando lugar a fenómenos como la explosión de humo (backdraft).

Esto modifica drásticamente la propagación del incendio, entrando el mismo en una dinámica mucho más severa, que la que hubiera seguido el incendio de no haberse producido una disminución del comburente.

Los efectos multiplicadores (trailer) están presentes en muchos escenarios de incendios:

Los depósitos de combustibles de vehículos en garajes, un incendio convencional, donde ante determinadas circunstancias se desencadena al poco tiempo una explosión de polvo,...etc.

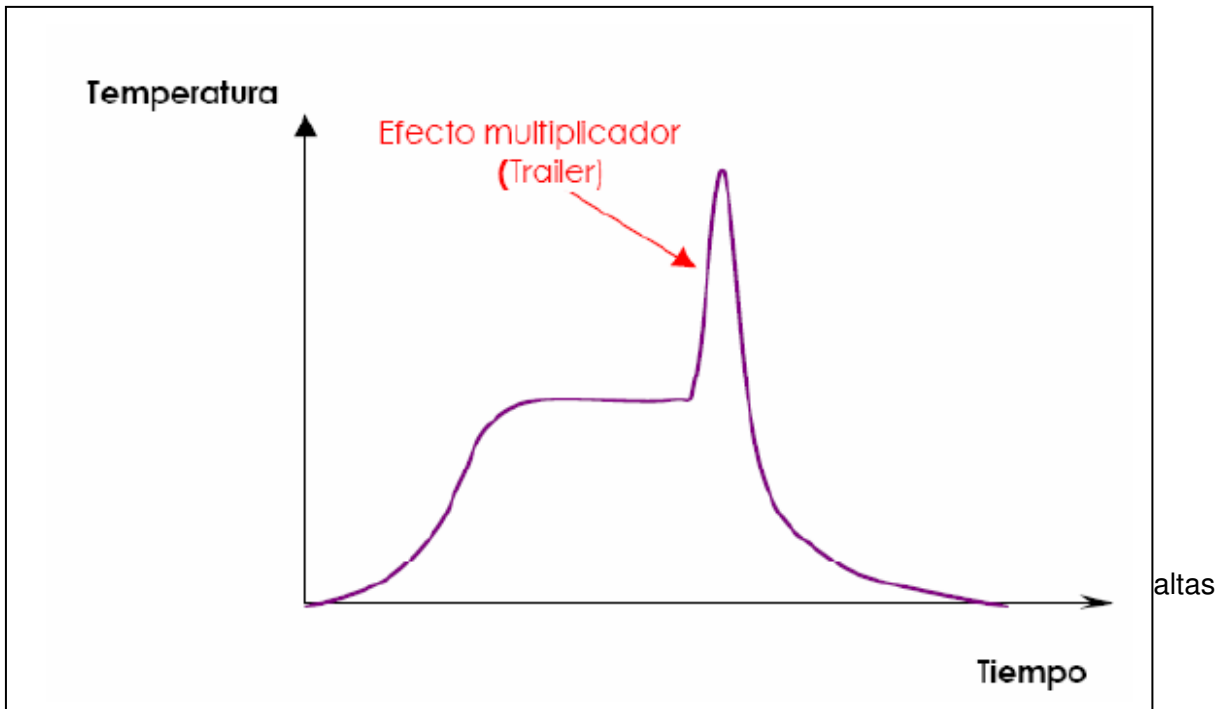


Ilustración 2.3

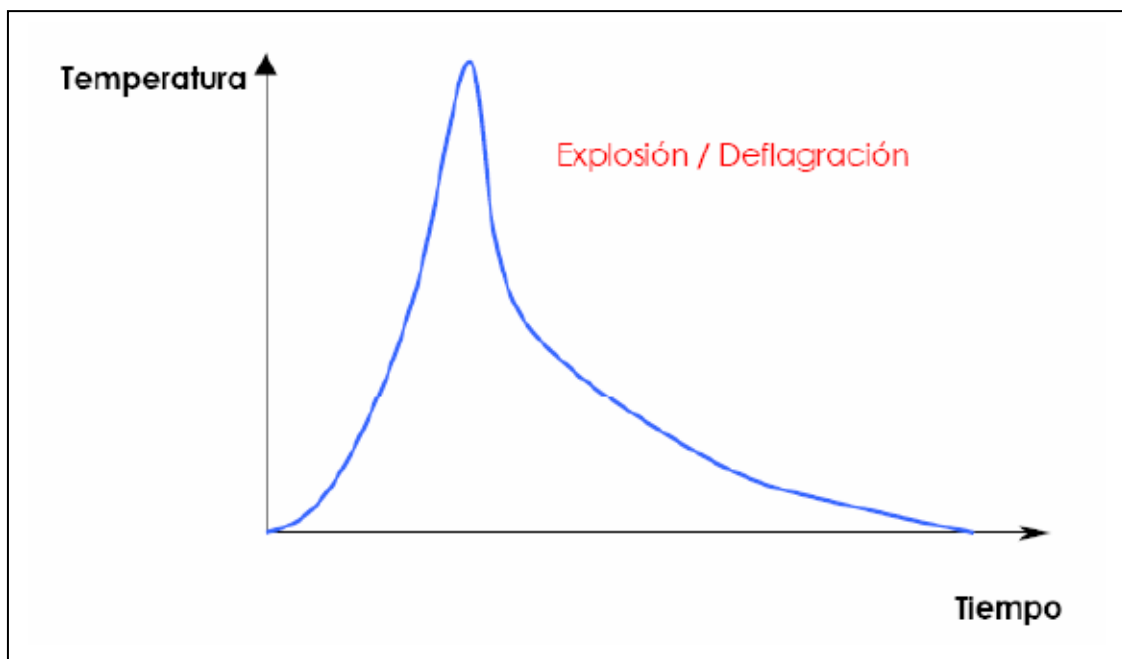


Ilustración 2.4

- Flashover.

Se define el flashover como el momento en que el fuego que está centrado en los alrededores del origen del incendio, se generaliza súbitamente a todos los elementos combustibles presentes en el recinto.

La primera condición para que se dé el flashover, es que el incendio se desarrolle en un espacio confinado, donde el aporte de comburente se realice a través de puertas, ventanas o pequeñas aperturas, siendo los gases calientes procedentes de la combustión y que se acumulan bajo el techo los protagonistas del fenómeno.

En todo incendio que ocurre en condiciones normales en un espacio confinado, una habitación, al principio el fuego es escaso y la combustión cuenta con suficiente aportación de comburente, oxígeno. A medida que se desarrolla el incendio, el fuego se propaga en dos sentidos: horizontalmente, siguiendo la distribución del combustible y verticalmente debido al calor que se propaga convencionalmente. Más del 75% de la energía generada se propaga hacia arriba y sólo un 25% calentará los enseres del entorno en forma de radiación.

A medida que progresa el incendio, el área barrida por el fuego es mayor y el calor transmitido por radiación va disminuyendo, incrementándose el transmitido por convección. La cantidad de comburente consumido en la combustión es ligeramente superior al comburente aportado a través de las pequeñas aperturas del recinto, con lo que la combustión se va haciendo menos completa, y por consiguiente las llamas alcanzan mayores dimensiones, altura.

Los gases de la combustión generados se van acumulando bajo el techo. En un principio el techo absorbe una gran cantidad de la energía que le transmiten los gases calientes, pero a medida que se va alcanzando el equilibrio térmico entre los gases y el techo, esta transmisión de energía disminuye, lo que se traduce en que los gases acumulados bajo el techo van aumentando de temperatura, así como en cantidad, es decir aumenta el espesor de la capa de gases.

Este espesor es función de la altura del techo, hueco de ventilación y gases generados en la combustión. Estos gases acumulados son los principales responsables del flashover. Es pues, es un fenómeno fundamentalmente gaseoso.

Se llega a un punto, en que la aportación continúa de calor va aumentando, y con ella la temperatura de la capa de gases, llegando el momento en que:

Tanto los gases como el propio techo emiten una radiación hacia abajo, que va aumentando la temperatura de la superficie de los enseres presentes en el recinto. A partir de una cierta temperatura, característica de cada material, estos empiezan a emitir volátiles inflamables como consecuencia del inicio del proceso de pirolización

Este hecho tendrá lugar en todo el espacio del recinto bajo cuyo techo se hayan acumulado gases suficientemente calientes, a pesar de encontrarse a una distancia considerable del origen del fuego. En esta fase, la radiación principal vendrá del techo, no de la llama del incendio.

El calor radiado por el propio foco del incendio, los gases acumulados en el techo y el propio techo, aceleran el proceso de pirolisis aumentando la concentración de volátiles en la superficie de los enseres presentes. Al alcanzarse la temperatura de ignición de los

combustibles presentes, el incendio se generaliza súbitamente a todo el recinto: ha ocurrido el flashover.

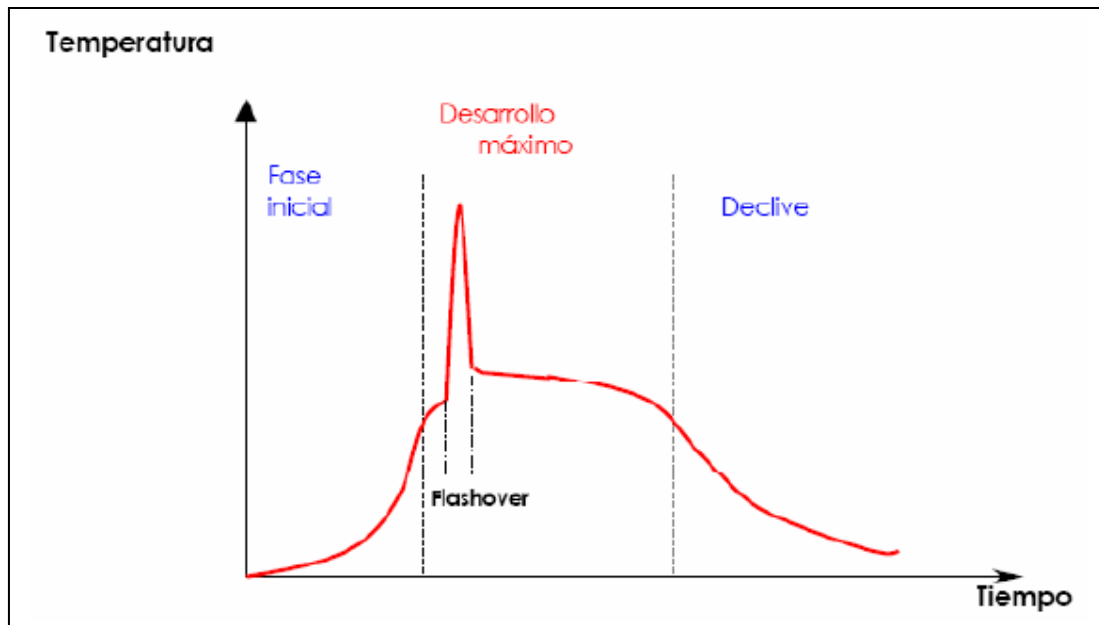


Ilustración 2.5

Fases de un incendio, en el cual tiene lugar un flashover.

El flashover se puede definir como: un aumento repentino de la velocidad de combustión de un incendio confinado, debido a la súbita combustión de los gases acumulados bajo el techo y a la reacción generalizada de los materiales combustibles del recinto como consecuencia de la radiación emitida por esta capa de gases calientes.

La ocurrencia o no del flashover, así como la magnitud del mismo va a depender pues de la altura de los techos, características constructivas del habitáculo, propiedades de los materiales presentes en el escenario, disponibilidad de los huecos de ventilación y % de ventilación con respecto al habitáculo y resistencia a la presión de los elementos compartimentados (Vidrios, lucernarios,...etc.).

- Efecto de la ventilación.

El espesor de la capa de gases calientes es función de la altura del hecho, huecos de ventilación y gases generados en la combustión. Estos gases acumulados son los principales responsables del intercambio de calor entre los mismos y los elementos estructurales.

Si por cualquier circunstancia, existen huecos practicados con elementos de cierre muy frágiles frente a un incremento brusco de la temperatura, ventanas con cristales, al originarse el incendio los elementos de cierre ceden, se produce una ventilación por donde se disipan los gases calientes procedentes del incendio, con lo que el espesor de la capa de gases que se acumula bajo cubierta/techo es mínima y el calor cedido por los gases a los elementos estructurales desciende bruscamente, lo que generalmente se traduce en que en este tipo de edificaciones con huecos a nivel de techo o cubierta, los efectos del incendio sobre los elementos estructurales sean menores.

En el siguiente dibujo se muestra el efecto sobre el intercambio de calor entre los gases calientes y los elementos estructurales, en función de la situación de la altura de los huecos practicados respecto al techo/cubierta.

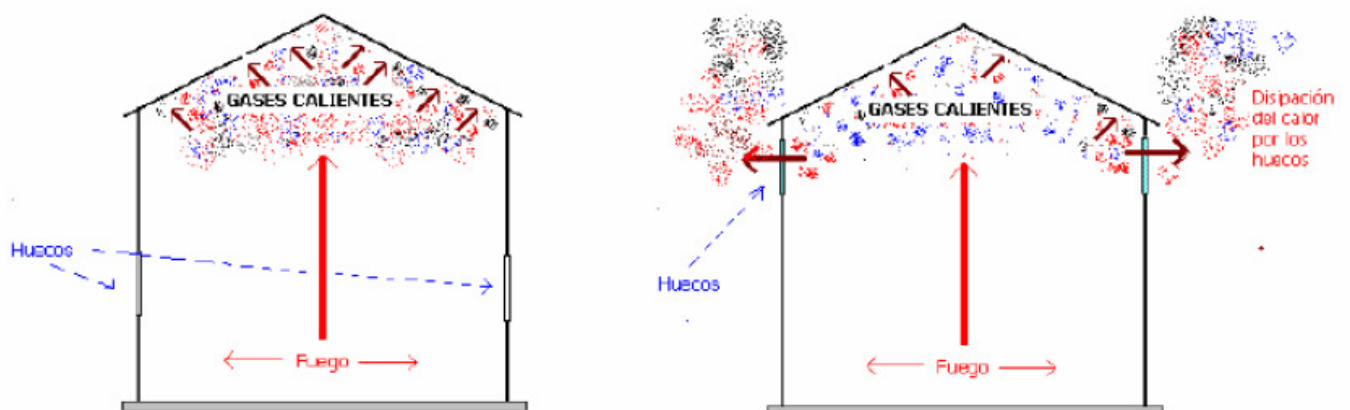


Ilustración 2.6

El proyectista debe considerar la ventilación a la que se verá sometida la estructura en caso de incendio. Es un hecho constatado en las investigaciones de los incendios que:

- Los edificios que por razones de seguridad contra el intrusismo colocan los huecos, a una altura cercana a la cubierta/techo, sus estructuras sufren menos desperfectos, que cuando se ubican en un plano inferior. La razón es obvia, el calor se propaga en sentido ascendente y disipa fácilmente por las ventanas si están situadas a una altura cercana a la cubierta, impidiendo la formación de la capa de gases. En cambio cuando están en un plano inferior, el calor de los gases se acumula debajo de la cubierta, produciéndose el intercambio con los elementos estructurales que quedan más afectados.

- Los pilares situados perimetralmente en la fachada, resisten más que los interiores o centrales, independientemente de la distribución de la carga de fuego.

La distribución de huecos a fin de facilitar una correcta ventilación, no se traduce únicamente en la disminución de la afectación por el incendio sobre los elementos estructurales, sino que evita que se produzcan otros fenómenos altamente peligrosos y que puedan ocurrir en el transcurso del desarrollo del incendio, como las explosiones de humo, (backdraff), el flashover,..etc.

Un hecho muy importante, y que no se tiene en consideración muchas veces entre los proyectistas, es la disponibilidad de huecos o ventanas a la hora de proyectar una edificación. La experiencia constata en la práctica, lo que la teoría predice: si las ventanas de un edificio, nave, se encuentran cerca de la cubierta de la misma, al ceder fácilmente los cristales por el cambio brusco de temperaturas, los gases de la combustión y el calor generado disipan al exterior por estos huecos, con lo que el intercambio de calor con los elementos estructurales es mínimo, y por consiguiente los daños ocasionados por el incendio en la estructura también.

- Transferencia de calor.

Sin duda, el calor es uno de los aspectos más importantes durante un incendio, puesto que de una parte incide en la producción y el mantenimiento del fuego y de la otra puede tener una serie de consecuencias importantes. Por ejemplo:

- Producir lesiones graves a las personas. Estas lesiones se pueden producir sin necesidad de estar directamente en contacto con las llamas o con los materiales encendidos.

- Provocar cambios de estado de los materiales haciendo que pasen de un estado sólido a líquido o de un estado líquido a gases, lo cual puede resultar peligrosa en muchos casos.

- Ocasionar cambios en la densidad de los materiales y provocar que estos se desplacen desde unos lugares a otros, como es el caso del desplazamiento del aire caliente hacia arriba y el aire fresco hacia abajo produciendo un corriente de aire denominado efecto chimenea.

Debido a la importancia que el calor tiene en relación al fuego, resulta fundamental conocer los diferentes sistemas de transmisión.

Una de las características más importantes del calor es el hecho que se transmite de unas sustancias a otras, aunque no siempre se produce del mismo modo. Del mismo modo, el fuego se puede propagar del mismo modo que lo hace el calor, por esto, acto seguido se explican las diferentes formas de transmisión del calor que existen:

- Conducción: En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura. (Ley de flujo de calor, especifica que el calor tiene tendencia de fluir desde una sustancia caliente a una sustancia fría). Esta teoría explica porque los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor. Al 1822, el matemático francés Joseph Fourier dijo una expresión matemática precisa que todavía hoy se conoce como ley de Fourier de la conducción del calor. Esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo, por unidad de sección transversal, es proporcional al gradiente de temperatura que existió en el cuerpo (con el signo cambiado).

El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material. Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen el calor, mientras que materiales como el vidrio o el amianto tienen conductividades del orden de cien o mil veces menor, con el que conducen muy mal el calor, y se conocen como aislantes. En ingeniería, resulta necesario conocer la velocidad de conducción del calor a través de un sólido en el que exista una diferencia de temperatura conocida. Por averiguarlo se requieren técnicas matemáticas muy complejas, sobre todo si el proceso varía con el tiempo; en este caso, se habla de conducción térmica transitoria. Con ayuda de ordenadores, estos problemas se pueden solucionar en la actualidad incluida para cuerpos de geometría complicada.

Si aplicamos esta característica de los materiales (la conductividad térmica) a los incendios, hace falta tener en cuenta que una puerta de madera será más buen aislante del

calor que no otra de acero y, por lo tanto, aunque es más fácil que se inflame por su temperatura de inflamación, en un primer momento será una barrera más efectiva por aislar del calor.

-Convección: Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o de un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso denominado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se consigue sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con el que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos.

Suponemos por ejemplo, que calientan una cazuela llena de agua al fuego. El líquido más próximo al fondo se calienta por el calor transmitido por conducción a través de la olla. La parte del fluido más frío baja, a la parte inferior de la cazuela, puesto que su densidad disminuye; como resultado de esto el agua caliente asciende y parte del fluido más frío baja cabeza al fondo, con lo que se inicia un nuevo movimiento de circulación. El líquido más frío, vuelve a calentarse por conducción, mientras que el líquido más caliente se sitúa encima, pierde parte de su calor por radiación y la cede al aire.

El calentamiento de una habitación mediante un radiador, no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba al techo y que el aire frío del resto de la habitación se dirija de cabeza al radiador. Debido a que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, los radiadores deben colocarse cerca de tierra (y los aparatos de acondicionamiento cerca del techo) para que la eficiencia sea máxima. Del mismo modo, la convección es la responsable de la subida del agua caliente y el vapor a las calderas de convección natural, y de la tirada de las chimeneas. La convección, también determina el movimiento de las grandes masas de aire de la tierra, la acción de los vientos, la formación de las nubes, las corrientes oceánicas y la transferencia de calor desde el interior del sol hasta su superficie.

El aire caliente en una edificación se expandirá y se elevará. Por esta razón, el fuego que se propaga por convección, lo hace mayoritariamente en dirección ascendente, aunque las corrientes de aire pueden traer calor en cualquier dirección. Las corrientes de convección son generalmente la causa del movimiento de calor de un piso a otro, de una sala a otra y de una área a otra. La propagación del incendio por pasillos, escaleras y conductos de ascensores, entre paredes, y a través de las fachadas son principalmente causadas por la convección de corrientes calientes y esto computa mayor influencia a la posición de ataque del incendio y ventilación que se ha producido por la radiación y la conducción. Otra forma de transferencia de calor por convección es por contacto directo de la llama. Cuando una sustancia se calienta hasta el punto donde se generan vapores inflamables, estos vapores pueden entrar en ignición generando una llama. A medida que otros materiales inflamables entran en contacto con vapores encendidos, o llamas, los mismos pueden ser calentados hasta una temperatura donde estos también pueden entrar en ignición.

-La radiación: presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor, no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas. La radiación, es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas. Algunos fenómenos de la radiación se pueden describir mediante la teoría de ondas, pero la única explicación general

satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica. En 1905, Albert Einstein explicó que la radiación presenta a veces un comportamiento cuantificado, en el efecto fotoeléctrico, la radiación se comporta como minúsculos proyectiles denominados fotones y no como olas. La naturaleza cuántica de la energía radiante había postulado antes de la aparición del artículo de Einstein, y en 1900, el físico alemán Max Planck, empleó la teoría cuántica y el formalismo matemático de la mecánica estadística para derivar una ley fundamental de la radiación. La expresión matemática de esta ley, denominada distribución de Planck, relaciona la intensidad de la energía radiante que emite un cuerpo en una longitud de onda determinada con la temperatura del cuerpo. Por cada temperatura y cada longitud de onda existe un máximo de energía radiante. Sólo un cuerpo ideal (cuerpo negro), emite radiación ajustándose exactamente a la ley de Planck. Los cuerpos reales emiten con una intensidad algo menor.

La contribución de todas las longitudes de onda a la energía radiante emitida se denomina poder emisor del cuerpo, y corresponde a la cantidad de energía emitida por unidad de superficie del cuerpo y por unidad de tiempo. Cómo pueden demostrarse a partir de la ley de Planck, el poder emisor de una superficie es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. El factor de proporcionalidad se denomina constante de Stefan-Boltzmann en honor a dos físicos austríacos, Joseph Stefan y Ludwig Boltzmann que, en 1879 y 1884 respectivamente, descubrieron esta proporcionalidad entre el poder emisor y la temperatura. Según la ley de Planck, todas las sustancias emiten energía radiante solamente por tener una temperatura superior al cero absoluto. Cuando mayor se la temperatura, mayor es la cantidad de energía emitida. Además de emitir radiación, todas las sustancias son capaces de absorberla. Por esto, incluso un cubito de hielo emite energía radiante de forma continua, pero se funde si se ilumina con una luz incandescente porque absorbe una cantidad de calor mayor de la que emite.

Las superficies opacas pueden absorber o reflejar la radiación incidente. Generalmente, las superficies mates y rugosas absorben más calor que las superficies brillantes y pulcras, y las superficies brillantes reflejan más energía radiante que las superficies mates. Además, las sustancias que absorben mucha radiación también son buenas emisoras; las que reflejan mucha radiación y absorben poco son emisoras malas. Por esto, los utensilios de cocina suelen tener fondo mate para una buena absorción y paredes pulcras por una emisión mínima, con lo que maximizan la transferencia total de calor al contenedor de la cazuela

Algunas sustancias, entre ellas muchos gases y el vidrio, son capaces de transmitir grandes cantidades de radiación. Se observa experimentalmente que las propiedades de absorción, reflexión y transmisión de unas sustancias dependen de la longitud de onda de la radiación incidente. El vidrio, por ejemplo, transmite grandes cantidades de radiación ultravioleta, de baja longitud de onda, pero es un mal transmisor de las luces infrarrojas, de alta longitud de onda. Una consecuencia de la distribución de Planck es que la longitud de onda a la de un cuerpo emite la cantidad máxima de energía radiante, disminuye con la temperatura. La ley de desplazamiento de Wien, nombrada así en honor al físico alemán Wilhelm Wien, es una expresión matemática de esta observación, y afirma que la longitud de onda se corresponde a la máxima energía, multiplicada por la temperatura absoluta del cuerpo, es igual a una constante, 2.878 micrómetros-Kelvin. Este hecho, junto con las propiedades de transmisión del vidrio antes mencionadas, explica el calentamiento de los invernaderos. La energía radiante del Sol, máxima en las longitudes de onda visibles, se transmite a través del vidrio y entra en el invernadero. En cambio, la energía emitida por los cuerpos del interior del invernadero, predominantemente de longitudes de onda mayor, correspondientes al infrarrojo, no se transmiten al exterior a través del vidrio. Así, aunque la temperatura del aire en el exterior del invernadero sea baja, la temperatura que hay adentro es mucho más alta porque se produce una considerable transferencia de calor limpio cabeza a su interior.

Además de los procesos de transmisión de calor que aumentan o disminuyen las temperaturas de los cuerpos afectados, la transmisión de calor también puede producir cambios de fase, como la fusión del hielo o la ebullición del agua. En ingeniería, los procesos de transferencia de calor suelen diseñarse de forma que aprovechen estos fenómenos. Por ejemplo, las cápsulas espaciales que devuelven a la atmósfera de la Tierra a velocidades muy altas, están dotadas de un escudo térmico que se funde de forma controlada en un proceso denominado ablación, para impedir un sobrecalentamiento del interior de la cápsula. La mayoría del calor producido por el rozamiento con la atmósfera se utiliza en fundir el escudo térmico y no al aumentar la temperatura de la cápsula.

Este tipo de propagación solamente se produce en distancias cortas. En este caso, el calor se transmite por medio de ondas caloríficas invisibles que viajan a través del aire, es a decir, que el calor pasa a través del aire sin que exista movimiento. Cuando el otro material llega en su punto de auto inflamación, calentado por las ondas que le llegan, este empieza a quemar sin la necesidad de que haya llegado una llama.

Por analizar el mecanismo de ignición de los materiales, tenemos que diferenciar entre los materiales sólidos, líquidos y gases. La mayor parte de los sólidos toman la energía de la fuente de ignición externa por conducción, convección o radiación (en la mayoría de los casos, por la combinación de las tres) o se calientan como resultado de los procesos internos que inician la descomposición de las superficies.

Para que se produzca la ignición de un líquido, es necesario que se forme un espacio de vapor capaz de quemar sobre su superficie. Los vapores liberados y los productos gaseosos de descomposición se mezclan con el aire que se encuentra sobre la superficie del material líquido o sólido. Las turbulencias que se producen en la mezcla y la difusión, ayudan al oxígeno a coger las moléculas, átomos y radicales libres dispuestos a reaccionar que se encuentran en el bulto de la superficie. Las partículas inducidas interactúan y liberan el calor. El proceso se va acelerando progresivamente y, cuando se inicia la reacción en cadena, el material entra en ignición y quema.

La combustión en la capa inferior a la superficie de los materiales sólidos combustibles se denomina combustión sin llama y la reacción de combustión que tiene lugar en la unión entre el material sólido y el gas. La combustión con llama entra en la fase gaseosa. Es típica de la combustión tanto de los materiales líquidos como de los sólidos. Los gases combustibles queman de forma natural en la fase gaseosa. Un principio empírico importante es que las mezclas de gas y aire solamente pueden entrar en combustión dentro de un determinado rango de concentración, el que también es válido, para los vapores líquidos. Los límites inferiores y superiores de inflamabilidad de gases y vapores dependen de la temperatura y la presión de la mezcla, la fuente de ignición y la concentración de los gases inertes de la mezcla.

3 - EXPLOSIONES I DEFLAGRACIONES.

Se define la explosión como un cambio repentino, en el estado de una materia por un procedimiento físico o químico, que se manifiesta por una grande liberación de energía, con una elevación de la presión en el lugar dónde sucede. La explosión emite energía, eleva la presión del recinto donde sucede, con la formación de una ola de presión de amplitud finita, que se desplaza desde el origen donde sucede.

En base a lo anterior, las explosiones se dividen en función del fenómeno que las desencadena en:

- Explosiones físicas: Expansiones bruscas de gases comprimidos.
- Explosiones químicas: Reacciones químicas exotérmicas que transcurren a gran velocidad.

Una explosión química se llama que es homogénea o uniforme, cuando tiene lugar simultáneamente en toda la masa de la substancia o mezcla. La velocidad de reacción es la misma en todos sus puntos. Y se llama que es heterogénea, cuando se inicia en un punto de la masa y se propaga a través de la misma rápidamente.

Por la forma, condiciones y propagación en que sucede la explosión, la misma puede desencadenar un fenómeno de deflagración o detonación.

Básicamente en dinámica de fuegos, la detonación no es más que un incendio, dónde la combustión es completa y que se propaga a velocidades superiores al sonido.

Por otra parte se considera que la deflagración, no es más que un incendio la velocidad de propagación del cual está entre 1 cm/s y la velocidad del sonido.

En las deflagraciones, el frente de ola de presión se propaga más rápidamente que la velocidad de reacción. En las detonaciones, el frente de ola y la velocidad de reacción, adelantan juntos a la misma velocidad, es decir la velocidad de intensidad de la ola de choque se mantienen.

Como consecuencia de esto, los métodos de protección por reducir la presión de explosión de una detonación son prácticamente imposible, y muy difícil absorber el efecto de propagación de una detonación.

Que un líquido inflamable como la gasolina detone o deflagre, depende de las circunstancias en que se encuentre y en el escenario dónde suceda. Si está impregnando un producto de combustión casi nulo, algodón impregnado de gasolina, la misma crema; si se encuentra derramada en un recipiente, con la consiguiente formación de vapores y en un ambiente rico en combustible, detonará; pero puede que se encuentre en un ambiente pobre en combustible y la velocidad de propagación sea inferior a los 330 m/s y mayor que 1 cm/s, entonces deflagrará.

Los factores que más influyen en el proceso de la explosión son: presión, temperatura, composición y geometría del recinto.

3.1 - EXPLOSIÓN DE POLVO.

Muchos productos generan partículas finamente divididas, que se denominan polvos, las cuales se van acumulando por diferentes lugares del recinto, durante los procesos de fabricación, manipulación o almacenamiento a los que son sometidos. Generalmente se admite que el polvo son partículas que pueden atravesar un tamiz de 75 Mm y que se depositan bajo el efecto de su peso aunque diferentes motivos pueden encontrarse en suspensión.

Cuando este polvo proviene de materiales combustibles, puede dar lugar, en determinadas circunstancias, a un tipo de explosión característica: la explosión de polvo.

Estas explosiones suelen suceder durante la jornada laboral o instantes tras finalizar la misma, por lo que generalmente suelen ocasionar muertes y heridos graves.

Es debido a que el polvo generado durante la actividad, al acabar la misma, se deposita, disminuyendo su concentración en el ambiente. Es al retomarse la actividad, cuando el polvo depositado, por la vibración de motores y conductos de evacuación, movimiento de cintas transportadoras, etc., pasa al ambiente creando nubes más o menos concentradas, y si se dan determinadas condiciones pueden desencadenar una explosión.

Las explosiones de polvo pueden suceder en cualquier parte del proceso donde se produzca polvo, pudiendo ser el mismo de diferente naturaleza, con la única condición de que este sea combustible.

El polvo no es más que un material finamente dividido, que cuando se encuentra en suspensión en la atmósfera, frente al fenómeno de combustión presenta una gran superficie específica de ataque, que es directamente proporcional a la velocidad de combustión y a la transmisión de calor.

Si en esta nube de polvo, por cualquier causa, se inicia una combustión, esta sucede de forma rápida e incontrolada, a velocidades que superan la del sonido, dando lugar a una explosión. Toda explosión implica una liberación de energía, dentro de unas reducidas variables tiempo-espacio, que genera una presión y la consecuente elevación de temperatura.

Si el polvo está depositado en las diferentes partes del recinto, y se inicia un proceso de combustión sobre el mismo, este seguramente se desarrollará de forma lenta, puede que no llegue a manifestarse.

Si la ignición sucede en el si de una nube de polvo, y si concurren al mismo tiempo una serie de circunstancias, se puede producir la explosión de una pequeña cantidad de polvo, la que se denomina explosión primaria de escaso relieve y que no tendrá mayor importancia a no ser que esta pequeña deflagración inicial genere, a su vez, olas de presión que aumentan las vibraciones del ambiente, lo que se traduce en que una cantidad de polvo que se encontraba depositada pase a la atmósfera.

De esta forma se origina una nube muy mayor que, si reúne las condiciones, es activada por la explosión primaria, produciéndose una segunda explosión llamada

secundaria. Este hecho se puede repetir sucesivamente, dando lugar a una serie de explosiones en cadena, liberándose una repentina cantidad de energía con un gran poder destructor.

Para que estas explosiones se produzcan deben concurrir, simultáneamente, diferentes factores:

-El polvo debe ser combustible.

-El polvo debe dispersarse en una atmósfera bastante rica en oxígeno que permita la combustión. La concentración de polvo en el medio oxidante debe encontrarse entre los límites inferior y superior del de explosividad, característicos de cada tipo de polvo.

-La distribución de este combustible sólido en el medio oxidante debe ser de una dimensión de partícula capaz de propagar el proceso. También las partículas han de estar suficientemente próximas para transmitir la energía necesaria, que se transmite principalmente por radiación.

La fuente de ignición debe tener la suficiente energía para iniciar la combustión y posterior reacción en cadena. Las posibles fuentes de ignición en los procesos donde es inherente la producción de polvo, son muchos y diversos, y prácticamente todas las fuentes de ignición descritas hasta ahora pueden servir (chispas de tipo eléctrico, negligencia humana, fricción mecánica...).

Factores que influyen en la explosión de polvo.

Si en el apartado anterior se han visto las condiciones para que una explosión de polvo tenga lugar, ahora veremos los factores que influyen en dicha explosión y en su mayor o menor fuerza destructora. Estos factores son principalmente:

-Granulometría: Cuánto menor es la dimensión de la partícula de polvo más fácil resulta la ignición de la misma, dado que es mayor la superficie específica expuesta. Por norma general, por granulometrías superiores a 0,5 Mm la probabilidad de inflamación es baja. No obstante, la dimensión de partícula no puede tenerse en cuenta como un parámetro a considerar como medida de prevención. La granulometría influye también en el aumento de la velocidad de incremento de presión. El aumento de presión disminuye cuando aumenta la dimensión de las partículas. La concentración mínima necesaria para que haya explosión, la temperatura de ignición y la energía necesaria por la misma, disminuyen al disminuir la dimensión de las partículas.

-Dispersión: El polvo debe encontrarse en suspensión en el escenario o bien capaz de pasar a este estado por cualquier causa.

-Concentración de polvo: Dicha concentración tiene una gran influencia sobre la violencia de la ola expansiva. Como se ha dicho se requieren unos límites mínimo y máximo. Al igual que sucede en gases y vapores, la velocidad de aumento de presión y la presión máxima producida en la explosión es mayor cuanto la concentración está más cerca del punto de mezcla óptimo.

-Comburente: El medio donde el polvo se encuentra dispersado debe ser suficientemente rico en oxígeno para permitir la combustión completa.

-Humedad: Cuánto mayor es la humedad del polvo, mayor es la energía mínima de ignición necesaria. Cuando la humedad es excesiva, el polvo en suspensión no arde.

-Energía mínima de ignición: La temperatura de ignición de la mayoría del polvo se sitúa entre los 320 y 590°C. La energía mínima necesaria es mayor por el polvo que por los gases y vapores.

-Grupos funcionales: Se ha constatado que la presencia de grupos funcionales como por ejemplo: COOH (radical ácido), OH (alcohol), NH (aminas), NO (nitratos), C=N y N=N, tienden a aumentar el riesgo de explosión. Los metales Al, Ca, Mg o Zn, favorecen el proceso, mientras que el Na, K y Cs, lo ralentizan. En el caso de carbonos, cuanto mayor sea la presencia de materiales volátiles, más fácilmente sucede la explosión.

Características identificativas de la explosión de polvo.

Una vez ha sucedido la explosión de polvo, encontrar e identificar las señales que ha dejado la misma en el escenario del siniestro es relativamente fácil. Los hechos más característicos que se suelen observar son los siguientes.

Todos los recintos comunicados mediante agujeros y aperturas, se encontraran afectados. Para dónde haya polos en suspensión, iniciada la reacción, todo ello explotará.

Ausencia de carácter. Al estar diseminado el combustible por todo el recinto no se observa un cráter o foco puntual donde se concentre el poder rompedor de la explosión.

Explosión sísmica. Todo el recinto por donde está distribuida la nube de polvo, se ve sometido a una fuerte "golpe" debido a la presión que la reacción en cadena va generando sucesivamente. Es debido a que las vibraciones estructurales como a consecuencia de la explosión se desplazan más rápidamente que la ola expansiva.

Focos secundarios en el perímetro de la explosión, con una propagación del foco hacia el interior, es decir en dirección al lugar donde sucedió la misma.

Al suceder la explosión, el combustible presente acostumbra a consumirse completamente en las partes centrales o interiores en donde la misma sucede. Pero en el frente exterior o perímetro de la explosión el combustible presente junto a la energía del frente de olas acostumbra a generar pequeños incendios. Como que en un principio se producen una presión, cuando la misma desaparece, la depresión que se crea hace que los conatos de incendio presenten una propagación hacia el "centro" donde se originó la explosión.

Roturas de los diferentes elementos constructivos en pequeños fragmentos. Como la "masa crítica" no está concentrada, sino que está desfragmentada por todo el recinto, el efecto rompedor no acostumbra a tener un epicentro, por lo que los paramentos constructivos se ven rotos en pequeños trozos, como si hubieran sido rotos por la acción de muchos martillos.

Efecto paracaídas: Debido a que en la explosión de polvo, la masa crítica está distribuida por el espacio, sobre las cubiertas metálicas en vez de producirse un agujero, la sobre presión generada produce un bombardeo de la misma capa exterior, sin que se aprecie la fusión de la misma por la temperatura con la consiguiente depresión hacia abajo como consecuencia de la gravedad.

Deflagraciones de polvo.

Existen determinadas situaciones, en donde en vez de suceder una explosión de polvo, lo que realmente sucede es una pequeña deflagración debida a que el polvo en vez de estar en suspensión, se encuentra pegado a materiales porosos que lo retienen.

Este hecho se produce en granjas destinadas a la cría de animales para el consumo humano, ya que suelen utilizarse construcciones muy simples, con cubiertas de fibrocemento. Al fin de conseguir un aislamiento térmico, en la parte de la cubierta que da al interior se acostumbra a proyectar un aislamiento, generalmente poliuretano expandido.

El material tiene una textura porosa, y con el paso del tiempo se va impregnando de polvo del pienso utilizado en la alimentación de los animales. Sucede a veces, que estando la granja aparentemente limpia, sin polvo en suspensión, delante de una fuente de calor se origina una deflagración a través del polvo impregnado.

Se observa el recinto completamente ahumado, sin que haya roturas de paredes, entonces por la forma que se engancha el polvo a dichas paredes, si bien es producida por un incremento de golpe de temperatura, la sobre presión originada es mínima.

3.2 - EXPLOSIÓN DE LOS VAPORES DE UN LÍQUIDO EN EXPANSIÓN: LA “BLEVE”.

El termino Blevé: “Boiling Liquid Expanding Explosion” significa explosión de un líquido cuando se expande al hervir el mismo.

Como es sabido todo líquido contenido en un recipiente hermético está en equilibrio con su vapor a la temperatura en que se encuentra, siendo la presión de vapor función de esta temperatura.

Condiciones para que se produzca la Blevé.

Para que haya una explosión del tipo bleve, es necesario que se den simultáneamente tres condiciones.

- Que el líquido este sobrecalentado.
- Que se produzca un descenso de la presión en el interior del recipiente que contiene el líquido.
- Que se produzca la nucleación espontánea.

El líquido ha de estar en unas condiciones de presión i temperatura que pueda experimentar el fenómeno de “nucleación espontánea”, es decir una rápida evaporación. Es obvio que las tres condición para que se pueda dar la bleve, las pueden cumplir en determinadas condiciones todos los líquidos que no tienen porque ser inflamables. Los calentadores de agua en ocasiones pueden ocasionar bleve.

Es bastante corriente que un líquido pueda encontrarse sobrecalentado, es decir que se encuentre a una temperatura superior a la que tendría a la presión atmosférica normal. Es obvio que los recipientes que contienen los líquidos tienen que ser herméticos.

La segunda condición es que se de una bajada de golpe de la presión en el interior del recipiente, lo que acostumbra a pasar cuando se produce una fisura en el mismo, que puede ser debida a un vicio oculto en el proceso de fabricación, impactos bruscos o incluso una intensa fuente de calor cerca.

Produce que los mismos dispositivos de seguridad de las cisternas y tanques, la misión de ellos es facilitar la salida del vapor para evitar explosiones por expansión, en determinadas circunstancias favorecen la formación de una bleve, sobretudo si estos dispositivos están mal calculados.

Si por cualquier circunstancia se produce una fisura, grieta u orificios en el recipiente, el vapor fluye desde el recipiente produciéndose una caída de presión en su interior. Si antes de suceder esta lesión en el recipiente, el líquido se encontraba sobrecalentado, al disminuir la presión en su interior por escape del vapor, el líquido empieza a hervir, disminuye la temperatura en toda su masa hasta conseguir los valores correspondientes con la nueva presión, que en el punto de equilibrio será la atmosférica.

No obstante, para que se inicie el proceso de ebullición en la masa del fluido ha de existir un número de núcleos iniciadores de la ebullición. Si en los primeros momentos no existen estos núcleos, la ebullición se retrasa por un tiempo breve, durante el cual el líquido está sobrecalentado, por arriba de la temperatura a la que debería encontrarse en equilibrio con la presión atmosférica. Esto se traduce en que instantes después, se origina una ebullición violenta, que puede llegar a abrir el recipiente, saliendo una gran nube de vapor, que si es de un líquido inflamable, por la propia energía de la expansión o ante la presencia de una fuente de calor se inflama, dando lugar a una gran explosión: la bleve.

La tercera condición es que se produzca la nucleación espontánea. Esto implica que el fluido esté en unas condiciones de presión y temperatura que se produce una evaporación rapidísima, tipo flash.

Los compuestos que con mayor facilidad dan explosiones de este tipo Blevé, son los gases licuados del petróleo, (G.L.P), al ser gases que se transportan licuados, por lo que desde un principio en el interior del recipiente se encuentran sometidos a una sobre presión y porque estos productos no suelen tener núcleos de evaporación.

La energía de esta explosión es función directa de la masa total del líquido que contiene el recipiente y de la diferencia de presión entre la presión de vapor del punto donde se encuentra en equilibrio en aquel momento y la correspondiente en la curva de sobrecalentamiento.

Por esto los métodos más efectivos de prevención de las explosiones bleves, son llenar el recipiente de mallas porosas con mucha superficie y poco volumen que facilitan el proceso de nucleización, así como diseñar válvulas de seguridad para que actúen y se abran cuando sea conveniente. Obviamente el método más práctico de prevención es controlar la temperatura del recipiente por cualquier método de refrigeración; el uso de agua puede ser contraproducente en el caso de líquidos criogénicos.

Características de la explosión Blevé.

La principal señal identificativa de que un recipiente o envase ha estallado en forma de Blevé, es que el mismo queda roto en grandes trozos o fragmentos, sin que haya metralla, produciéndose la ruptura por el lugar donde el recipiente estaba o se había lesionado.

Los fragmentos del recipiente se encuentran en distancias considerables unos de los otros. La explosión no es radial, sino dirigida partiendo del lugar donde se produce la fisura del recipiente.

Por otra parte cualquier líquido inflamable contenido en un recipiente que explota en forma de Blevé, aumenta en unas 1000 veces su poder destructivo, con respecto a una explosión convencional.

La forma que adquiere la bola de fuego que se genera durante la explosión bleve de los líquidos inflamables, depende fundamentalmente de la lesión o fisura que se produce en el recipiente o cisterna. Si el tanque se abre o fisura rápidamente se produce la clásica esfera de fuego (fireballs). Si la fisura o lesión se produce de tal forma que el tanque o recipiente se abre lentamente, se produce una gran llamarada que se proyecta más o menos perpendicularmente a la fisura.

3.3 - BOILOVER.

El fenómeno del Boilover, es una consecuencia de la presencia de agua en los tanques o depósitos de líquidos inflamables menos densos que el agua.

Cuando en un tanque de un líquido inflamable, que por cualquier circunstancia posee una determinada cantidad de agua en su fondo, este se incendia, es la capa superior del líquido la que desprende los vapores y por lo tanto dónde se origina el fuego.

En lo alto del tanque, la temperatura que se da es superior a la que hay a la parte inferior. Los líquidos inflamables almacenados en grandes depósitos a granel, no suelen ser compuestos puros químicamente hablando, la mayoría suelen ser mezclas de compuestos orgánicos de parecidas características: las gasolinas son mezclas de hidrocarburos con otras sustancias orgánicas como impurezas del propio proceso del craking del petróleo.

Este gradiente de temperaturas que existe entre los dos puntos, se traduce en que en la masa del líquido, se produce una destilación que hace que los compuestos más volátiles asciendan siendo los primeros en quemar, mientras que los más pesados van al fondo depositándose sobre la capa de agua.

Al mismo tiempo, la temperatura del tanque va ascendiendo, y el agua depositada en el fondo ultrapasa de mucho los 100°C, si bien no hierve por la presión de la columna de líquido inflamable esta encima, con lo que esta masa de agua se encuentra en un estado de sobre presión.

A medida que va evolucionando el incendio, la cantidad de líquido inflamable del depósito va disminuyendo y la temperatura y la presión del agua van aumentando.

Llega un momento en que la sobre presión a la que se encuentra el agua del fondo del depósito, supera la presión de la columna de líquido inflamable situada encima, produciéndose una expansión repentina, que proyecta toda la masa nebulizando todo el líquido, que al aumentar la superficie específica expuesta al fuego, forma una violenta explosión con la formación de la clásica (bola de fuego).

A nivel doméstico, una forma de boilover, sucede cuando una paella con aceite hirviendo se incendia, y por desconocimiento se echa agua sobre la misma a fin de apagar el fuego. El agua es más densa que el aceite con lo que se va al fondo de la paella, donde al entrar en contacto con la parte metálica del recipiente que se encuentra en elevadas temperaturas, sufre una repentina evaporación proyectando el aceite, que al atomizarse o nebulizarse, se inflama propagando el fuego a todo el recinto.

4 - MATERIALES

Actualmente, con la gran cantidad de instalaciones que transcurren por los edificios, se crean muchos agujeros y conductos que atraviesan los muros y elementos cortafuegos, de esta manera se debe disponer de sistemas o productos, que cuando reciban un incremento de temperatura este aumenten de volumen y obstaculicen el paso impidiendo que el fuego pase a través de ellos.

En las consideraciones sobre el diseño estructural y el coste de los edificios hace falta destacar dos efectos, el primero es el efecto de dilatación general, y el segundo el efecto de continuidad y coacción ejercido por un elemento sobre otro. Si el incendio queda localizado en una parte del edificio, aquella parte estará sometida a l esfuerzo debido al cambio de temperatura, mientras que el resto no, debido a esto, surgirán esfuerzos térmicos considerables debidos a la coacción producida de los elementos del borde. Si el incendio abraza un piso concreto de un edificio de varios niveles, la dilatación del forjado por el calor hará que los pilares estén sometidos a esfuerzos de tracción o cortante.

También es muy posible que los pilares sufran daños durante el enfriamiento de un incendio. Durante el incendio, las losas y las vigas se dilatan y si existe alguna coacción, se presentará la afluencia debida a la compresión a la que estará sujeta al hormigón. Tras enfriarse, pueden presentarse fisuras debidas a la retracción y en casos extremos pueden fisurar los pilares. Por estas razones, es útil limitar las dimensiones horizontales máximas de una estructura mediante las juntas de dilatación, que sean capaces de absorber las diferencias métricas debidas a los cambios de temperatura.

En los incendios de laboratorio, cuando se realizan ensayos de viguetas, estas solamente están apoyadas sobre dos puntos, estos ensayos por lo tanto no son totalmente reales, puesto que en un forjado las puntas de las viguetas restan empotrados al forjado, dando un aumento de la resistencia que en los ensayos no se tiene en cuenta.

El comportamiento de la estructura de un edificio durante un incendio real, depende no solamente del comportamiento teórico de cada elemento, sino de la eficacia de los detalles. Para obtener el nivel óptimo de resistencia al fuego, todas las barras principales de la armadura, tienen que estar correctamente anclados. En las vigas, tanto la armadura superior como inferior, deben ser continuas con solapamientos efectivos sobre los anclajes. Aunque teóricamente el acero de la cara inferior pueda quedar sometido a compresión, en condiciones de un incendio pueden desarrollarse tracciones que provoquen una ruptura prematura si no se cuenta con los solapes apropiados. También es posible que se produzcan errores prematuros debidos al desprendimiento del hormigón que cubre la armadura. Si el recubrimiento es de más de 4 cm de hormigón es recomendable que se utilice tela metálica de alambre a una distancia de 2,5 cm. de la superficie por poder mantener el hormigón en su lugar. Comentar que, los tipos de áridos que haya en la mezcla también influirán en la reacción que tendrá el hormigón como respuesta enfrente del fuego. Así entonces una mezcla rica en carbonatos y arena fina tendrá una reacción parecida, en cambio un mezcla rica en silicatos (habitual) tendrá una resistencia menor enfrente del fuego.

Hay temperaturas a las cuales llegan los materiales que, son importantes, como por ejemplo la temperatura de 300°C del hormigón, lo es por dos razones, la primera porque es

la temperatura bajo la cual se presenta una coloración rosada, y la segunda porque es la temperatura bajo la cual el efecto del calor sobre la resistencia del hormigón es insignificante en términos estructurales. La coloración rosada denominada anteriormente, puede identificarse prácticamente en todos los tipos de hormigón y se mantiene tras el enfriamiento. Con algunos tipos de áridos, algunas veces es requerido un ojo experto y una buena iluminación para descubrirlo. Entonces, la resistencia del hormigón disminuye a medida que la temperatura se eleva tanto así como al enfriarse. Podríamos afirmar que un hormigón que no sobrepasa la temperatura de 300°C, conserva una resistencia del 75%.

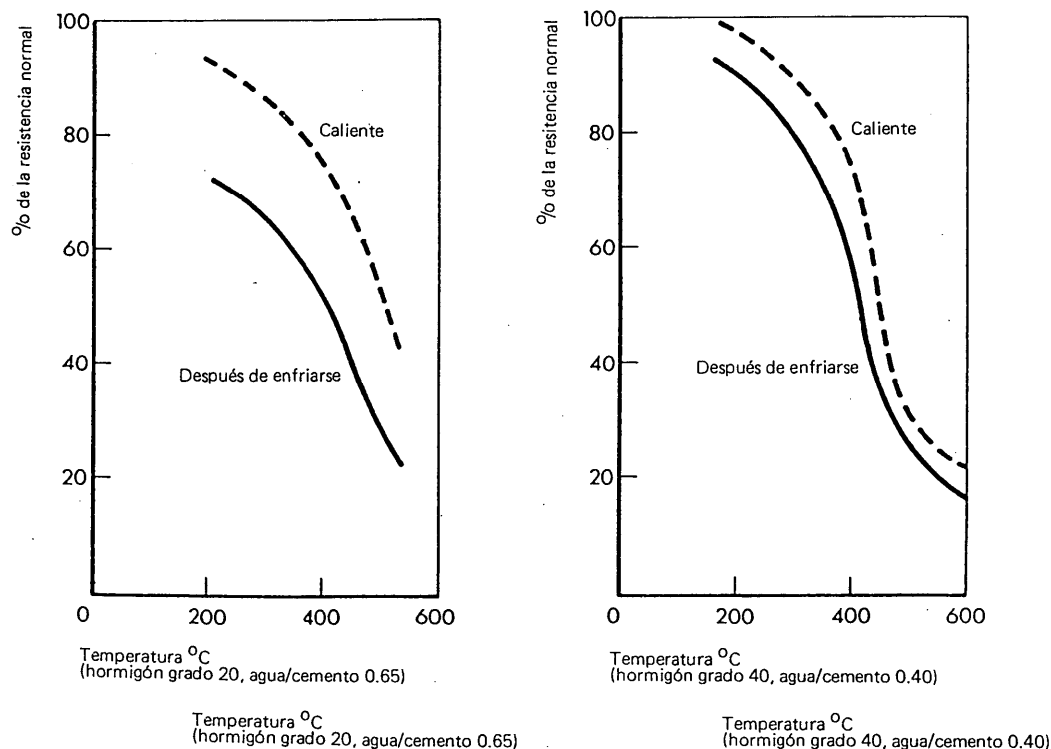


Ilustración 4.1

Después de extraer el hormigón coloreado de rosa, se puede suponer que el hormigón restante tiene una resistencia media no inferior al 80% de su resistencia anterior al incendio, el cual debe sustentar sobradamente la resistencia de proyecto. El efecto de las altas temperaturas sobre la resistencia de la influencia de las armaduras normales, durante la aplicación de calor y tras el enfriamiento. Entonces una bajada en la resistencia de la influencia de la armadura, al 33% del valor normal, probablemente da como resultado un colapso durante un incendio, o al menos una deformación importante. Si estos efectos no son visibles en un edificio después de un incendio, nos da la certeza que la temperatura del acero durante el incendio no ha pasado de los 600°C. Podríamos concluir, que la armadura sometida a flexión que no muestra señales de una deformación visible importante, probablemente no haya sufrido una reducción permanente de su resistencia residual. Con respecto a los aceros pretensados, hace falta comentar que pueden afectar a otras propiedades.

Los elementos estructurales del hormigón se pueden ver afectados por fisuración, los humos del incendio, si contienen ácido clorhídrico, como los que emite el PVC. Podemos observar tres maneras de degradación.

-Del árido: Es debido al estallar y fracturar las partículas del árido como resultado de cambios físico y químicos bajo temperaturas elevadas. Generalmente esta afecta a poca extensión y sólo se limita a la superficie.

-Explosivo: Este se debido a los esfuerzos de tracción causados por el vapor de agua inducido internamente, y por las fuerzas de retracción debido a la elevación de temperatura. Los esfuerzos de tracción causados por el movimiento del vapor de agua, dependen en gran parte al contenido de humedad y esta depende de la edad del hormigón. Esta degradación, es el responsable de que las armaduras puedan quedar vistas, pudiendo llegar en secciones pequeñas de hormigón, a crear agujeros que debilitan la sección de forma radical.

-Desprendimientos: son los referenciados a capas o trozos de hormigón de medidas diversas, que se originan como resultado de una exposición al fuego bastante larga. Se produce por rupturas o fisuras del hormigón y es más probable que pase cuando haya deformación.

Las fisuras son causadas por tensiones inducidas internamente, que resultan de la diferencia de dilatación térmica, asociada con la distribución irregular de la temperatura sobre una sección transversal y por esfuerzos de tracción debidos a la dilatación diferencial entre el hormigón y la armadura. Estos esfuerzos también, a su manera, pueden dar origen a degradación explosiva o al desprendimiento de capas de hormigón.

Los vapores de ácido clorhídrico que aparecen cuando se quema PVC, reaccionan con la pasta de cemento endurecida del hormigón, dando origen a la formación de cloruro de calcio. Una penetración profunda de este, puede constituir un riesgo para la armadura, pero este fenómeno solamente sucede cuando hay grandes cantidades de PVC que queman o cuando los vapores ácidos puedan afectar sobre el hormigón durante un largo periodo de tiempo.

Existen oportunidades de rehabilitación cuando hay un buen margen de resistencia estructural al fuego, y las estructuras de hormigón son, como indican, propicias a la rehabilitación, incluido después de haber sufrido un incendio de intensidad total. Hay por lo tanto, suficientes datos que hacen referencia a la viabilidad de varias técnicas por determinar el daño ocasionado por el fuego y la posterior reparación en obra de la estructura malograda. Por ejemplo, en un caso, se demuestra como las vigas de cubierta de naves industriales pueden mejorarse con la rehabilitación. La posibilidad de que no haya daño irreparable en estructuras de cubierta de este tipo depende, por lo tanto del margen de resistencia estructural al fuego excedente, de la existencia de dispositivos automáticos, como por ejemplo regadores de agua o ventilación controlada y de su funcionamiento. Todavía cuando los regadores no consigan un éxito cumplido, las posibilidades de rehabilitación serán buenas si la estructura es de hormigón.

El trabajo de recuperación de la estructura ha de estar precedido por una meticulosa inspección y evaluación del daño sufrido. En este contexto, es esencial conseguir una estrecha coordinación de manera especial entre el propietario del edificio, el proyectista de la estructura, el especialista a quien se consultará y la constructora que llevará a término la reparación. La naturaleza y localización precisa de los elementos estructurales afectados por el fuego, con la debida atención a su función en el sistema estructural, son de primordial importancia en la evaluación de la situación. Además, se deben determinar las dimensiones originales de los elementos malogrados y los datos característicos de los materiales utilizados, por ejemplo, el tipo de árido, resistencia del hormigón, tipo de acero. Se debe registrar la extensión del daño mediante información exacta sobre la primera y así como mediante esquemas y fotografías. Se debe hacer una lista de preferencia, poniendo por separado cada elemento integrado, con toda la información obtenida de los planos de

construcción y de otros documentos, así como los valores determinados por examen de la misma estructura conjuntamente con la extensión y naturaleza del daño. Basándose en los resultados de la inspección y evaluación de este último, se decidirá si es suficiente con un restablecimiento de las condiciones existentes antes del incendio, si debe reforzarse la estructura o si por el contrario se debe restaurar totalmente. Si se decide restaurar totalmente conservando las dimensiones originales con la resistencia del hormigón y de la armadura anteriores, ajustándola de nuevo por sustentar las mismas cargas de trabajo que antes, se ha de investigar si se necesario efectuar un nuevo análisis estructural. Será necesario realizar este análisis, como mínimo de las características especiales, si se altera el sistema estructural, si se refuerzan los elementos, si se modifican las cargas o dimensiones, o si se reduce la capacidad de la carga de los elementos individuales.

Habrán de darse instrucciones detalladas para el trabajo de reparación y restauración. Es importante especificar con precisión la naturaleza, extensión y secuencia de las operaciones que se deben realizar, así como proporcionar una buena descripción de todo el apuntalamiento, al igual que de otras medidas para salvaguardar la estructura. En el hormigón, es obvio que se empieza mirando la profundidad y coloración de las zonas afectadas, por esto pueden necesitarse muestras desprendidas con un cincel o testigos cilíndricos de diámetro pequeño. Se eliminará el hormigón rosado, el restante y la armadura serán embebidas no habrán soportado temperaturas superiores a los 300 °C y como se ha comentado anteriormente, este prácticamente no habrá sufrido daños estructurales. La armadura que haya quedado expuesta por degradación y que se encuentre dentro del hormigón rosado se habrá de estudiar más a fondo. Puede suponerse que quedan expuestas por degradación durante el incendio, cuando una o más barras aparecen fuertemente pandeadas entre los estribos o uniones, si por el contrario, las barras no se ven pandeadas, el indicio de que la degradación tuvo lugar tras la exposición a temperaturas elevadas. En el primer caso es posible que la temperatura del acero haya superado los 600 °C, pero en el segundo caso esto no es posible. En todos los casos en los que exista duda, ha de efectuarse ensayos sobre muestras representativas del acero extraídas de las zonas ligeramente armadas o de superficies en que su reposición se pueda hacer fácilmente con los solapes adecuados.

Los ensayos de compresión sobre los testigos cilíndricos obtenidos del hormigón son de menor valor que las indicaciones obtenidas del examen de coloración rosada. No obstante, pueden ser de utilidad cuando hay hormigón muy armado o cuando hay duda de la resistencia conseguida en el proyecto inicial. La tensión del acero pretensado, o en las vainas del postensado expuestas por degradación, debe suponerse generalmente, que es nulo. Por otros aceros pretensados pueden estimarse las pérdidas adicionales mediante la evaluación de la temperatura máxima que llegó el acero.

Antes de proceder a la reparación de los elementos que hayan sido expuestos a los gases de combustión que contengan ácido clorhídrico, debe precisarse hasta qué profundidad ha penetrado los iones cloro, y por lo tanto, si hay riesgo para la armadura. Por esta información se puede usar un método que se basa en la utilización de indicadores nitratos y cromados de plata.

4.1 - ACERO.

Desde el punto de vista estructural, en base a estadísticas de colapsos hechos en estructuras metálicas, el fuego aparece como uno de los agentes principales de dicho colapso (seguramente porque cuando más se construyó este tipo de estructura, no había consideración por el fuego) lo que demuestra que los efectos del fuego deben ser estudiados en fase de proyecto, como actualmente es, puesto que además, tiene como objetivo, el mantener las personas en vida. Se debería prestar más atención a todos aquellos sistemas que disminuyeran o atacaran el fuego, en vez de resistir sus efectos. En general, los espesores óptimos resultan ser inferiores al grueso que marca las normas actuales, #así entonces, decimos que predomina la intencionalidad de salvar vidas. Esta inexactitud, también es posible en buena medida a las posibles diferencias que haya entre los mismos materiales que tengan comportamientos ligeramente diferentes ante los diversos fuegos. Lamentablemente, el tiempo de resistencia al fuego, tal y como se formula actualmente, es engañoso, porque hace referencia a unas condiciones de temperatura que no se producen en la práctica, entonces, la duración de un incendio real, suele ser mayor que el tiempo que marca el elemento estructural estrictamente necesario para que se mantenga en pie a lo largo del incendio, de aquí la tendencia natural a sobrevalorar los valores exigidos por la resistencia al fuego.

En general, se considera que un elemento constructivo pierde la capacidad resistente o funcional bajo la acción de un incendio, como consecuencia de la pérdida, en el primer caso, de ciertas características de capacidad, y en el segundo, de su capacidad de aislamiento térmico o de estanqueidad a las llamas, o por la emisión de gases inflamables, tóxicos, etc. En el caso del acero solamente puede verse afectado, el primer caso, la pérdida de resistencia o capacidad y deformación, puesto que se dejan los otros aspectos a otros elementos constructivos más apropiados. Se considera que se produce el estado límite de agotamiento bajo la actuación de un incendio, cuando la pieza o estructura en acción, sometida a incrementos de temperatura derivados de la exposición a el incendio, y por el resto de acciones, agota su máxima capacidad resistente como resultado de los siguientes fenómenos:

- Transformación de la estructura a un mecanismo
- Inestabilidad elástica e inelástica.

Hay varios tipos de fórmulas y teorías, que describen los criterios de deformación excesiva, coeficientes de ponderación... (ref. la seguridad de las estructuras de acero ante un incendio) que aquí no explicaremos. Tan sólo definimos la temperatura crítica, esta es la temperatura a la cual el material deja de hacer sus funciones sean las que sean.

Si empezamos a poner datos reales, podríamos decir que la densidad del acero, es independiente de la temperatura, y es aproximadamente de 7850 Kg/M³. A continuación se presenta un gráfico que contiene la deformación-tensión para diferentes temperaturas, entre 20 y 600 °C. Este gráfico corresponde al acero A-52, mediante una simple formula, obtenemos el acero que deseamos.

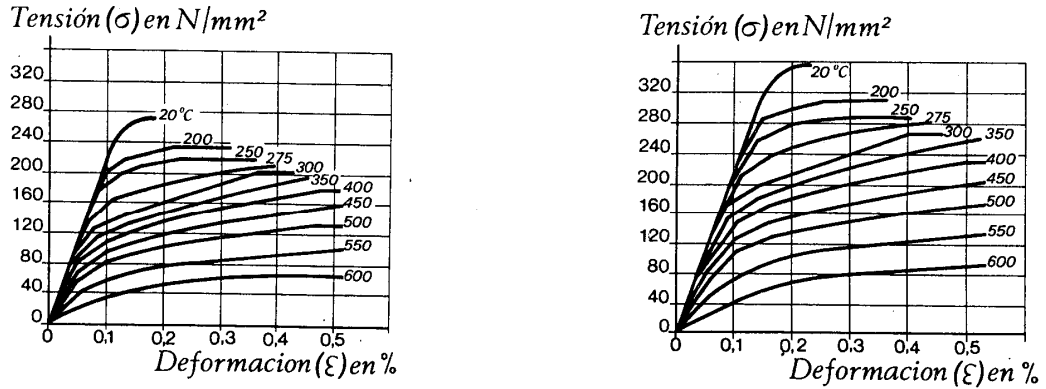


Ilustración 4.2

En el siguiente gráfico se muestra la relación que hay entre la temperatura y el tiempo en un incendio, y los efectos que tiene en el acero.

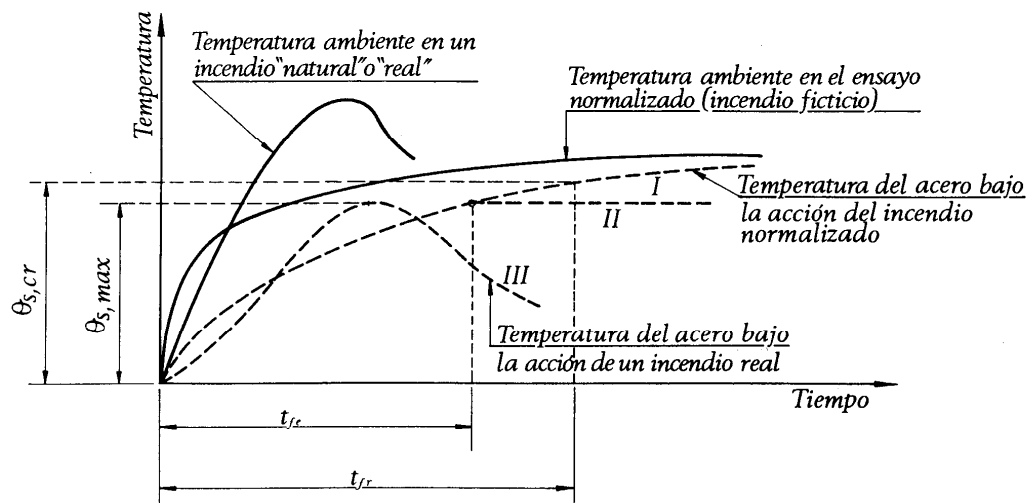


Ilustración 4.3

De este gráfico podemos deducir como primera conclusión y la más importante, que la temperatura del acero sube prácticamente igual que incrementa la temperatura del habitáculo, por lo tanto, el acero tiene un calor específico muy pobre, con lo cual el calor le afecta rápidamente y con consecuencias nefastas.

Entre los grupos de metales de construcción, los aceros, aleaciones de aluminio, hierro fundido, etc.. son los utilizados preferentemente. De estos, el acero posee una alta capacidad de resistencia estructural y una calidad uniforme, debido a los controles de calidad vigentes. No obstante, la primera calidad de los materiales que nos planteamos en este trabajo, es la influencia respecto al fuego. El material adecuado será aquel que conserve su forma y resistencia en presencia de temperaturas ascendentes y que su conductividad térmica sea baja. El acero, es uno de los elementos más generalizados en construcción, en cambio, es vulnerable al fuego. En presencia de este pierde rápidamente la

forma y consistencia y los espacios utilizables que forman las estructuras, provocan colapso, sin dar tiempo a veces a la actuación de los sistemas de extinción que puedan intervenir.

En presencia de un incendio, un aumento de temperaturas de hasta 500°C, hace que el acero con el elevado coeficiente de dilatación que tiene, una viga proporcional de 12 m de longitud hace que se alargue 74 mm. La viga todavía no se ha deformado o pandeado, pero la dilatación puede originar que se desplacen sus bases y se produzca el hundimiento de la estructura. Cuando los apoyos o extremos no pueden expandirse libremente, se provoca una compresión de unos 1200 Kg/cm² por un aumento mínimo de 50°C sobre la temperatura existente, Entre 315-420 °C el acero ya se empieza a debilitar. Una de las características del acero estructural sometido a temperaturas de incendio, consiste en que no solamente se anula gradualmente su resistencia, sino también debido a las tensiones internas, experimenta violentas torsiones y flexiones que originan daños a otros elementos próximos por tracción y cortante. La acción de temperaturas sobre los perfiles, debilitará antes los perfiles laminados menores, que otras de mayor volumen por una misma temperatura.

De ensayos realizados se puede extrapolar que:

EXPOSICIÓN

- Exposición al fuego inferior de 3 minutos
- Exposición al fuego menor de 7 minutos
- Exposición al fuego menor de 8 minutos

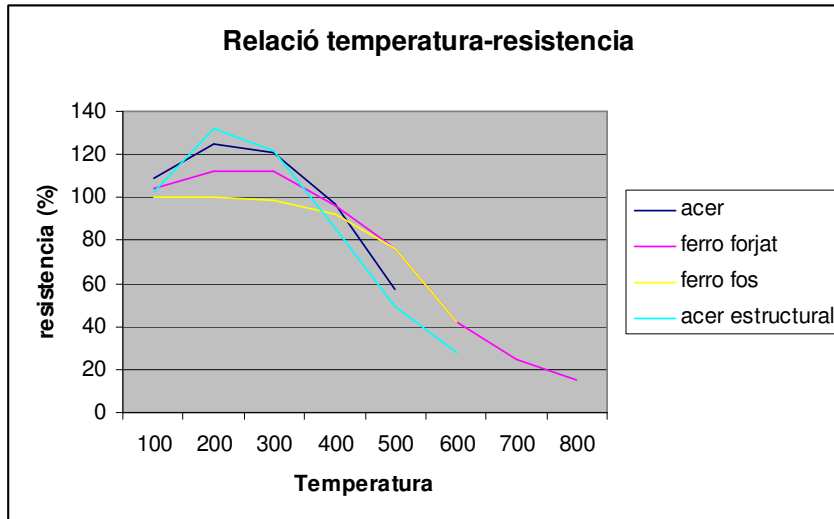
RESISTENCIA

inferior al admisible
disminuye gradualmente
resistencia nula.

La libre expansión de temperaturas en los incendios, obedece a varios factores no privativos de la menor o mayor rapidez de intervención de los servicios contra incendios. En un mismo incendio con idéntico grado de combustión de materiales, pero en diferentes posiciones, distribución u otras, hace que el incendio tenga diferentes actitudes y propagación.

El aluminio común, empleado como elemento de estructuras ligeras, pierde consistencia y rigidez entre 100-315°C. Entre los 600-700°C, la capacidad de resistencia del acero se reduce alrededor de un 30%. A temperaturas superiores, se deforman incluso por su propio peso. A continuación se presenta una tabla y su correspondiente gráfico sobre la resistencia de los materiales metálicos cuando estos se ven afectados por el fuego.

	Temperaturas y resistencias de los materiales(°C)															
	00	1	00	2	00	3	00	4	00	5	00	6	00	7	00	8
	%resistencia por relación a la temperatura base.															
acero	09	1	25	1	21	1	7	9	7	5						
Hierr o forjado	04	1	12	1	12	1	6	9	6	7	2	4	5	2	5	1
Hierr o fundido	00	1	00	1	9	9	2	9	6	7	2	4				
Acer o estructural	03	1	32	1	22	1	6	8	9	4	8	2				



Il·lustració 4.4

A simple vista, lo que parece más curioso, es que a cierto calentamiento hay materiales que aumentan su resistencia; pero hay un punto clave, alrededor de los 400° y sobre todo de los 500 °C que la resistencia baja de manera drástica.

4.2 - MADERA.

La madera es uno de los materiales más comunes del entorno humano. Casas, estructuras de edificios, muebles y bienes de consumo están fabricados en madera.

Las construcciones antiguas tienen la madera como elemento estructural, aunque en España, se encuentra en desuso como material de estructura, en otros países con una amplia tradición en la madera, poseen legislaciones extensas por su uso en la construcción.

La madera y sus derivados son fácilmente combustibles y cuando entran en contacto con superficies a alta temperatura o quedan expuestos en una radiación de calor, llamas o cualquier otro fuente de ignición, se producen procesos de carbonización, calentamiento al rojo, ignición o combustión, dependiente de las condiciones del proceso.

La madera es en apariencia, un material contradictorio, siendo altamente combustible, compite en resistencia y estabilidad con el acero (elemento no combustible). Esta estabilidad es debida principalmente a que la madera es muy pobre al conducir el calor. Ante un incendio, la madera resiste condiciones durísimas, mientras su estructura se mantiene invariable en el lugar. Tras el incendio, queda sustentado el techo y queda afectada solamente la capa superficial. En iguales condiciones, la estructura metálica queda inutilizada completamente.

Para ampliar su ámbito de aplicación, es necesario mejorar sus propiedades contra la combustión. Las unidades estructurales fabricadas en madera suelen tratarse con agentes ignífugos (p.ej. mediante saturación, impregnación o recubrimiento superficial) para conseguir que sean menos combustibles.

Los incendios con temperaturas de hasta 1000°C y llamas en más de dos horas, se ha comprobado que la madera estructural que no ha entrado en contacto con el fuego, resiste bien la temperatura, carbonizándose superficialmente. La estabilidad de este elemento se comprometerá fácilmente. Por efecto del calor la madera se deshidrata, el que hace aumentar su resistencia. Por cada 1% de pérdida de humedad aumenta en 4% la resistencia a compresión y en un 2% la resistencia a flexión, porcentajes de estabilidad que compensan en parte las pérdidas a la misma, por disminución de sección, producto de la combustión.

El ciclo de carbonización de la madera es lento y constando siendo el desarrollo de la temperatura por conducción y convección. Por término medio, la carbonización adelanta 0,7 mm por minuto (estudio del centro técnico du Bois de París). La carbonización disminuye al aumentar el nivel de la capa carbonizada. El cálculo permite, en la mayoría de los casos, es prever el tiempo de permanencia de estructuras de madera, el que facilitará una evacuación sistemática de personas, útiles u otras precediendo a la extinción.

La característica más importante de la combustibilidad de los diferentes tipos de madera es la temperatura de ignición. Su valor depende principalmente de algunas propiedades de la madera y las condiciones en que se realiza la prueba, como densidad, humedad, dimensión y forma de la muestra de madera y de la fuente de ignición, tiempo e intensidad de la exposición y en torno al ensayo. La práctica demuestra que los productos

limpios y secos presentan un punto de ignición extremadamente bajo, mientras que en recintos con una ventilación insuficiente, se han registrado incendios por ignición espontánea. Se ha demostrado empíricamente que en un contenido mayor de humedad aumenta la temperatura de ignición y reduce la velocidad de combustión de la madera. La descomposición térmica de la madera es un proceso complejo que consta de las fases siguientes:

-La descomposición térmica con pérdida de masa se inicia entre los 120 y 200°C en esta fase se liberan el contenido de humedad y se produce la degradación de los materiales no combustibles en el área de combustión.

-Entre 200 y 280°C se produce principalmente reacciones endotérmicas y se absorbe la energía calorífica de la fuente de ignición

-Entre 280 y 500°C las reacciones exotérmicas de los productos en descomposición se aceleran constantemente dando lugar al proceso primario y al mismo tiempo, se desarrollan fenómenos de carbonización. En este rango de temperaturas tiene lugar ya una combustión sostenida. Tras la ignición, la combustión no es constante debido a la capacidad de las capas carbonizadas de aislar el calor. Por lo tanto, el calentamiento de las capas más profundas es limitado y lento. Al aumentar la superficie de productos de descomposición combustibles, se completa la combustión.

-A temperaturas superiores a 500°C, la madera carbonizada forma residuos. Al calentarse al rojo, se producen cenizas que contienen materiales inorgánicos sólidos, y concluye el proceso.

4.3 - REVESTIMIENTOS.

Hasta la llegada de los servicios contra incendios, los elementos estructurales de un edificio deben protegerse no únicamente de las temperaturas existentes, sino también de los gases de combustión que pueden actuar sobre los materiales por corrosión y otras influencias químicas que los deterioran. Los revestimientos son tratamientos especiales de aplicación sobre estructuras, cómo pueden fibras artificiales, yesos, cerámicas...

Por revestimientos de elementos combustibles o fácilmente inflamables, estos materiales mantienen durante un tiempo específico la temperatura por debajo del grado o punto de inflamación. Si los materiales son incombustibles (acero, aluminio...) se dispone de un espacio de tiempo por no experimentar elevaciones importantes de temperatura en su masa. Así se evita momentáneamente, distorsiones estructurales y se facilita la intervención de los servicios contra incendios.

En construcción, se utiliza como revestimientos antitérmicos de materiales y estructuras una serie de productos que se describen a continuación.

-Amianto: Denominación común de ciertas variedades fibrosas y flexibles de silicatos minerales. Existen dos tipos de amianto en general, el serpentina y el anfólico. En este las fibras son débiles y no pueden hilarse, aunque son las más resistentes a los agentes químicos y al calor. El amianto serpentina posee fibras fuertes y flexibles que le permite hilarlas fácilmente. El amianto, es inatacable por los ácidos, resistente al fuego y mal conductor del calor, se utiliza en varias aplicaciones, como material de construcción mezclado con otros productos que le confieren una excelente resistencia mecánica, en la fabricación de fibrocementos, material ligero no combustible, mal conductor del calor e impermeable, constituido por amianto y cemento. Se utiliza para la fabricación de placas y paneles, piezas moldeadas... para recubrimientos de techos, tabiques y paredes. Los tejidos de amianto altamente resistentes al fuego, se empleen por piezas de equipo de protección y telas, juntas estanques para vapor, filtros para ácidos y otras aplicaciones. El polvo del amianto es tóxico por inhalación, su tolerancia es de 2 millones de partículas por 2100 millones de partículas por m³: Sus principales características de los aislantes base de amianto son los siguientes:

Densidad media, 0,18 a 0,2 régimen continuo : 550 °C

Límite de temperatura de utilización: régimen discontinuo 600 °C

Coefficiente de conductividad: 0,038 a 20 °C

Resistencia mecánica: excelente

Límite de elasticidad: 2 bares

Resistencia al fuego: muy buena

Putrefacción: totalmente nula.

Otros aislantes de este tipo, se obtienen a base de carbonato de magnesio y fibras de amianto. Estos materiales poseen la ventaja de resistir temperaturas, de hasta 1000 °C. Sus coeficientes de conductividad se encuentran en función de la composición del material y su densidad.

-Mica exfoliada: La mica, pertenece a un grupo de silicatos de composición química variable, aunque de propiedades físicas y estructurales similares. Todas tienen una excelente exfoliación. La mica, material no combustible, tiene una resistencia al calor de hasta 600 °C. Como aislante, posee un gran número de aplicaciones industriales.

-Vermiculita: Es un material que por su aspecto se parece a la mica. Es un silicato hidratado de aluminio, hierro y magnesio. Sometidos a tratamientos térmicos controlados, la Vermiculita se expande exfoliándose a 700 °C con capacidad de expansión de 6 a 20 veces e incluso más. En este proceso térmico, se desarrolla entre las paredes internas del material un extraordinario aumento de volumen de células microscópicas cerradas, reteniendo aire inmóvil y deshidratado. Para el aislamiento térmico, la Vermiculita expandida mantiene una capacidad aislante de entre -200°C y 1200 °C. Su conductividad térmica es de 0,053 Kcal. m/m²h°C para una temperatura media de 20°C. Su resistencia al fuego es excelente, con un punto de fusión de 1370 °C . El aislamiento térmico se utiliza a granel o adicionado, vertiendo el material entre tabiques o secciones a compartimentar. Como agregados para hormigones ligeros, con yeso, también pueden ser proyectadas.

-Perlita: Es un material (cristal de roca) del grupo de las riolitas, y de origen volcánico. Su estructura la forman pequeñas bolas de vidrio que contienen aire en oclusión. Este material posee la propiedad de expandirse considerablemente enfrente de altas temperaturas, quedando unos granos emblanquecidos compuestos por infinidad de células vacías, en que el volumen llega a 20 veces el inicial. Expandida, la Perlita conserva su inercia química original (no combustible) adquiriendo un gran poder aislamiento térmico y antifuego. En construcción, este material se utiliza como árido aislante y ligero. Sus principales aplicaciones son:

- Morteros aislantes
- Revoco de paredes interiores, mortero transpirable
- Hormigones ligeros
- Recubrimiento de estructuras metálicas
- Mezclas con yeso o escayola
- Material de relleno
- Pavimentos flotantes
- Prefabricados de hormigón.

De ciertos derivados de la perlita, como la perlesca, la protección antifuego es de 1 hora por cada cm de espesor de recubrimiento de estructuras metálicas.

-Silicato de calcio: puede resistir temperaturas elevadas hasta 1100 °C. Estos materiales poseen una excelente resistencia mecánica y sus coeficientes de conductividad se encuentran en función de la densidad. Los productos corrientes de silicato de calcio van de 180 Kg/m³ a 230 Kg/m³. Por ejemplo, un material de este tipo de 200 Kg/m³ poner un coeficiente de conductividad de 0.0895 a una temperatura de 500 °C. El silicato de calcio, como base de materiales aislantes, se utiliza también en forma de polvo, como cemento calorífico.

-Vidrio celular: Denominado comercialmente foamglass. Es un vidrio expandido o espuma obtenida por una emulsión de vidrio. Este, con la adición del carbono puro, se calienta a temperaturas suficientes para que el carbono reblandezca. Al gasificarse produce una masa vidriosa de pequeñas células cerradas, en la que forman un ligero vacío. Este aislante en forma de bloques resistentes y ligeros forman un auténtico vidrio, siendo por lo tanto no combustible, resistente a los ácidos y vapores e inalterable. Su límite de temperatura se encuentra a los 550 °C. Se utiliza en construcción en forma de placas, paneles y otras aplicaciones.

-Fibra de vidrio: Se obtiene por extrusión del vidrio fundido a través de pequeños agujeros a grandes velocidades. La fibra de vidrio posee una baja conductividad térmica y elevada resistencia estructural a tracción. Es impermeable a los gases e inerte frente a todos los productos químicos excepto a los ácidos fluorhídricos, fosfórico y soluciones alcalinas fuertes y calientes. No combustible y no tóxico, buen aislante térmico. En construcción se utiliza para la fabricación de paneles prefabricados.

-Poliestireno expandido: Resina termoplástica sintética de peso molecular variable, que depende del grado de polimerización. Se utiliza ampliamente en construcción, con fines decorativos, paneles i revestimientos. El poliestireno posee una resistencia al fuego relativa aun que no contribuye a una propagación rápida del incendio. En principio la baja densidad de estos materiales, facilidad de utilización y colocación así como bajos costes, lo han hecho muy utilizado en recubrimientos. Estos aislantes no se recomiendan a usos exteriores, aún que, existen cualidades modificadas, estables a la luz. Es atacado por disolventes de hidrocarburos, pero resistente a los ácidos orgánicos i alcalinos. Es combustible y no auto extingible. No tóxico. Destacamos.

- Estabilidad a la temperatura (-200 a 80 °C)
- Calor específico: 0,33 Kcal/h/°C
- Coeficiente de conductividad 0,032 20 °C
- Permeabilidad al agua: prácticamente impermeable.

-Poliuretano expandido: Espumas flexibles y rígidas. La densidad varia entre 0,03 a 0,8 Kg/l. La conductividad térmica es baja, hasta 0,11; retardador de la llama y aislante excelente. Temperatura límite de utilización :200 °C. Sus usos son aislante de estructuras ligeras.

-Cloruro de polivinilo (Expandido): Las espumas de PVC poseen masas volumínicas que varíen entre 400 i 100 Kg/m³. Son dimensionalmente estables. Resistentes al tiempo y a la humedad. La mayoría de ácidos, gases e hidrocarburos de petróleo. Temperatura límite de uso: 80 °C. Su utilización es en forrar paredes, revestimientos, tuberías, protección de cables...

4.4 - FIBRAS Y TÉXTILES.

La mayoría de los textiles fabricados a base de fibras que se encuentran en el entorno humano son combustibles. La ropa, el mobiliario y el entorno habitable están constituidos en su totalidad o en parte por textiles, que representan un peligro tanto durante su producción, procesado y conservación así como durante su utilización.

Las materias primas de los textiles pueden ser naturales o artificiales; las fibras sintéticas pueden utilizarse solas o mezcladas con fibras naturales. Químicamente, las fibras naturales de origen vegetal (algodón, cáñamo, yute, lino) están formados por celulosa, que es combustible, y presentan una temperatura de ignición relativamente alta (aprox. 400°C). Una característica positiva de su combustión es que, cuando se eleva su temperatura, se carbonizan pero no se funden. Esto resulta especialmente beneficioso por el tratamiento médico de las quemaduras.

Las características de riesgo de incendio de las fibras basadas en proteínas de origen animal (lana, seda..l) todavía son más positivas que las de las fibras vegetales, puesto que presentan una temperatura más alta de ignición (500-600°C) y, en iguales condiciones, su combustión es menos intensa.

Cada vez adquieren mayor importancia las aplicaciones textiles de la industria de los plásticos, que aprovecha algunas propiedades mecánicas extremadamente positivas de los productos poliméricos. Entre las características de las fibras sintéticas acrílicas, de poliéster y termoplásticos (nailon, polipropileno, polietileno), las relativas a la combustión son las menos positivas. La mayoría de estas fibras, a pesar de su elevada temperatura de ignición (aprox. 400-600°C), se funden cuando se exponen en el calor, entran fácilmente en ignición, queman con intensidad, gotean o se funden durante la combustión y liberan una cantidad considerable de humo y gases tóxicos. Estas propiedades pueden mejorarse si se mezclan con fibras naturales, dando lugar a los denominados tejidos con mezcla de fibra. También pueden tratarse con agentes ignífugos. En la fabricación de textiles por la industria y de ropa ignífuga ya se están utilizando muchos productos inorgánicos de fibras no combustibles (fibras de vidrio y metálicas).

En los textiles, las propiedades de seguridad más importantes son las relacionadas con la capacidad de ignición, la propagación de la llama y la generación de calor y de productos de combustión tóxicos. Por su determinación, se han desarrollado métodos especiales de ensayo. Los resultados obtenidos se aplican en los lugares donde se utilizan estos productos (vivienda, mobiliario, tapizados de vehículos, ropa, alfombras, cortinas, ropa de protección contra el calor y las inclemencias) y sirven por elaborar la normativa de seguridad contra los riesgos derivados de su uso. Una tarea fundamental de los investigadores industriales es desarrollar textiles que soporten altas temperaturas mediante un tratamiento ignífugo (difícilmente combustibles, con un tiempo de ignición prolongado, baja velocidad de propagación de la llama, baja velocidad de liberación de calor) y con una producción reducida de productos de combustión tóxicos, a finales de reducir los accidentes por incendio debidos a la combustión de este tipo de materiales.

4.5 - PLÁSTICOS Y CAUCHOS.

Los plásticos son compuestos orgánicos macromoleculares fabricados sintéticamente o mediante la modificación de materiales naturales. La estructura y forma de estos materiales macromoleculares, que son el resultado de reacciones de polimerización, poliaddición o policondensación, influyen considerablemente en sus propiedades. Las cadenas moleculares de los termoplásticos (poliamidas, policarbonatos, poliéster, poliestireno, cloruro de polivinilo, polimetil-metacrilato, etc.) son lineales o ramificadas, los elastómeros (neopreno, polisulfuros, isoprenos, etc.) presentan ligeros enlaces cruzados, mientras que los plásticos termo endurecidos (polialquilos, resinas epoxi, poliuretanos, etc.) presentan fuertes enlaces cruzados.

El caucho natural se utiliza en la industria del mismo nombre como materia primera, y se somete a un proceso de vulcanización. Los cauchos artificiales, la estructura de los cuales es similar a la del caucho natural, son polímeros y copolímeros del butadieno.

El uso de los productos plásticos y del caucho es cada vez más frecuente en todos los campos de la vida cotidiana. La gran variedad y las excelentes propiedades técnicas de estos materiales permiten su aplicación a áreas tan diversas como estructuras de edificios, mobiliario, ropas, mercancías y piezas para vehículos y maquinaria.

Normalmente, los plásticos y el caucho, al igual que los materiales orgánicos, se consideran material combustible. Por analizar su comportamiento en un incendio se utilizan una serie de parámetros que pueden determinarse con métodos especiales. Teniendo en cuenta estos parámetros (combustibilidad, capacidad de ignición, capacidad de producción de humos, propensión a la producción de gases tóxicos y el goteo en la combustión), se definen sus ámbitos de aplicación y se establecen las condiciones de seguridad necesarias ante incendios.

En muchos casos, la temperatura de ignición de los plásticos es superior a la de la madera u otros materiales, pero la mayoría de las veces estos entran en ignición con mayor facilidad y su combustión se realiza con más rapidez e intensidad. Los incendios de materiales plásticos suelen ir acompañados de un desagradable fenómeno de liberación de grandes cantidades de un humo muy denso que puede limitar la visibilidad y dar lugar a gases tóxicos (ácido clorhídrico, fosfeno, monóxido de carbono, cianuro de hidrógeno, gases nitrosos, etc.). Los materiales termoplásticos se funden durante la combustión, después se fluidifican y, según su ubicación, (p.ej. si se encuentran en o sobre un techo) producen goteo en la zona de combustión y pueden provocar la ignición de los materiales combustibles que se encuentren debajo de ellos.

La optimización de las características de combustión es uno problema complejo y un tema clave de la química de los plásticos. Los agentes ignífugos inhiben la combustibilidad, la ignición es más lenta, la velocidad de combustión disminuye y la propagación de la llama se hace más lenta pero, por otro lado, aumentan la cantidad y densidad del humo y la mezcla de gas producida es más tóxica.

4.6 – POLVO.

Por su estado físico, el polvo se considera un material sólido, pero sus propiedades físicas y químicas difieren de las del mismo material en forma compacta. Es sabido, que muchos accidentes industriales y catástrofes están provocados por explosiones de polvos. Materiales que no son combustibles en estado normal, como los metales, pueden originar una explosión cuando se encuentran en forma de polvo mezclado con aire y se les aplica una fuente de ignición. El peligro de una explosión existe igualmente en el caso de polvo de materiales combustibles.

El polvo representa un peligro de explosión no sólo cuando flota en el aire, sino también cuando está sedimentado. Entre las capas de polvos pueden acumularse el calor y desarrollarse una combustión lenta en su interior debido a un aumento de la capacidad de reacción de las partículas y a su menor conductividad térmica. Entonces, el polvo puede ser agitado por ráfagas, lo que aumenta las posibilidades de explosión.

Las partículas flotantes en una distribución fina suponen un riesgo todavía más grave. Para los polvos, al igual que por los gases y los vapores combustibles, existe un rango especial de concentración aire-polvo en el que puede producirse una explosión. El límite superior e inferior de la concentración explosiva y la amplitud del rango de concentración dependen de la medida y la distribución de las partículas. Si la concentración de polvo es superior a la concentración máxima necesaria para producir una explosión, una parte del polvo no será destruida por el incendio y absorberá el calor; en consecuencia, la presión de explosión desarrollada se mantendrá por debajo del máximo. El contenido de humedad del aire también influye en las posibilidades de explosión, puesto que la temperatura de ignición de la nube de polvo aumentará en función de la cantidad de calor necesario para evaporar la humedad. Cuando se mezcle un polvo inerte extraño con una nube de polvo, se reduce la explosividad de la mezcla polvo-aire. El efecto es el mismo cuando se mezclen gases inertes con la mezcla de polvo-aire, dado que se reduce la concentración de oxígeno necesario para la combustión.

La experiencia demuestra que todas las fuentes de ignición, incluido las de energía mínima, pueden provocar la ignición de una nube de polvo (llama abierta, arco eléctrico, chispa mecánica o electrostática, superficie caliente, etc.). Los requisitos de energía por la ignición de nubes de polvos son entre 20 y 40 veces mayores que por las mezclas de vapor combustible y aire.

Los factores que influyen en el peligro de explosión de polvo sedimentado son las características físicas y térmicas de la capa de polvo, la temperatura de calentamiento al rojo del polvo y las propiedades de ignición de los productos en descomposición liberados por la capa de polvo.

5 – EL HUMO Y SUS EFECTOS

Los incendios amenazan la vida tanto por el calor que generan como por los humos y los gases emitidos. No obstante, a cierta distancia no los humos y los gases, y las llamas y el calor, los responsables de la gran mayoría de las víctimas ocasionadas, ya sea por intoxicación directa, asfixia por disminución de oxígeno en el aire o reducción de visibilidad por su opacidad, la cual obstaculiza, a su vez, la evacuación del lugar y la extinción del incendio.

Varios experimentos de laboratorio demuestran que en casi todos los materiales más comunes, la reducción de visibilidad es el primer problema que aparece a raíz de la exposición de un incendio. Se define como tiempo de escape el intervalo pasado entre la detección de los humos y el oscurecimiento visual. Otros estudios sitúan entre un 50 y un 64% las muertes atribuibles a la inhalación de humos y gases de combustión en los incendios, principalmente monóxido de carbono. En cualquier caso, el efecto tóxico de los humos y gases de combustión es función de la velocidad de descomposición del material y de su toxicidad inherente. A efectos de la prevención puede ser más decisivo controlar la velocidad de propagación del fuego y como consecuencia, también la emisión de humos, que por su toxicidad, porque este fenómeno no se puede controlar. Los riesgos asociados a la creación de atmósferas adversas durante la descomposición térmica de un material son diversos:

- La generación de humos puede dificultar la evacuación debido a su opacidad
- Se puede crear una falta de oxígeno
- El calor puede atacar las vías respiratorias
- Algunos elementos pueden tener acción cinagética y aumentar el riesgo
- Los humos y los gases pueden producir irritaciones en los ojos, entre otros órganos y ser causa de pánico
- Los combustibles pueden ser tóxicos

El humo es una compleja mezcla de sustancias, partículas sólidas y líquidas, vapores y gases, desprendidos en la combustión o la pirólisis de un material, llegando a identificar más de 100 especies químicas diferentes a partir de la combustión de algunos materiales. Estos compuestos se forman por la interacción entre las reacciones de descomposición, y de reticulación o composición, que tienen lugar simultáneamente en un incendio y que dan como consecuencia la mencionada gran variedad de productos de pirólisis y oxidación. Además, los materiales desprendidos dependen en gran medida de las condiciones de combustión (temperatura y capacidad de oxidación de la llama, estructura química del material, etc.) es obvio que el estudio de la toxicidad de los gases es mucho más compleja que el estudio de la toxicidad de la inhalación de una o más sustancias; por otra parte, los denominados gases de combustión pueden contener un elevado porcentaje de sólidos en suspensión, lo que dificulta la visibilidad. La producción de gases de combustión se inicia con la degradación térmica del material y con la formación, de sustancias volátiles, ya sea en atmósfera rica en oxígeno o en atmósfera inerte. Los gases formados pueden alejarse o circular por la zona calentada en la que continúa habiendo su descomposición, en forma oxidativa o pirolítica, y en la mayoría de los gases a temperaturas muy elevadas que de la descomposición inicial. A temperaturas entre 300º y 400ºC, los productos en descomposición son relativamente simples, principalmente en el caso de una

degradación pirolítica. Entre 400^o y 650^oC, la complejidad de los productos de combustión aumenta en gran medida, hallando hidrocarburos, aldehídos, acetones, etc. Muchos de estos productos orgánicos y otros productos de oxidación son estables hacia los 700^oC porque a partir de esta temperatura siguen descomponiéndose en productos más simples y estables térmicamente.

Los métodos de ensayo para clasificar los materiales es en función de: su toxicidad, de sus atmósferas de combustión (se debería mirar si dan mucho CO o poco, etc.), la pirólisis, etc. requieren por lo tanto, en una primera etapa, la realización de ensayos biológicos, para establecer los niveles de toxicidad de los diferentes gases que pueden generarse, o la adopción de unos valores aceptables obtenidos en investigaciones realizadas por instituciones de prestigio. Y en una segunda, la aceptación de los métodos de ensayos para realizar la combustión de los materiales, recoger los gases desprendidos de la misma y analizar su composición para compararla con los límites establecidos.

Los ensayos realizados para establecer una clasificación entre los diferentes materiales, según la cantidad de humo desprendida en la combustión es la siguiente:

Poco humo: metil-polimetacrilato, poliestireno expandido, lana ignífuga, tejido de algodón.

Cantidad media de humo: espuma de poliuretano, madera de pino, material aglomerado, tapicerías...

Mucho Humo: PVC, poliéster.

Como medida de atención, el humo proporciona advertencia de fuego. En iguales condiciones reduce la visibilidad e incita al pánico. Según el color de las partículas, dimensión y cantidades, queda obstaculizado el paso de la luz y bloqueada la visión. Por este efecto, el humo constituye un riesgo importante. No obstante, sobre los efectos perturbadores, el humo no neutraliza al bombero por la acción, como es el caso de los componentes gaseosos.

Se dice con certeza, que el principal efecto del humo en las personas y los gases de combustiones es asfixiarlas. Todavía no existe una delimitación entre daños por humos y por gases tóxicos, los dos se dan simultáneamente. La diferencia, aunque importante, posee formas de similitud. El humo al inmovilizar psicológicamente a las personas atrapadas, les impide salvarse y por lo tanto puede considerarse al humo tan nocivo como un gas letal. El humo irrita membranas, mucosas, y la garganta. Cuando sus partículas se inhalan en largas exposiciones perjudican el curso normal de la respiración. Para el bombero, los efectos neutralizadores, reducen las facultades normales y afectan a reducir el ritmo de trabajo, son:

Partículas alojadas en los ojos (lagrimales)

Inhalación nasal (estornudos)

Ingestión gastrointestinal (tos)

La coloración de los humos varían. Esta distinción es útil porque proporciona normalmente un indicativo para las prácticas de extinción, incluso para los incendios provocados. Los humos de incendios varían desde tonos claros y tenues hasta humos densos y negros, se pueden resumir de la siguiente manera:

Humos blancos: productos vegetales, piensos, etc.. fósforos. Polímeros sintéticos, poliamidas, polipropileno, polietilenos, etc.

Humos amarillos: Substancias químicas que contienen azufre, materias combustibles que contienen ácidos clorhídricos y nítricos.

Humos grises: compuestos de celulosa, fibras artificiales

Humos negros claros: altos polímeros naturales o sintéticos, poliéster reforzado, caucho, etc.

Humos negros oscuros: petróleo y derivados, fibras acrílicas, poliestireno...

Por poner un ejemplo de la opacidad que puede llegar a crear el humo, tan sólo dos datos, la primera, que el 60 % de los bomberos en un incendio no son capaces de ver las manos tendidas ante el rostro, la segunda que un rectángulo que contenga gasolina de 2 m², puede contaminar un espacio de 7500 m³ en un tiempo de 5 minutos

Por asociación, las llamas, dan tonalidades a los humos diferentes dependiendo de su verdadera composición química. Esta característica debe tenerse en cuenta por el análisis superficial de los humos. Así si se observan tonos: ocre, rojos, azules, marrones, etc. Esta refracción de la luz es observable siempre que los humos sean claros, y que no sobrepasen excesivamente la altura de las llamas y también cuando estos continúan dentro del ángulo de refracción de la luz. Estos índices se establecen por relación entre la velocidad de la luz en el aire y la velocidad de los humos. Varían con la longitud de onda de la luz incidente; la temperatura y la presión. La expresión del índice de refracción es: $20/D$, puesto que el foco de luz corriente, es la línea D del sodio a 20 °C

Definiciones

-Barrera de humo: Elemento constructivo vertical u horizontal, especialmente diseñado para controlar el movimiento del humo. –

-Densidad óptica: Medida de la fracción de luz que se transmite a través de una atmósfera de humo en una determinada distancia. También se utiliza para estimar objetivamente las pérdidas de visibilidad en un incendio. –

-Efecto Chimenea: Movimiento de aire producido en conductos verticales por las diferencias de temperatura entre el exterior y el interior de un edificio.

-Exutori: Claraboya situada en cubiertas o techos la apertura o cierre del cual permite el control del humo producido por un incendio. Puede tener accionamiento manual y automático.

-Gases de combustión: Gases que resultan de la combustión de los combustibles incendiados.

-Humo: Conjunto visible de partículas sólidas y líquidas en suspensión en el aire, o en los productos visibles, resultantes de una combustión o pirólisis

-Presurización: método de control del humo mediante diferencias de presión.

-Productos volátiles de combustión: Conjunto de materia gaseosa, vapores y aerosoles sólidos en suspensión generados por combustión o pirólisis.

-Ventilador: Elemento destinado a provocar la circulación del aire u otros gases.

5.1 - Movimiento y control de humo.

La producción de humo en un incendio varía en función de la cantidad y tipo de elementos combustibles que existan en el interior del edificio afectado. Según sea el volumen de humo, estos podrán llegar a disminuir la visibilidad, lo que puede producir problemas graves en cuando a la evolución y extinción del incendio. El humo puede ser más o menos denso, pero en cualquier caso, tendrá partículas tóxicas que pueden perjudicar a las personas.

El volumen de humo y gases de combustión producido por el incendio es aproximadamente igual al volumen del aire arrastrado por el rayo ascendente de los productos de combustión y este, a la vez, es función de la dimensión del fuego, del calor desprendido y la altura de la capa de aire limpio.

Tanto la dimensión del fuego, como la distancia entre el piso y la capa inferior de humo y gases calientes, varían constantemente, y por consiguiente, es prácticamente imposible determinar o predecir la producción de humo en un incendio. Por esto, es necesario estudiar el movimiento del humo y de los gases de combustión, con el fin de poder controlarlo.

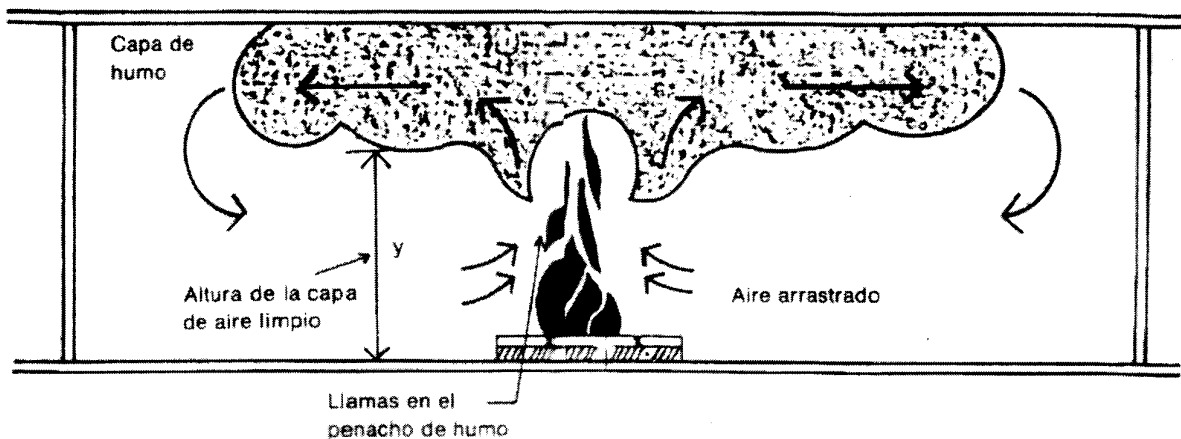


Ilustración 5.1

5.2 MOVIMIENTO DEL HUMO

El humo, sigue normalmente la circulación del aire, pero durante un incendio, la propagación se ve afectada por los siguientes factores:

- Altas temperaturas
- Efecto chimenea
- Condiciones ambientales del aire y la temperatura.
- Sistemas de acondicionamiento del aire.

Las altas temperaturas producidas en un incendio originan la expansión de los gases, llegando a ocupar tres veces el volumen inicial y obligando a que el humo salga del recinto. A medida de que la temperatura se incrementa, los gases producidos irán ocupando un mayor volumen, efectuando la propagación de este a otras zonas vecinas, donde los gases calientes se enfrían contrayéndose a su volumen original. No obstante, aunque los gases desplazados acaban por enfriarse a la temperatura ambiente, el efecto de la expansión, mientras duran las condiciones del incendio, se traducen en un aumento del volumen del humo desplazado.

La forma geométrica del edificio y la disposición de los espacios tienen gran influencia sobre el movimiento del humo. En los edificios altos el efecto principal que origina la propagación del humo, es el efecto chimenea. El efecto chimenea es el que produce el movimiento vertical del aire originado por las diferencias entre la temperatura interior y exterior del edificio. De esta manera, en un edificio de desarrollo vertical se produce una corriente ascendente desde la planta baja a la última.

Si existe únicamente un edificio con una temperatura interior T_i exterior T_e y con dos aperturas, una en la planta inferior y otra en la planta superior, se producen diferentes corrientes de aire, debido a la diferencia de peso entre la columna de aire en el interior y en el exterior. Cuando la temperatura interior es mayor que la exterior, se produce un movimiento vertical, debido a que la presión exterior en la apertura inferior es mayor, con lo que se originará una entrada de aire por la misma, dando lugar al movimiento ascendente.

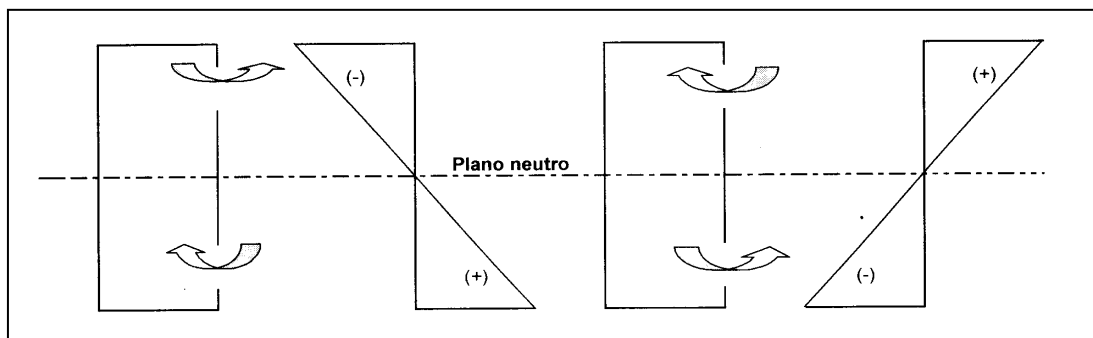


Ilustración 5.2

Si la temperatura exterior e interior son iguales, no se produce movimiento natural del aire. El plano de presión neutra es aquel en el que no existen diferencias de presión y por lo tanto, en caso de existir una apertura a este nivel, el aire ni entraría ni saldría del edificio. El aire entra en el edificio por las zonas situadas bajo el plano de presión neutra y sale por las zonas que están por encima de este (siempre que la temperatura interior sea mayor que la exterior $T_i > T_e$).

La posición del plano de presión neutra en un edificio sin ningún tipo de barrera horizontal y con dos aperturas, una interior (con una superficie A_1 y a una distancia h_1 al plano de presión neutra) y otra superior (A_2, h_2) se puede determinar a partir de la siguiente ecuación:

$$h_1/h_2 = A_2 \times T_e / A_1 \times T_i$$

En un edificio siempre existirá algún tipo de barrera horizontal que impida el libre movimiento. La mayor parte del aire fluye hacia los huecos verticales (escaleras, ascensores, huecos entre forjados...) y parte se filtrará piso a piso a través de los forjados. Este movimiento estará ocasionado por diferencias de presión entre pisos adyacentes.

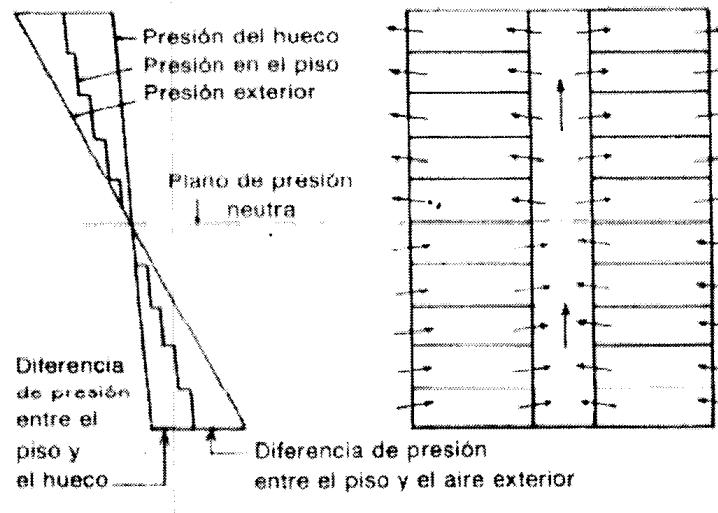


Ilustración 5.3

Las condiciones ambientales del aire y temperatura también influirán sobre el movimiento de humo dentro de un edificio, puesto que estas afectan al movimiento natural del aire en el mismo. Al incidir un viento de cierta importancia sobre la fachada de un edificio, el plan de presión neutra se verá influenciado y modificado. La acción del viento origina un efecto aspirando en el agujero vertical debido a la presión negativa en la cubierta. El plan de presión neutra estará situado más cerca de esta cubierta en la zona más afectada por el viento y, por el contrario, más alejada de la cara encontrada. De esta manera, se puede observar como las presiones positivas del viento elevan el plan de presión neutra, mientras que las negativas lo hacen disminuir.

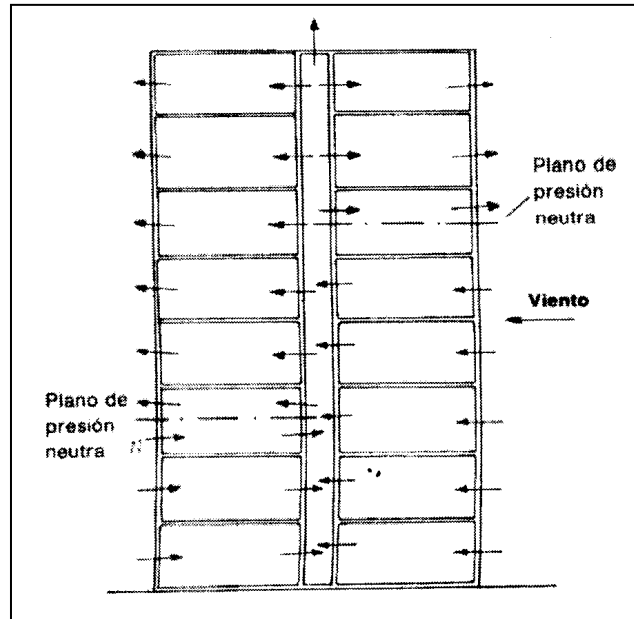


Ilustración 5.4

Tanto el efecto chimenea, como el creado por las elevadas temperaturas originadas en un incendio y las condiciones ambientales, hacen que exista una circulación natural del aire que afectará al movimiento del humo en caso de incendio.

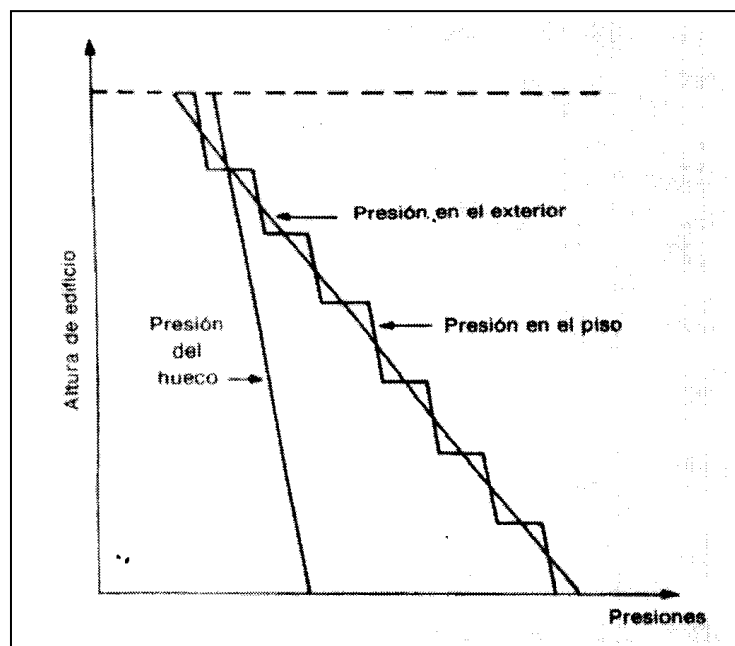


Ilustración 5.5

Las aberturas de ventilación influirán notablemente en la situación del plano de presión neutra. Cuando exista un agujero vertical en su parte superior, el plan de presión neutra estará más próximo de la mitad del edificio. Al desplazarse el plano de presión neutra

hacia arriba, existirá un mayor número de pisos que estarán en sobre presión con respecto al agujero de ventilación. De esta manera, aumentará el número de entradas al agujero y disminuirán las aberturas que actúan como salidas.

Por el contrario, si se ventila la parte inferior del hueco vertical, el plano de presión neutro bajará, con lo que todo el edificio quedará prácticamente invadido por el humo, puesto que en este caso habría más plantas en depresión con respecto el hueco.

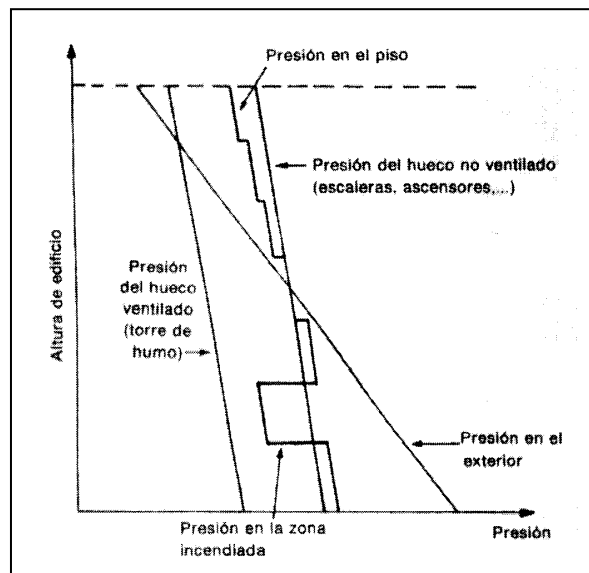


Ilustración 5.6

Si en el edificio existe una torre de humo, que ventila la zona afectada por el incendio, se conseguiría que todos los pisos que estén en sobre presión con respecto al conducto de humos. De esta manera, la zona del incendio quedaría en depresión respecto al resto del edificio, evitando así la circulación del humo y de los gases por dicho edificio, excepto por los conductos que hayan sido diseñados para tal fin.

También existirá influencia en el movimiento de humos, cuando en el edificio haya un movimiento forzado producido por los sistemas de acondicionamiento de aire. Estos pueden, o no, estar diseñados como parte del sistema de control de humos en caso de incendio.

5.3 - Control de Humos.

El control de humos en caso de incendio, puede ser utilizado como medida de protección de personas y de bienes materiales. La causa principal del número de pérdidas humanas no es solamente la invasión del humo en la zona afectada por el incendio, sino el que pueda afectar a los medios y vías de evacuación que necesitarán estar en condiciones de permitir la circulación de los ocupantes hasta un lugar suficientemente seguro.

La forma de los edificios tiene gran influencia sobre el movimiento natural del aire, puesto que este se produce debido a las diferentes presiones creadas en el edificio.

-En un edificio subterráneo o sin ventana, la circulación del aire dependerá, en gran medida, de la geometría del local.

-En un edificio industrial con una sola planta y de gran superficie, la circulación del aire se producirá principalmente por la ventilación natural y por las barreras físicas, tanto horizontales como verticales, características que condicionarán el movimiento del humo en caso de incendio.

-En los edificios de poca altura y con un alto grado de compartimentación, los factores que más influirán por el control del humo son la ventilación natural y las barreras físicas.

-En edificios considerados como de gran altura, los factores principales que condicionarán el movimiento del aire son el efecto chimenea y los equipos de manipulación del aire.

En edificios de tipo industrial de grandes superficies, es recomendable la ventilación en cubierta a través de lucernarios, exutorios, claraboyas, etc. que combinados con barreras horizontales o verticales, llegarán a crear recorridos de humo por su control o eliminación.

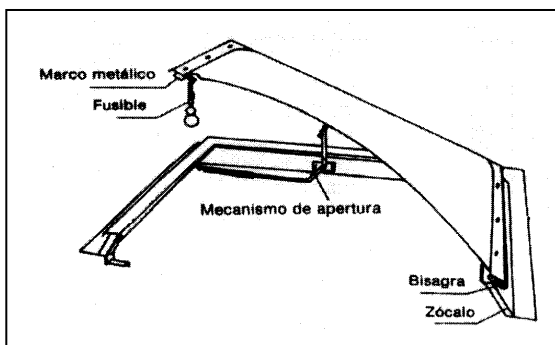
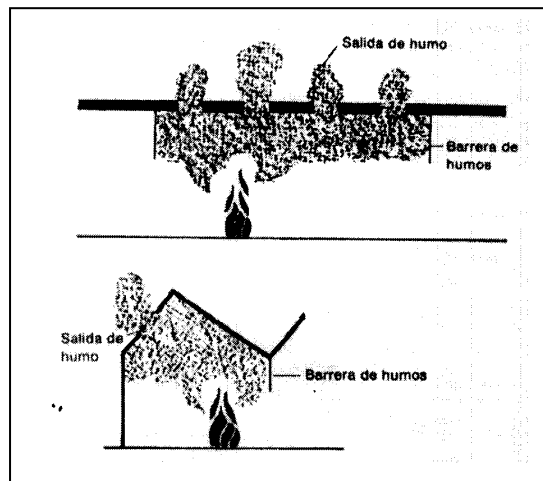


Ilustración 5.6



En edificios de poca altura el método que permite la eliminación del humo es la ventilación natural producida a través de ventanas y huecos que, junto con las presiones creadas en un incendio, son elementos suficientes para eliminar el humo existente en el edificio.

La eliminación y control del humo, tanto en el caso de edificios subterráneos como de gran altura, se habrá de efectuar a través del movimiento forzado de aire, actuando sobre las diferencias de presión para llegar a conseguir la eliminación del humo mediante los siguientes efectos:

- Extracción
- Dilución
- Confinamiento

5.3.1 - Extracción

La extracción del aire se consigue creando un gradiente de presión negativo en sentido ascendente a lo largo de un conducto vertical de salida, mediante ciclones o ventiladores el arranque de los cuales puede ser automática o manual combinada con la detección o alarma de incendio.

Los conductos para la eliminación del humo pueden ser específicos para este fin, denominados pozos o torres de humo, aunque en ocasiones pueden utilizarse canalizaciones de aire ya instaladas en el edificio. Este último procedimiento no es recomendable a no ser que se utilice como complemento de otras instalaciones

Las torres o pozos de humo, son conductos especialmente diseñados para la eliminación del humo y gases de combustión producidos por un incendio. Estos conductos verticales recorren el edificio y en cada planta dispone de trampillas que permiten la circulación de los humos y gases para su extracción. Las trampillas serán de apertura automática y se conectarán simultáneamente con el arranque de los medios mecánicos de extracción de la torre de humos.

Esta forma de extracción de humo mediante la extracción es la más recomendada para el caso de edificios subterráneos y con escasa ventilación. Para los edificios altos se recomienda el método de extracción combinada con otras, como el de presurización.

5.3.2 - Dilución.

La dilución del aire contaminado, con aire limpio no es un método para producir un movimiento forzado del aire, sino una manipulación del mismo. Este método permitirá reducir la concentración de humos y gases, de forma que se llegue a una dilución tal que sea tolerada por las personas y no se pierda la visibilidad.

En general, el humo producido en un incendio, denso y sin diluir, puede lograr una densidad óptica por metro de valor 10, y en ocasiones, mayor. Esto implica que la visibilidad es casi nula (10 cm aproximadamente). Para un medio de evacuación la densidad aceptable es de 5 metros, como mínimo, el que representa una densidad óptica por metro máxima de 0,2. Por conseguir este nivel será preciso diluir el humo 50 veces.

5.3.4 - Confinamiento.

El tercer método para forzar el movimiento del humo, consiste en confinarlo dentro de recintos o zonas donde su presencia no sea perjudicial. Por esto, la mejor situación y a la que se debería tender, es la de retener el aire contaminado por el incendio en el recinto donde este ha tenido lugar. Para conseguir que el humo y los gases de combustión queden en la zona afectada se utilizan dos procedimientos:

-Barreras físicas.

-Presiones.

Las barreras físicas son obstáculos materiales al paso del aire que hacen que se concentre o circule el humo según los pasos o secciones destinadas a esto. Las barreras no constituyen por si mismas un método de control de humo, pero, junto con el método de presurización, consiguen una gran eficacia.

El método de presurización consiste en establecer un diferencial de presiones positivo entre la atmósfera del espacio que se desea proteger de humos y el resto. Este sistema exige un adecuado diseño de barreras físicas y de compartimentación de los sectores de incendio. Se consigue gran mejora del método de control de humo, además, se combina con un sistema de extracción.

La forma más eficaz para controlar el humo en medios y vías de evacuación es la presurización de la zona, contando con los sistemas de extracción de humos y compartimentación adecuados.

Aunque el diseño de un sistema concreto de control de humos representa una situación única para cada edificio, debe destacarse, de forma particular, la protección de escaleras y aquellos huecos verticales que pueden producir una propagación de los humos debido al efecto chimenea.

		Sub terráneo	Ind ustriales	Conve ncionales	e gran altura	
Mo vimiento Natural	Barreras horizontales y verticales		x	xx	x	
	Efecto chimenea				x	
	Ventilación directa		x	xx		
Mo vimiento Forzado	Extracción	x			x	
	Dilución	xxx	xxx	xxx		
	Confi namiento	Barr eras físicas			xx	x
		Pres urización				x

x Método exclusivo

xx Método útil en combinación con otros.

xxx Método utilizado cuando no queda otra posibilidad.

5.4 - Toxicidad de los humos.

La toxicidad en las atmósferas de los incendios se manifiesta, en general, muy rápidamente. En la mayoría de los casos, se pierde la conciencia en el inicio del incendio. Los gases tóxicos, y en ocasiones otras situaciones concurrentes con efectos secundarios, como el abuso del alcohol, impiden reaccionar adecuadamente frente de un incendio y encontrar las salidas. También es necesario señalar que la toxicidad de los gases puede manifestarse igualmente a largo plazo. Las personas rescatadas de un incendio sufren a menudo efectos secundarios, como fuertes irritaciones sensoriales, en los pulmones y vías respiratorias, quemaduras, palpitaciones, pérdidas de memoria, etc. La toxicidad a su vez, puede ser directa o indirecta, esta última puede significar que en la atmósfera creada no haya elementos esenciales para las funciones vitales humanas, en cantidad suficiente, cómo puede ser el oxígeno, en cambio, la toxicidad directa, se caracteriza por la presencia, en dicha atmósfera, de ciertos elementos, que en cantidad suficiente, impiden igualmente las funciones vitales.

En general, hay coincidencia en que los principales productos tóxicos son el monóxido de carbono y el ácido cianhídrico, y en menor grado el cloruro y fluoruro de hidrógeno y los óxidos de nitrógeno. En exámenes post mortem se constata que existen en la sangre de las víctimas niveles de carbono/hemoglobina, hasta el punto que se aprecia que alrededor del 50% de la mortalidad es atribuible a los efectos de estos compuestos.

La ausencia hasta el momento actual, de una normativa y legislación estatales sobre el tema, y el inevitable esfuerzo de adaptación a las futuras condiciones exigibles en la industria, fabricación y manipulación de los materiales que presumiblemente son afectados por los mismos, no tan sólo debe constituir un obstáculo, sino ser un incentivo para la futura implantación de la normativa, con una cierta flexibilidad que permita la adaptación de los sectores afectados. Estas condiciones, han sido implantadas en todos los países industrializados y suponen una mejora de calidad de los materiales y su adecuación.

A continuación se indican los efectos fisiológicos de los diferentes niveles de ausencia de oxígeno y presencia de gases tóxicos en los seres humanos.

Variable	n	Situación	Efectos
falta de oxígeno	8%	de O ₂	inconciencia
	11%	de O ₂	Nauseas, vómitos: parálisis de movimientos
	14%	de O ₂	Adormimiento, desmayos
	17%	de O ₂	Disminución de la coordinación muscular, fatiga
monóxido de carbono	0,04%		Dolores de cabeza después de 1 hora, colapso después de 2 horas y muerte después de 3 o 4.
	0,03%		Dolores de cabeza en 1 o 1,5 h, colapso a las 3
	0,02%		Dolores de cabeza en 2-3h, colapso a las 3-4
	0,01%		Efectos no apreciables en exposiciones de poca duración, admisible hasta una hora
dióxido	9%		Disminución de la presión sanguínea, congestión

de carbono		fatal en 1 hora
	8%	Vértigo, inconsciencia en 4 horas
	7%	Dolores de cabeza, vértigo, sudores
	6%	Débiles efectos fisiológicos.

La toxicidad de estos gases de combustión se manifiesta de tres formas principales:

-Impidiendo la llegada del oxígeno a los órganos vitales, causante asfixia. Los hidrocarburos de bajo peso molecular y halógenos libres, el nitrógeno, hidrógeno, CO y el ácido cianhídrico, actúan en este punto

-Son irritante: producen tos, asfixia e incapacidad de visión. Se ha comprobado la existencia de neumonitis tanto en los supervivientes como en las víctimas. Estos afectan a las membranas mucosas, lo que puede causar infecciones en los órganos respiratorios y en los ojos. El cloro, los óxidos de nitrógeno, amoníaco, ácidos orgánicos, y los ésters de peso molecular reducido actúan de esta manera.

-Tienen un efecto narcótico: producen la depresión del sistema nervioso central que conduce a la inconsciencia y a la muerte. En este grupo, los productos son absorbidos por la sangre sin causar daños a las vías respiratorias; tales productos como CO₂, éter, acetonas, aldehídos y ésters de peso molecular alto, no tienen efecto secundario grave. Las cicloparafinas y las olefinas actúan a los músculos. Los alcoholes cíclicos, los fenoles, el ácido sulfhídrico, actúan al sistema nervioso. El óxido nitroso y los compuestos aromáticos de azufre intervienen en la circulación sanguínea.

No obstante no tenemos que descartar tampoco la importancia de otras causas, como el depósito de estalzi a los pulmones.

La anterior enumeración indica que es muy difícil evaluar la toxicidad de un material en su comportamiento al fuego en base al conocimiento químico de sus productos de combustión. Hace falta tener en cuenta, que incluida la materia más simple puede generar literalmente duodécimos de productos de combustión diferentes. Por otra parte, cuando varios productos tóxicos actúan simultáneamente en un ser vivo y a diferentes niveles (respiratorio, nervioso...) hay tres posibilidades: que el efecto sea aditivo, antagónico o sinérgico, el que evidentemente complica el establecimiento de los niveles aceptablemente soportados por el organismo humano. Por esta razón, la opinión de que la toxicidad debe ser determinada por ensayos biológicos, ha ganado adeptos que permiten, mediante análisis simples, determinar los productos de descomposición térmica de un material y clasificar al mismo según el potencial tóxico de sus gases de combustión.

6 - AGENTES EXTINTORES

6.1 - MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS.

En los últimos años, cada vez es mayor la preocupación por la prevención de los incendios como una de las maneras más efectivas desde el punto de vista económico de tratar este tema. Normalmente resulta más fácil (y más económico) evitar que se produzca un incendio que controlarlo o extinguirlo un vez iniciado.

La prevención de incendios exige modificar el comportamiento humano, y por esto es necesario una formación de seguridad frente a incendios, utilizando los últimos adelantos en materia de formación y normativa, así como otros materiales pedagógicos.

Un buen método por normalizar la protección contra incendios y los requisitos de seguridad de un edificio, es clasificar el tipo de construcción según los materiales utilizados en su estructura y el grado de resistencia al fuego de cada elemento. La clasificación puede basarse en ensayos, en una combinación de ensayos y cálculos, o sólo en cálculos. Estos procedimientos permiten identificar la resistencia estándar al fuego (capacidad para mantener las funciones necesarias durante 30, 60, 90 minutos, etc.) de un elemento estructural de carga o separación.

6.2 Medidas de protección pasiva contra incendios

El trabajo de ingeniería en materia de seguridad debe empezar en la fase de proyecto del edificio, puesto que los requisitos de seguridad contra incendios influyen en gran medida en la disposición y trazado del mismo. Así, el proyectista podrá incorporar las medidas de seguridad contra incendios con mayor facilidad y con menor coste. En el enfoque global deben tenerse en cuenta tanto el interior del edificio como la planificación de la zona exterior. Desde un principio, el proyectista debe colaborar con expertos en incendios por:

- Definir los riesgos específicos de incendio del edificio.
- Definir las distintas alternativas para obtener el nivel de seguridad contra incendios más adecuado.
- Analizar las alternativas pertinentes desde el punto de vista técnico y económico.
- Establecer los criterios para escoger la mejor alternativa técnica.

Una vez determinado el emplazamiento, el arquitecto debe tener en cuenta las características técnicas y funcionales del mismo en el proyecto. Al elaborar el proyecto, hay que considerar los recursos locales disponibles para la lucha contra incendios y el tiempo que se puede tardar en llegar al edificio. No es posible ni se ha de esperar que el cuerpo de bomberos se responsabilice totalmente de la protección de los ocupantes y de los bienes del edificio; debe contar con la ayuda de protecciones activas y pasivas contra incendios en el edificio, capaces de proporcionarle una seguridad razonable en caso de incendio.

6.3 Compartimentación.

Un compartimento contra incendios es un espacio dentro de un edificio que puede comprender uno o más pisos y que está delimitado por elementos separadores, de forma que, en caso de incendio, este no pueda propagarse fuera de él. La compartimentación es importante para evitar que el fuego se propague a espacios demasiados grandes o a todo el edificio. Las personas y los bienes materiales que se encuentran fuera del compartimento quedan protegidas gracias a la extinción del incendio por el cuerpo de bomberos, a su extinción de forma espontánea o, al menos, a los elementos separadores, que retrasan la propagación del incendio y del humo hasta que los ocupantes puedan ser rescatados.

La resistencia al fuego específica de un compartimento depende de su finalidad y del tipo de incendio potencial. Los elementos separadores que limitan el compartimento deben resistir el máximo incendio posible o contener el fuego hasta que los ocupantes puedan ser evacuados.

6.3.1 - Acabado interior

El acabado interior comprende los materiales de superficie de paredes, techos y tierra. Existen muchos tipos de acabado interior, como yeso, escayola, madera y plásticos. Entre sus múltiples funciones se encuentran las de aislamiento acústico y térmico o la protección contra el desgaste y la abrasión.

El acabado interior se relaciona con los incendios en cuatro aspectos: puede aumentar la velocidad del incendio, puede incrementar el incendio propagando la llama, puede aumentar la liberación de calor al añadir combustible y puede producir humo y gases tóxicos. Por lo tanto, habrán de evitarse aquellos materiales que presentan altas velocidades de propagación de la llama, proporcionan combustible al incendio o produzcan cantidades peligrosas de humo y gases tóxicos.

Hay diferentes tipos de acabados, entre los cuales destacamos:

-Ignifugantes: Ignifugación de un material es el proceso que consiste en la incorporación de un aditivo ignífugo a un material con el fin de mejorar su comportamiento ante del fuego.

-Pinturas y barnices ignífugos: Se trata de pinturas y barnices de baja inflamabilidad, la película aplicada y seca de los cuales, ensayada bajo condiciones determinadas, recibe una clasificación.

-Morteros de proyección: Morteros de proyección o materiales de protección pasiva que aplicados a la superficie del acero incrementan su estabilidad al fuego. Estos materiales aportan una protección enfrente del fuego en virtud de sus cualidades físicas o térmicas y no deben presentar variaciones físicas frente de la acción del fuego.

-Revestimientos y pinturas intumiscentes: Son revestimientos y pinturas capaces de reaccionar con el calor, desarrollando un gran volumen de espuma que es capaz de aislar del calor las superficies protegidas manteniéndolas frías.

6.3.2 - Propagación del humo

Cuando se declara un incendio en un edificio, el humo puede llegar a extenderse a lugares muy alejados. Los huecos de la escalera y de los ascensores pueden verse invadidos por el humo, bloqueando la evacuación y dificultando la extinción del incendio. Actualmente se considera que el humo es el máximo factor de riesgo en un incendio.

Entre las fuerzas de desplazamiento del humo se incluyen el tiro natural, la flotabilidad de los gases de combustión, el efecto del viento, los sistemas de ventilación y el efecto de pistón de los ascensores.

Cuando en el exterior el ambiente es frío, se produce un movimiento ascendente de aire en las cajas de los ascensores. En el interior del edificio el aire tiende a flotar, al estar más caliente y ser menos denso que el aire exterior. La fuerza de flotabilidad hace que el aire ascienda por los huecos de los ascensores, fenómeno conocido como tiro natural.

En un incendio, el humo por su elevada temperatura flota por su baja densidad. Además de la flotabilidad, la energía liberada en un incendio también puede producir movimientos de humo por expansión.

El viento afecta en gran medida al movimiento del humo. No se tiene que olvidar el efecto de pistón en los ascensores, puesto que cuando un ascensor se desplaza en su caja, se producen presiones transitorias.

Durante la formación de un incendio, el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) actúa como transportador del humo. Cuando se inicia un incendio en una zona desocupada de un edificio, este sistema HVAC puede transportar el humo a otros espacios habitados, por lo que se debe diseñar de forma que, en caso de incendio, la ventilación se apague o el sistema pase a un modo especial de control de humo.

El movimiento del humo puede controlarse mediante mecanismos de compartimentación, dilución, flujo de aire, presurización o flotabilidad. Hoy en día, también hay los sistemas de control de humo y calor; se trata de un conjunto de equipos arquitectónicos (barreras de humo, exutoris y o/ventiladores) que, en el supuesto de que se produzca un incendio, operen automáticamente o manualmente (de forma coordinada con otros elementos de protección), por evacuar el humo del edificio con el fin de:

- Preservar libres de humo las vías de escape (personas).
- Permitir la visibilidad del foco del incendio (bomberos).
- Retardar el calentamiento estructural (edificio).

6.4 - Evacuación de los ocupantes

6.4.1 - Diseño de las vías de escape

El diseño de las vías de escape debe basarse en una evaluación previa del sistema global de protección contra incendios.

La evacuación de las personas que se encuentran en un edificio en llamas depende de sus reacciones durante la fuga, puesto que deben tomar diferentes decisiones según la situación. Dichas reacciones varían muy dependiente de las capacidades físicas y mentales de cada cual.

El propio edificio influye en las decisiones tomadas por los ocupantes en su fuga, a través de la señalización y de los sistemas de seguridad instalados. Los productos de señalización foto luminescente se estimulan con la luz natural o artificial, almacenando la energía foto lumínica y devolviendo análogamente, en forma de luz visible, esta energía almacenada, facilitando la identificación de los productos sobre los que están aplicados transmiten el mensaje de señalización. Estos productos deben poderse cargar un número ilimitado a veces sin que por esto se vean afectadas sus propiedades ópticas. Su función se basa en que, al disminuir o desaparecer cualquier fuente de iluminación, ya sea natural o artificial, se hagan visibles automáticamente y progresivamente incluso en plena oscuridad.

La propagación del incendio y del humo es el factor que más repercute en la toma de decisiones de los ocupantes. El humo limita la visibilidad en el edificio y crea un ambiente irrespirable. La radiación del fuego y las llamas afectan a grandes espacios, que dejan de ser utilizables para la evacuación, lo que aumenta el riesgo.

Para diseñar las vías de escape de un edificio es necesario conocer primero la reacción de los ocupantes y sus patrones de movimiento en caso de incendio.

Las tres fases de una evacuación son: aviso, reacción y evacuación. La fase de aviso depende de si existe un sistema d alarma en el edificio, de si los ocupantes pueden comprender o no la situación o la forma de compartimentación del edificio. La fase de reacción se relaciona con la capacidad de los ocupantes para tomar decisiones, de las características del incendio y del sistema de vías de escape del edificio. Por último, en la fase de evacuación influyen los puntos donde se pueden formar aglomeraciones y del comportamiento de los ocupantes en las distintas situaciones.

Los recorridos de evacuación deben proyectarse en función del peligro de incendio, puesto que cuánto mayor sea el peligro, menor debe ser la distancia hasta la salida de emergencia.

Una salida segura d un edificio exige unas vías de escape seguras entre el lugar del incendio y el exterior. Con lo cual, han de existir suficientes vías de escape, estar debidamente proyectadas y tener la capacidad adecuada. Debería de haber, como mínimo, una vía de escape alternativa, dado que, por ejemplo, el incendio, el humo y las características de los ocupantes pueden llegar a impedir el uso de las vías de escape. Estas últimas han de estar protegidas del fuego, el calor y el humo durante el tiempo que dure la salida.

La evacuación será efectiva si el incendio se detecta en su fase inicial y los ocupantes son avisados rápidamente a través de los sistemas de detección y alarma. Una señalización adecuada de las vías de escape facilita considerablemente la evacuación. Asimismo, es importante la organización y realización de simulacros de evacuación.

6.4.2 - Comportamiento humano en caso de incendio

La forma en que una persona reacciona en caso de incendio depende del papel que asuma, de la experiencia anterior, de la educación, la personalidad, la percepción de amenaza de la situación, las características físicas, las vías de escape disponibles y la actuación de las demás personas que comparten con ella esta experiencia.

El comportamiento humano pasa por varias fases, y hay varias alternativas para pasar de una a la otra. De forma resumida, un incendio se presenta tres fases generales.

- 1 . La persona percibe las señales iniciales y las investiga o las interpreta mal.
- 2 . Una vez que el incendio ya es visible, la persona intenta obtener más información, ponerse en contacto con otras personas o abandonar el lugar.
- 3 . Después, la persona intenta luchar contra el incendio, interaccionar con otras o escapar.

La actividad previa a la declaración del incendio que hace una persona, es un factor importante, puesto que su comportamiento estará considerablemente condicionado por esta. Incluso, la percepción de una señal puede depender de la actividad previa al incendio.

Las personas pueden darse cuenta o no de que se ha producido un incendio. Su comportamiento dependerá de que consigan definir su situación correctamente.

Una vez detectado el incendio, se inicia la fase de "preparación". Las características de los ocupantes pueden influir mucho en la forma en que se desarrolle esta fase. La fase de "preparación" incluye, por orden cronológico, los siguientes pasos: -instruir, -explorar y abandonar el lugar.

6.4.3 - Sistemas de transporte en edificios

Los sistemas de transporte deben tenerse en cuenta en la fase de diseño e integrarse en el sistema de protección global del edificio. Los peligros asociados a estos sistemas deben contemplarse en cualquier planificación o estudio contra incendios.

Los sistemas de transporte pueden agravar los problemas de seguridad, puesto que el agujero del ascensor actúa como una chimenea debido al tiro natural del humo caliente y los gases del incendio.

En caso de incendio resulta peligroso utilizar los ascensores por varias razones:

1 . Los ocupantes pueden estar pulsando el botón de un ascensor en una planta a la espera de que llegue un ascensor que puede no responder y perder así un tiempo muy valioso para huir.

2 . Los ascensores no dan prioridad a ninguna llamada, y una de estas puede ser la del piso del incendio.

3 . Los ascensores no pueden ponerse en marcha hasta que no se hayan cerrado sus puertas, y el pánico puede producir aglomeraciones en el ascensor y bloquear las puertas, impidiendo su cierre.

4 . La electricidad puede fallar en cualquier momento durante el incendio, dejando a las personas atrapadas en el ascensor.

6.4.4 - Simulacros de incendio y formación de los ocupantes

Una correcta señalización de las vías de escape facilita la evacuación, pero no garantiza la seguridad durante un incendio. Los simulacros, necesarios para asegurar una fuga organizada, son especialmente importantes en la escuela y en los restaurantes, hospitales, hoteles y grandes empresas, así como en las industrias de alto riesgo. Los simulacros de desalojo permiten evitar la confusión y contribuyen a una evacuación correcta de todos los ocupantes del edificio.

6.5 - Medidas activas de protección contra incendios.

6.5.1 - Sistemas de detección de incendios y de alarma

Un sistema de detección de incendios y de alarma permite detectar un incendio de forma automática y avisar a los ocupantes del edificio de la amenaza d incendio. La alarma sonora o visible de un sistema de detección de incendios, es la primera señal que perciben los ocupantes de un edificio por iniciar la evacuación. Esto es especialmente importante en edificios grandes o de gran altura, dónde es difícil para la mayoría de los ocupantes saber si se ha iniciado un incendio en la estructura, y es bastante improbable o imposible que un ocupante pueda avisar a todos los demás.

Un sistema de detección de incendios y de alarma puede incluir todos o algunos de los elementos básicos siguientes:

- 1 . Una unidad de control del sistema.
- 2 . Un abastecimiento primario o principal de energía eléctrica.
- 3 . Un abastecimiento secundario de energía, normalmente alimentado por baterías o por un generador de emergencia.
- 4 . Dispositivos de activación de la alarma, como detectores automáticos de incendios, pulsador manual y o/dispositivos de flujo de sistemas de regadores, conectados a circuitos de activación de la unidad de control del sistema.

5 . Dispositivos de alarma, como por ejemplo luces, conectados a circuitos indicadores de la unidad de control del sistema.

6 . Controles auxiliares, como funciones de apagón de la ventilación, conectados a circuitos de salida de la unidad de control del sistema.

7 . Alarmas conectadas a uno centre de emergencia externo, como el centro de bomberos.

8 . Circuitos de control para activar un sistema de protección contra incendios o un sistema de control de humos.

6.5.2 - Sistemas de control de humos

Para reducir el peligro de que, en caso de incendio, el humo se introduzca en las vías de escape durante la evacuación, pueden utilizarse sistemas de control de humo. Por lo general, se utilizan sistemas mecánicos de ventilación para introducir aire fresco en las vías de escape. Este método suele utilizarse para presurizar los huecos de la escalera o de edificios con patios, y mejorar así el nivel de seguridad personal.

6.6 - Extintores portátiles y mangueras

Suele dotarse a los edificios de extintores portátiles y mangueras de agua para que las utilicen los ocupantes en la extinción de incendios de reducidas dimensiones. Los ocupantes de un edificio no han de utilizar los extintores portátiles ni las mangueras sin haber sido formados en su uso. En cualquier caso, al utilizarlos, deben tener en cuenta de no situarse de tal manera que ni bloqueen una vía de escape. En cualquier incendio, sea cual sea su dimensión, la primera medida que hay que tomar es siempre avisar a los demás ocupantes del edificio y pedir ayuda a un centro de bomberos.

6.6.1 - Extintores portátiles

Aparato que contiene un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna. Son aparatos que han sido diseñados por extinguir fuegos en su fase incipiente, es decir, cuando están empezando y todavía son de poca entidad.

Generalmente son de pequeñas dimensiones y de corta duración, de forma que pueden ser utilizados y transportados fácilmente por una persona, por este motivo se denominan extintores portátiles o manuales aquellos que su peso total no excede de los 20kg. Se denominan así por diferenciarlos de otros equipos que, aunque están basados en los mismos principios, por su dimensión y peso, deben ser conducidos en vehículos especiales y que se denominan extintores sobre ruedas.

La presión necesaria para impulsar el agente extintor puede obtenerse por la vía de tres sistemas diferentes:

-Por la vía de la compresión previa del mismo agente extintor, que se encuentra dentro del depósito principal de l extintor.

-Por la vía de la liberación de un gas auxiliar que se encuentra en un depósito anejo al lado o al interior del depósito principal.

-Por la vía del gas producido en una reacción química.

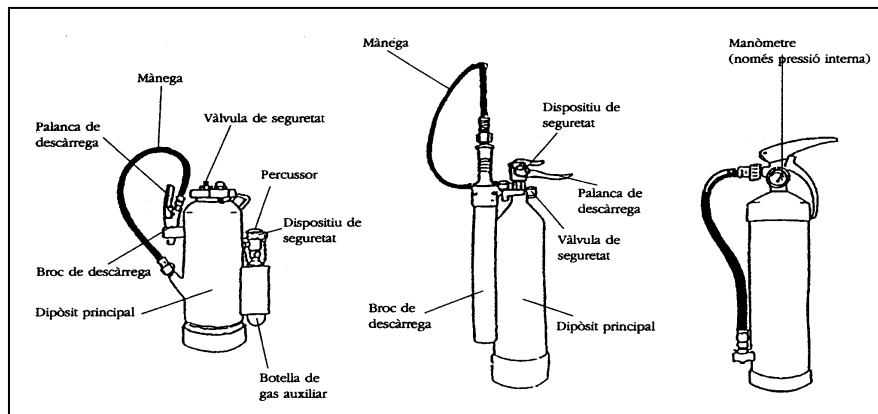


Ilustración 6.1

La norma básica de edificación NBE CPI-96, sobre condiciones de protección contra incendios en los edificios, establece que todo edificio o establecimiento con una altura de evacuación más grande de 24 m estará dotado con una instalación de columna seca. También estarán dotados con esta instalación los edificios hospitalarios con una altura de evacuación superior a 15 m y los garajes con más de tres plantas bajo rasante o con más de cuatro plantas por encima de la rasante. De acuerdo con la ordenanza Municipal sobre condiciones de protección contra incendios a los edificios será preceptiva esta instalación para las plantas de sótano cuando haya más de tres plantas.

La instalación de Columna seca es por uso exclusivo del Servicio de Extinción de Incendios y estará formada por una conducción normalmente vacía, que partiendo de la fachada del edificio discurre generalmente por la caja de la escalera y está proveída de bocas de salida en pisos y de toma de alimentación en la fachada por conexión de los equipos del Servicio de Extinción de Incendios, que es el que proporciona a la conducción la presión y el caudal de agua necesarios por la extinción del incendio.

La instalación de la columna seca está formada por:

-Toma de agua en la fachada, con la indicación “uso exclusivo bomberos”, con llaves incorporadas de \varnothing 70 mm con tapa, clave de purga de 25 mm.

-Cañería de acero galvanizado de 80 mm de diámetro nominal.

-Salidas de plantas provistas de conexión siamesa, con llaves incorporadas y rociadores de 45 mm con tapa. Cada cuatro plantas se instalará una llave de seccionamiento a la salida de la planta correspondiente. Se situarán a las plantas pares hasta la octava y a todas las plantas a partir de esta.

Las llaves de la instalación serán de bola, con palanca de accionamiento incorporada.

Las instalaciones de columna seca bajo rasante tendrán salida a todas las plantas a partir de la 2a, en caso de más de tres plantas bajo rasante. La llave de purga, en estas instalaciones, se deberá situar a la salida de la planta.

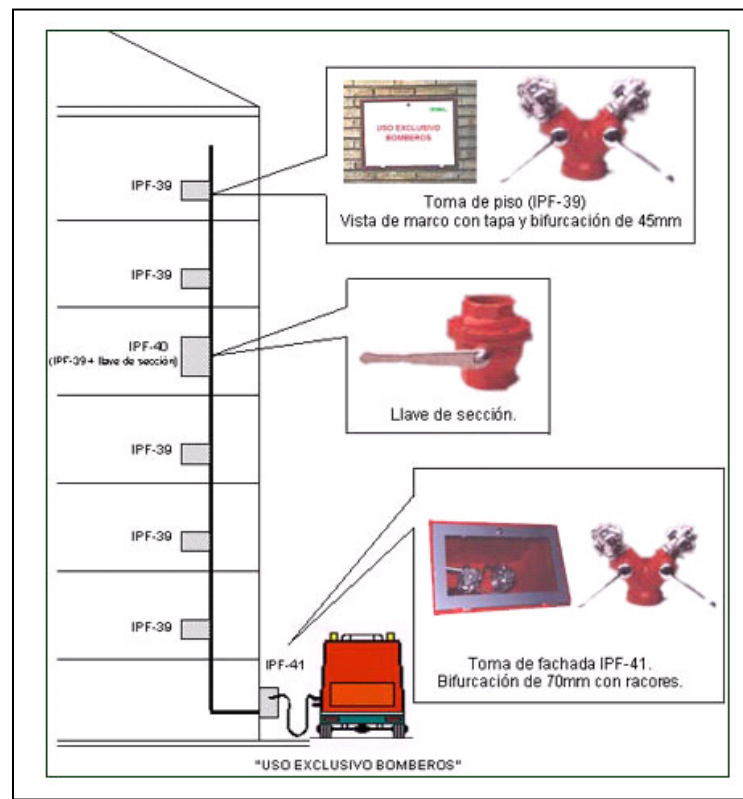


Ilustración 6.2

6.6.2 - Boca de incendio equipada (BIE)

Es el conjunto de elementos necesarios para transportar y proyectar agua desde un punto fijo de una red de suministro hasta el lugar del fuego, incluyendo los elementos de apoyo, medición de presión y protección del conjunto.

Componentes de una boca de incendio equipada.

- 1 . Armario. Caja de protección contra el desgaste de los elementos de la BIE.
- 2 . Apoyo manguera. Permite extenderla con facilidad y rapidez.
- 3 . Válvula. Para abrir y cerrar el paso de agua.
- 4 . Manómetro. Indica la presión hidráulica que hay de suministro de agua.
- 5 . Manguera flexible plana. El diámetro puede ser de 45 y 70 mm.
- 6 . Manguera semirígida. El diámetro es de 25 mm.
- 7 . Boca de conexión. Acoplamiento rápido para la unión entre mangueras o de las mangueras con las válvulas o bien con las lrociadoras de agua.

8 . Lanzadora. Elemento intermedio de forma cilíndrica o cónica que une la boca con el rociador para facilitar el uso.

9 . Boca. Elemento por el cual sale el agua con un caudal determinado y que permite variar los efectos, desde un rayo compacto a un cono de agua pulverizada con un ángulo determinado.

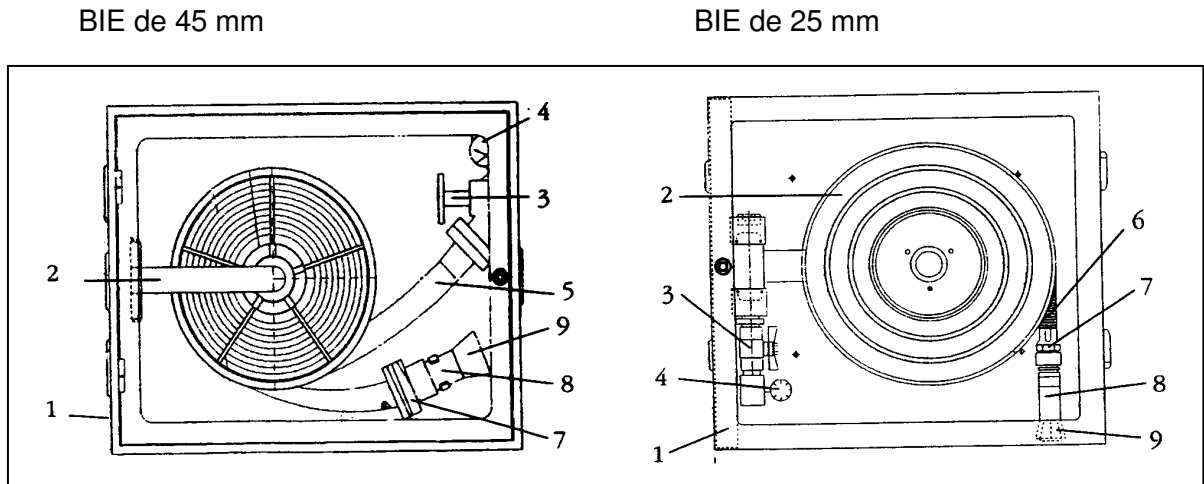


Ilustración 6.3

6.6.3 - Sistemas de pulverizadores de agua

Los sistemas de pulverizadores de agua constan de un suministro de agua, válvulas de distribución y cañerías conectadas a regadores automáticos. Aunque los sistemas actuales de regadores están diseñados para controlar la propagación de incendios, en muchos casos se ha conseguido incluso extinguirlos totalmente.

Una idea errónea es que en caso de incendio se activan todos los regadores automáticos. En realidad, cada uno está diseñado para abrirse sólo cuando detecta una cantidad de calor indicativo de incendio. Así entonces, sólo fluye agua de los regadores abiertos por haber detectado calor en sus proximidades. Este diseño garantiza un uso eficiente del agua en la lucha contra incendios y limita los daños por agua.

Un sistema automático de regadores debe disponer de agua en cantidad, presión y volumen suficientes para garantizar un funcionamiento fiable en cualquier momento. Si el suministro municipal de agua no reúne estos requisitos, habrá que instalar un depósito o bomba que asegure el suministro.

Las válvulas de control deben mantenerse siempre en posición abierta, a no ser, que haya un sistema automático de alarma que avise cuando detecte alguna cerrada.

El agua fluye a través de una red de cañerías, normalmente suspendidas del techo, dotadas de regadores cada cierta distancia. Las cañerías de los sistemas de regadores deben poder resistir una presión de trabajo no inferior a 1.200 kPa.

Un regador consta de un orificio, que normalmente se mantiene cercado por un elemento liberador sensible a la temperatura, y un deflector de polvorización. El diseño de la descarga de agua y los requisitos de espacio de cada regador garantiza una cobertura total del riesgo protegido.

En el siguiente dibujo podemos ver una instalación tipo de regadores con entradas de agua, toma de agua exteriores y canalizaciones subterráneas.

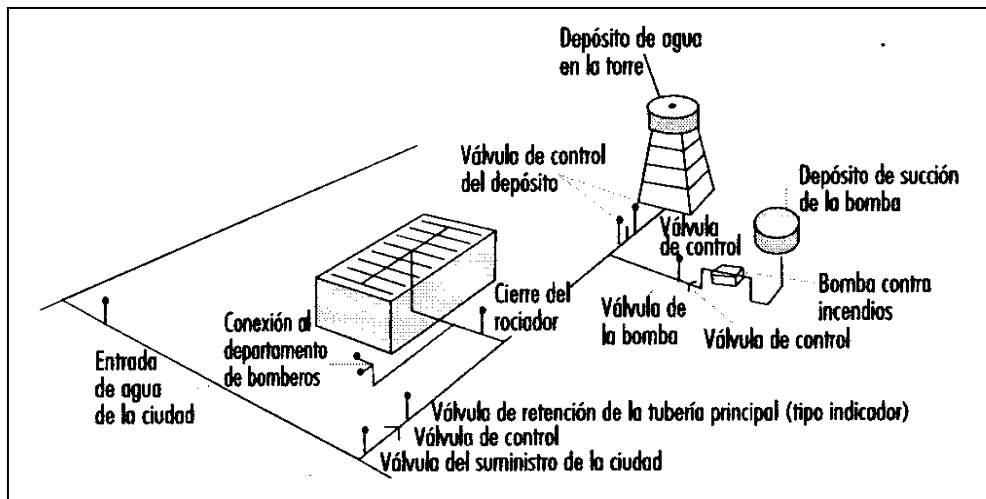


Ilustración 6.4

Los sistemas de polvorización de agua aumentan la efectividad de esta al dividirla en gotas más pequeñas, el que genera una mayor superficie de contacto con el fuego y un aumento relativo de la capacidad de absorción el calor. Es similar al sistema de regadores, aunque aquí todos los regadores están abiertos y para abrir las válvulas de control se utiliza un sistema independiente de detección o se realiza la operación de forma manual. Esto permite que el agua fluya a través de la red de canalización hasta llegar a todos los dispositivos de polvorización de salida del sistema de cañerías.

6.6.4 - Sistemas de espuma

En un sistema de espuma se inyecta un concentrado líquido en el suministro de agua antes de la válvula de control. A continuación, se mezcla el concentrado de espuma con aire, bien mediante una descarga mecánica o aspirando aire en el dispositivo de descarga. El aire que entra en la solución de espuma, produce una espuma expandida que, al ser menos densa que la mayoría de los hidrocarburos, forma una capa por encima del líquido inflamable. La capa de espuma reduce la propagación del vapor combustible. El agua, que representa casi el 97% de la solución de espuma, aporta un efecto de enfriamiento que reduce todavía más la propagación del vapor y enfría los objetos calientes que podrían actuar como fuente de reignición.

6.6.5 - Sistemas de dióxido de carbono

Estos sistemas utilizan dióxido de carbono, almacenado como gas licuado comprimido en depósitos a presión. Los depósitos disponen de una válvula automática que se abre en caso de incendio gracias a un sistema de detección independiente o mediante accionamiento manual. El dióxido de carbono, una vez liberado, se aplica al incendio a través de un sistema de cañerías y boques de descarga. El gas actúa como extintor al desplazar el oxígeno del incendio. En la concentración necesaria para la extinción de incendios es tóxica para las personas, por lo que antes de aplicarlo, es necesario tomar medidas especiales de evacuación de las personas que se encuentran en la zona protegida.

6.6.6 - Sistemas de gas inerte

Por lo general los sistemas de gas inerte utilizan una mezcla de nitrógeno y argón como media de extinción. En algunos casos, en la mezcla de gas también se incluye un reducido porcentaje de dióxido de carbono. La característica de las mezclas de gas inerte es que reducen el oxígeno a una concentración lo suficientemente baja como para extinguir muchos tipos de incendios pero sin llegar a niveles que puedan suponer una amenaza por los ocupantes de la zona protegida. La operación del sistema es similar a la del dióxido de carbono pero, dado que los gases inertes no pueden ser licuados por compresión, el número de depósitos de almacenamiento necesarios por proteger un determinado recinto cerrado es mayor que en el caso del dióxido de carbono.

6.7 - Agentes extintores. Protección

Son productos que por sus especiales cualidades se utilizan para la extinción de incendios. Entre los agentes extintores más importantes, por su uso generalizado, destacamos:

- Agua
- Agua pulverizada
- Vapor
- Productos humidificantes
- Agua ligera (light water)
- Espuma
- CO₂ – dióxido de carbono
- Líquidos valorizables
- Agentes extintores secundarios

6.7.1 – Agua

Producto extintor abundante, económico y fácilmente disponible. De gran efectividad, que no obstante ha variado con las nuevas tecnologías actuales, y que a veces su uso puede ser peligroso y contraproducente.

Capacidad extintora: Posee tres efectos diferentes:

Choque: de la masa líquida sobre el fuego. A presiones adecuadas el flujo corta la base de las llamas.

Enfriamiento: Al tener un alto calor específico, el agua absorbe calor de la combustión. Esta vaporización reduce el fuego.

Sofocación: Al evaporarse el agua, forma sobre el combustible una atmósfera inerte. Este vapor dificulta el paso del oxígeno atmosférico que por inhibición sofoca el fuego.

Características: A igualdad de peso, el agua, puede absorber más calor que cualquier otro agente extintor. Al evaporarse aumenta hasta 1700 veces su volumen inicial. Diluyendo la mezcla aire gas que mantiene la combustión. Según la clase de fuego, la aplicación del agua debe ser variable. En cuando por incendios de clase A es conveniente el uso de flujos compactos por su poder de penetración, en fuego de clase B este procedimiento es inadecuado porque el agua directa actúa de manera dispersoria. Remueve la superficie del líquido en combustión y favorece la vaporización, en consecuencia activaría el incendio.

Uso racional del agua: El agua de extinción ha de utilizarse con el estudio de formas prácticas al fuego que se combate, se evita así, que algunas veces se produzcan daños mayores al mismo incendio. Además, las filtraciones de agua a plantas o niveles adyacentes, son muchas veces las causas de graves pérdidas en instalaciones y sistemas separados de un fuego de incendio.

6.7.2 - Agua pulverizada

En ciertos incendios, el agua atomizada o pulverizada en relación a l agua directa, resulta más efectiva aunque se trate de fuegos de gran magnitud. EL agua pulverizada por medio de difusores proyecta masas de agua de gotas muy finas, consiguiendo una gran eficacia extintora. Además, en forma de nube, proporciona al bombero una protección contra el fuego que le permite actuar con mayor proximidad al fuego. No obstante, tiene la desventaja de su corto perímetro de acción. El agua pulverizada actúa de tres formas diferentes, las cuales se complementan en la extinción:

- **Enfriamiento:** El agua pulverizada en contacto con el fuego absorbe, al evaporizarse, una gran cantidad de calor. Siendo el suyo el calor latente de vaporización de 540 /g.

-**Sofoco:** El vapor de agua formado, genera una atmósfera o barrera entre combustible y oxígeno atmosférico. Además, parte del agua no evaporizada también produce este efecto.

-**Disolución:** En incendios de líquidos solubles en agua, la pulverización diluye superficialmente el combustible, facilitando la extinción del mismo. Al mismo tiempo se forma una mezcla espumosa, combustible-agua, que ejerce una acción inhibitoria por el aire. En este aspecto, el agua directa dispersaría el foco de fuego extinguiendo el mismo.

6.7.3 - Vapor

El vapor (H₂O), forma gaseosa alotrópica del agua, puede ser utilizado en grandes cantidades como agente extintor. Actúa por sofoco, en medios donde el vapor puede ser fácilmente aprovechable (terreno industrial). En lugares o recintos cerrados, el vapor industrial puede ejercer como agente extintor efectivo, sobre todo bajo la presión, aunque

con reservas, puesto que su uso es competencia de los bomberos, pues en ciertas ocasiones y según la presión puede resultar explosivo.

Posee idéntico efecto de sofoco que el agua pulverizada, que en parte, también actúa en forma de vapor, debido a su estructura de gotas finas de agua y gran superficie, que al entrar en contacto con el fuego, se evaporizan. El vapor de extinción absorbe por Kg una cantidad de calor equivalente a la expresión: $C=606,5 + 0,305 t_1 t_2$ - calorías, siendo t_1 la temperatura del vapor generada y t_2 la temperatura que se encuentra en el agua.

6.7.4 - Productos Humidificantes

Substancias químicas que, sumadas al agua de extinción, hacen aumentar su eficacia. Facilitan una mayor difusión sobre la superficie del otro material, por reducción de la tensión superficial del agua. La acción extintora sobre el fuego, consiste en aumentar el grado de humedad del agua, facilitando una mayor penetración en el combustible que quema y atrasa la vaporización. Los productos humidificantes, al reducir la tensión superficial del agua cuando es disuelto en ella, hacen aumentar su eficacia. Los espumogenos, el agua ligera ... son agentes humidificantes.

6.7.5 - Agua Ligera (light water)

Principio y comportamiento: El principio extintor del agua ligera se basa en la proyección de l agua sobre el fuego en mayor cantidad y rapidez que requeriría en igual tiempo, el agua común. Por su estructura molecular especial, este producto aditivo hace variar el comportamiento del agua, proporcionándole una mayor fluidez o velocidad, que se traduce en un gran efecto impulsor. Este cambio en el comportamiento del líquido normal origina que, en la turbulencia que se forma en la conducción, cuando el agua se desplaza por el conducto de la manguera, reduce las pérdidas de velocidad por rozamiento. En flujos no turbulentos, el agua ligera se diferencia muy poco al agua común. Las calidades intrínsecas, son por los dos casos, casi comunes, incluyendo la viscosidad convencional. Por otra parte, en una mezcla proporcional de agua ligera, pueden contabilizarse teóricamente, 10 billones de moléculas de agua, por cada molécula de polímero en solución. Las ventajas que supone en las prácticas de extinción el uso de agua ligera son las de: requerir una menor energía para ser impulsadas, el que equivale a una mayor acción; menores diámetros de manguera y menor número de hombres en cada punto de ataque, para accionarlas.

Poder extintor y propiedades: El agua ligera posee una excelente potencia extintora en comparación con otros agentes y en base a los mismos volúmenes. Posee la propiedad de flotar en la superficie de los hidrocarburos en llamas, extendiendo una capa fijadora sobre el fuego, de forma que impide el escape de los vapores combustibles. Posee igualmente la peculiaridad de auto regenerarse, por lo que repara la película que hay sobre el hidrocarburo en combustión. En cambio, una ruptura del mismo tipo en un agente no regenerado, existe el riesgo de una posible reignición del fuego. Esta autoregeneración del agua ligera, permito dos cosas: reducir el peligro en fuegos de líquidos y el paso de los bomberos a la zona inundada con seguridad. La mayoría de veces esta práctica resultaría materialmente imposible, de emplear otros agentes extintores.

6.7.6 - Espuma

Agente extintor especial para fuegos de clase B (hidrocarburos). La espuma actúa sobre las superficies líquidas, neutralizando así, el acceso a la atmósfera de los vapores inflamables. De esta manera se consigue aislar el líquido de las temperaturas del fuego y enfriar las superficies afectadas. Por su ligero peso y por que es insoluble en la mayoría de líquidos, la espuma flota a la superficie de los mismos, formando una cobertura o cierre. Esta barrera es en esencial la extinción de líquidos, porque sofoca los vapores inflamables del combustible, al mismo tiempo que corta el fuego. Para líquidos disolventes polares (alcoholes, acetonas...), la espuma normal es destruida rápidamente. Este tipo de fuegos, requieren una medida de aplicación de la espuma, de hasta cinco veces mayor que en condiciones de líquidos no polares.

Tipos de espuma: En general, son dos los tipos de espuma que se producen por métodos especiales.

Espuma química: se genera por reacción química a partir de la cual, una masa de burbujas conteniendo CO₂, forma una capa de espuma

Espuma física o mecánica: se genera por acción mecánica del agua con un agente espumante, produciendo burbujas de aire.

Los dos tipos de espumantes, poseen idéntico grado de efectividad, en las formas de actuación.

Inconvenientes de la espuma química: Posee tres inconvenientes que han colaborado a reducir prácticamente su uso.

- Ataca a los metales

- Es más conductora de la electricidad

- Se disuelve fácilmente en hidrocarburos solubles en agua.

6.7.7 - CO₂ - Dióxido de carbono

A temperaturas normales, el dióxido de carbono (CO₂) posee una densidad un 50% mayor que la del aire, por lo que siempre al salir del extintor se dirige hacia el suelo. Este gas es inodoro e incoloro y todas sus formas (líquido, gas, sólido) no son combustibles. Se almacena en los extintores en estado líquido a una presión de unos 90 Kg/cm². Al salir del extintor se expande y produce la denominada nieve carbónica a una temperatura alrededor de -78°C.

Formas de extinción: En contacto con el fuego, el CO₂ se evapora rápidamente, envolviéndolo con una nube de gas inerte. La principal acción extintora es por sofoco, lo que hace que se apague el fuego por aislamiento o separación. El sistema extintor a base de CO₂, actúa principalmente por reducción del contenido de oxígeno en el aire, hasta el extremo de no poder existir el fuego e incluso de no poder respirar en este ambiente, haciéndolo tóxico.

Propiedades del CO₂: Las principales propiedades son: no es conductor de la electricidad, no es tóxico ni corrosivo y no deja residuos.

Limitaciones:

Clase A: Es efectivo aunque se tiene que utilizar posteriormente agua para acabar de sofocar el incendio.

Clase B: Petróleo, aceites, pinturas, gasolinas, disolventes... siempre que este fuego sea de poca magnitud y siempre que no estén presentes vientos o corrientes de aire suficientemente fuertes para dispersar el CO₂ en el aire libre.

Clase C: Metano, butano, propano... gas ciudad, gas natural... aunque sean combustibles gaseosos, el CO₂ se comporta en ciertos casos, con cierta eficacia.

6.7.8 - Líquidos valorizables

Le extinción moderna se centra en gran medida en estos compuestos. Los líquidos valorizables con bajo punto de ebullición, actúan por sofoco y son hidrocarburos halogenados que poseen la propiedad de evaporizarse fácilmente por el calor del fuego. Por esto se los conoce mayoritariamente como líquidos valorizables. Todos forman una masa de vapor no inflamable más pesado que el aire. Este vapor no solamente cubre un fuego por deslizamiento del aire, sino que también actúa por interferencia de la reacción química de propagación de la llama en el material de ignición.

6.7.9 - Agentes extintores secundarios

Ciertos materiales de naturaleza compleja, pueden ser contrarrestados en el incendio con productos extintores sencillos.

Arena y tierra: Combustibles como materiales ligeros, los cuales no pueden ser extinguidos con agua, espuma, polvo químico... puedan en cambio ser sofocados con productos naturales como son: arena seca, grafito en polvo, cenizas, polvos de talco, piedra calcaría. La tierra y la arena pueden emplearse para la extinción de líquidos, pinturas, y aceites diversos. En cambio, estos materiales no se tienen que utilizar en fuegos de máquinas, motores u otros mecanismos considerados delicados, puesto que precisarían tras la extinción, desarmar la maquina totalmente, aunque el perjuicio del fuego sea mínimo. En estos casos, el polvo químico actúa de idéntica forma, malogrando las partes más delicadas de los mecanismos.

Removedores: En pequeños fuegos de diversos materiales, como también de áreas rurales, en fuegos de restrosos, cosechas, bajo bosque y similares, dónde el agua escasea o no pueda ser fácilmente suministrada, los removedores hacen a veces de productos eficaces. Ramas verdes, palas, escobas e incluso, con una simple pisada, se puede conseguir apagar el fuego. Actualmente ciertos cuerpos de bomberos usan esta técnica.

Tejidos: Otro método primario y práctico de extinción, lo constituye ciertas piezas de tejido. En fuegos sobre personas, las cuales han sido presas por las llamas, la extinción consistirá en envolverlas con una manta, alfombra, chaqueta, etc. Un vez envueltas se deben tirar al suelo y girar sobre si mismas hasta sofocar el incendio. Completar la extinción echando agua. En estos casos no se tiene que utilizar nunca fibras sintéticas o plásticas.

Clases de Fuegos

	SOLIDS
	LIQUIDS

	GASOS
	METALLS
E	ELÈCTRICS

Ilustración 6.5

Agente Extintor	Clases de fuego				
	A	B	C	D	E
Agua Polvorizada	Muy Buena	Regular (combustibles líquidos no solubles en agua, gasoil, etc.)	-	-	Peligroso
Agua a rayo	Buena	-	-	-	Peligroso
Polvo BC (convencional)	-	Muy Buena	Buena	-	Buena
Polvo ABC (polivalente)	Buena	Buena	Buena	-	-
Polvo Específica Metales	-	-	-	Regular	-
Espuma Física	Buena	Buena	-	-	Regular
Anhídrido Carbónico (CO2)	Regular (Fuego pequeños. No apaga las brasas)	Buena (Fuego pequeños)	-	-	Muy Buena (Excelente para salas de ordenadores)
Hidrocarburos Halogenados	Regular (Fuego pequeños)	Buena (Fuego pequeños)	Regular	-	Muy Buena