

# Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos

**Sara López Riera**

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSHT

*Los incendios en edificios y establecimientos industriales o comerciales dan lugar a humos opacos a muy altas temperaturas que ascienden hasta la parte superior de los mismos para pasar a expandirse inmediatamente al nivel en el que se mueven las personas. Con el fin de facilitar la evacuación, limitar la propagación del fuego y favorecer la intervención de los equipos de socorro se utilizan los sistemas conocidos como de “control de temperatura y evacuación de humos o SCTEH”.*

## INTRODUCCIÓN

Además de dificultar las labores de evacuación, el humo es la primera causa de muerte en los incendios. Según el estudio realizado por la Fundación Mapfre [11] sobre los incendios en España en 2010, el 50% de las muertes fueron causadas por intoxicación debida a los gases. Del mismo modo el informe DOCO-HUMO Madrid 2010 [10] estimaba que en España se producen entre 50 y 100 muertes anuales por intoxicación producida por el humo de los incendios. Aunque las cifras varían a causa de la dificultad al investigar si las víctimas que se abrasaron previamente habían quedado inconscientes a causa del humo, se estima que entre el 70% y el 95% de las víctimas se deben a la inhalación del humo. Por ello se le considera el principal peligro para la seguridad de las personas durante un incendio y se le debe prestar una especial atención en los espacios cerrados o semicerrados.

## EFFECTOS NOCIVOS DEL HUMO

Según la norma UNE-EN ISO 13943:2001 *Seguridad contra incendio*.

*Vocabulario*[3], el humo es la parte visible de la totalidad de los gases y/o aerosoles (incluyendo partículas en suspensión) originadas por la acción del fuego. Es decir, el humo esta compuesto de productos de combustión que incluyen gases, vapor de agua, sólidos como el hollín y líquidos.

El humo da lugar a:

- Altas temperaturas, que producen abrasamiento simplemente por inhalación de gases.
- Lagrimeo de los ojos dificultando la visión, lo cual unido a su opacidad dificulta la evacuación e intervención posterior.
- Bajada en la concentración de oxígeno que puede llegar a producir la asfixia (Tabla 1).
- Efectos debidos a las características de los productos de combustión. Se pueden distinguir tres grandes tipos de efectos relacionados con los productos de combustión:

- **Gases asfixiantes simples:**El principal es el dióxido de carbono. Este gas, en concentraciones del 10% en aire, da lugar a cefaleas y vértigo y, a partir del 20%, a narcosis. Además, al aumentar su concentración aumenta el ritmo respiratorio y con ello la inhalación de gases tóxicos.

- **Gases tóxicos:**El monóxido de carbono, además de combinarse con la hemoglobina de la sangre desplazando al oxígeno, produce un efecto tóxico especialmente importante en el cerebro. Da lugar, en concentraciones en el aire del 0,01%, a dolores de cabeza, que pasan a vértigo y al final al coma seguido de la muerte a partir del 0.2 %. Hay que resaltar, dentro de estos gases, también al cianuro de hidrógeno, resultante de la combustión de bastantes materiales plásticos y fibras naturales que contienen nitrógeno; al sulfuro de hidrógeno, que se produce en la combustión incompleta de las materias orgáni-

cas que contienen azufre (cauchos, neumáticos, lanas...); y al cloruro de carbonilo, que se produce por el contacto de las llamas sobre los productos de PVC, aislamientos de cables eléctricos, materiales refrigerantes como el freón, etc.

- **Gases con efectos corrosivos:** Destacan el amoníaco, el ácido fluorhídrico, el cloro, el fosgeno, etc., que dan lugar a graves lesiones pulmonares (Tabla 2).

Existe otro efecto de los gases que se suele pasar por alto. Se trata del producido por aquellos gases, especialmente el ácido clorhídrico, que pueden anular la acción de mecanismos de activación de alarmas al producir cortocircuitos en la transmisión entre los semiconductores presentes en los sensores.

Hay que indicar que el color del humo que se genera durante un incendio es orientativo sobre la composición del mismo. Por ejemplo, un color negro opaco es debido a la combustión de hidrocarburos, alquitranes, gomas, etc. La madera, el papel, materiales textiles, cartón, etc., al arder, desprenden un humo poco denso y de color gris. Y si estos elementos están mojados, la combustión empeora y da lugar a un humo negro (Tabla 3).

Se tendrá en cuenta además que las temperaturas medias que se desarrollan como consecuencia de un incendio son del orden de 50°C en menos de 2 minutos y de 200°C en menos de 4 minutos después del comienzo del mismo. Este aumento de calor puede provocar importantes daños al organismo, llegando a resultar en algunos casos mortal. Simplemente por proximidad a un incendio, sin contacto con una llama o superficie algu-



■ Tabla 1 ■

SÍNTOMAS DE LA FALTA DE OXÍGENO	
Concentración de oxígeno (%) a presión atmosférica normal	Efectos
17	Aceleración del ritmo cardíaco. Aumento de la cantidad de aire inspirado. Disminución de la visión nocturna
16	Vértigo
15	Problemas de atención, de juicio y de coordinación. Pérdida de control del movimiento Fatiga Episodios de apnea
12	Fuertes perturbaciones del juicio y de la coordinación muscular. Pérdida de conciencia. Lesiones cerebrales irreversibles.
10	Incapacidad para moverse. Náuseas / Vómitos
6	Respiración espasmódica Movimientos convulsos Muerte de 5 a 8 minutos.

na, las quemaduras pueden aparecer en un tiempo entre 3 y 10 minutos.

Pero el humo no sólo puede perjudicar a las personas, sino también a las propiedades (incluyendo la estructura del edificio y sus contenidos) y dificultar las operaciones de evacuación y extinción. Una reducción de la visibilidad debida al humo puede producir en el personal que se está evacuando una desorientación o reducir la

velocidad de paso y, por lo tanto, da lugar a un aumento del tiempo requerido para la evacuación. Hay que añadir el efecto psicológico que puede dar lugar a situaciones de pánico generalizado del público durante una evacuación. Además, una reducción en la visibilidad puede aumentar la probabilidad de los ocupantes del edificio de caer a distinto nivel. Los componentes de un edificio pueden verse afectados por la exposición a gases corrosivos, ma-

■ Tabla 2 ■

COMPUESTO	CONCENTRACIÓN QUE PRODUCE UN EFECTO MORTAL (1 ppm=0.0001%)
COCl <sub>2</sub>	50 ppm
NO <sub>2</sub>	200 – 700 ppm
HCN	350 ppm
Cl <sub>2</sub>	1000 ppm
H <sub>2</sub> S	1000 ppm
HCl	1300-2000 ppm
CO	2000 ppm
NH <sub>3</sub>	5000 – 10 000 ppm

■ Tabla 3 ■

COLOR DEL HUMO	TIPO DE COMBUSTIBLE
Blanco	Fósforos, vegetales, etc.
Blanco grisáceo	Bencina
Amarillo	Ácido clorhídrico, nítrico, azufre, etc.
Amarillo-verdoso	Cloro
Violeta	Yodo
Marrón	Aceite vegetal
Gris	Celulosas
Gris oscuro	Polímeros, algunos cauchos, etc.
Negro opaco	Hidrocarburos, fibras acrílicas, etc.

teria particulada y la elevada temperatura del humo (por ejemplo, la fachada de vidrio de un atrio que no sea resistente al fuego). De hecho, los componentes electrónicos pueden resultar dañados por la temperatura y concentración de los gases mucho antes de que se produzca daño en las personas.



Hay que señalar que las condiciones de acceso de los equipos de extinción se ven facilitadas porque se reduce la

posibilidad de que se produzca un *flash-over* o *backdraft* como consecuencia de la temperatura y condición inflamable del humo. En el caso del *flash-over* lo que ocurre es que se genera una combustión generalizada de los materiales de un recinto escasamente ventilado debido a la súbita combustión de los gases acumulados bajo el techo. En el caso del *backdraft* se producirá una explosión como consecuencia de la entrada de aire fresco en el compartimento donde se ha producido una acumulación de humo en condiciones deficientes de oxígeno (sin ventilación). El proceso que puede llegar a desarrollarse se puede esquematizar de la siguiente manera:

Cuando en una habitación se inicia el fuego, se generan gases que no llegan a quemarse, acumulándose en el techo. Al aumentar la temperatura, se alcanza el límite inferior de inflamabilidad y los gases arden de forma instantánea. Durante este

*flash-over*, que no dura más que unos segundos, se consume todo el oxígeno de la habitación y la mezcla de gases pasa a estar por encima del límite superior de inflamabilidad. Si por cualquier razón se recibe un aporte de oxígeno (por ejemplo, apertura de una puerta), la mezcla vuelve a estar dentro de su rango de inflamabilidad dando lugar a lo que se conoce como *backdraft*.

## SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA Y EVACUACIÓN DE HUMOS

Con el objetivo de controlar todos estos efectos originados durante un incendio, se utilizan instalaciones para la evacuación del humo y el calor. Estas instalaciones, que en algunos casos también pueden ser utilizadas como sistemas de ventilación diaria, tienen su origen en los primeros cálculos que se comenzaron a realizar en Inglaterra en 1966.

En esencia, un SCTEH es (según norma UNE 23585:2004) una instalación que dispone de un conjunto de aberturas o equipos mecánicos de extracción (ventiladores) para la evacuación de los humos y gases calientes de la combustión de un incendio y, en su caso, de aberturas de admisión de aire limpio, dimensionadas de tal manera que en los casos de incendios previsibles más desfavorables se genere una capa libre de humos por encima del nivel del piso del incendio, a la par que se mantiene la temperatura media de los humos dentro de unos niveles aceptables. De este modo se mejoran las condiciones de seguridad en la evacuación y/o rescate de personas y animales y la protección de las propiedades y enseres del edificio, así como de los elementos estructurales del mismo, permitiendo que el incendio sea combatido mientras todavía se encuentra en un estado semejante al de sus etapas iniciales.

## REGLAMENTACIÓN ESPAÑOLA EN VIGOR

Esta norma UNE 23585:2004, relativa a sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH), es de obligado cumplimiento a través del Real Decreto 2267/2004, Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI). Esta norma aparece también recogida por el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Tanto el RSCIEI (tablas 4 y 5) como el CTE (tabla 6) establecen en ciertos casos la obligatoriedad de instalar un sistema de control de humos. En esencia se trata de establecimientos de pública concurrencia, aparcamientos cerrados, inmuebles de gran altura y establecimientos comerciales e industriales de gran superficie, en los que, por su tipología, resulta fundamental un buen control del humo generado en un posible incendio.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio en el que se basan los SCTEH es que el humo, según su composición y temperatura, sube hasta chocar con el techo (o forjado), se desplaza de manera plana, hasta que se enfría (con un desplazamiento horizontal superior a 60 metros) y vuelve a caer. Es esta caída la que principalmente se quiere evitar. Para ello se recurre a la compartimentación en sectores de humo que permiten mantener el humo a una temperatura suficiente para ser evacuado al exterior por convección. De otra forma, al extenderse el humo, este disminuye de temperatura y pierde fuerza ascensional, descendiendo e invadiendo las zonas que se quieren proteger.

## ELEMENTOS DE UN SCTEH

Estos sistemas se proyectan según los siguientes elementos:

■ **Tabla 4** ■

CONFIGURACIÓN	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
A	No aplica	Aplica a partir de los 2.000 m <sup>2</sup> de superficie construida	Incompatible
B			Aplica a partir de los 1.000 m <sup>2</sup> de superficie construida.
C			

Actividades de producción, montaje, transformación y reparación.

■ **Tabla 5** ■

CONFIGURACIÓN	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
A	No aplica	Aplica a partir de los 1.000 m <sup>2</sup> de superficie construida	Incompatible
B			Aplica a partir de los 800 m <sup>2</sup> de superficie construida.
C			

Actividades de almacenamiento.

■ **Tabla 6** ■

LOCAL	CARACTERÍSTICAS
Aparcamiento	No tener la consideración de aparcamiento abierto.
Establecimiento de uso comercial o pública concurrencia	Su ocupación excede de 1000 personas.
Atrios <sup>1</sup>	Su ocupación en el conjunto de las zonas y plantas que constituyen un mismo sector de incendio excede de 500 personas. Está previsto para ser utilizado para la evacuación de 500 personas.

<sup>1</sup>Atrio: Espacio cerrado, no necesariamente alineado verticalmente, que pasa a través de dos o más plantas en un edificio u obra de ingeniería. Los recintos de ascensores, tiros de escaleras mecánicas, conductos de servicios e instalaciones de edificios y escaleras protegidas no están clasificadas como atrios.

- Barreras que impiden la propagación horizontal (sectorización).
- Salidas automáticas en el techo (para evacuar el humo).
- Entradas de aire que garanticen la combustión completa por exceso de oxígeno.

Se pueden distinguir los siguientes elementos:

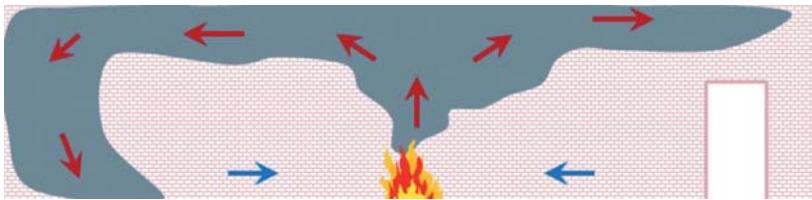
- **Sistemas estáticos con aireado-res.** Son equipos instalados en la parte superior de los edificios (techos o fachadas) que permitirán la evacuación del humo por vía natural. En caso de

producirse un incendio, se abrirán automáticamente. Esto puede producirse a través de un fusible que se abra por acción de un sensor a la temperatura, por calor o por humo, o bien a través de la deformación y posterior caída del recubrimiento especial de termoplástico diseñado para ello.

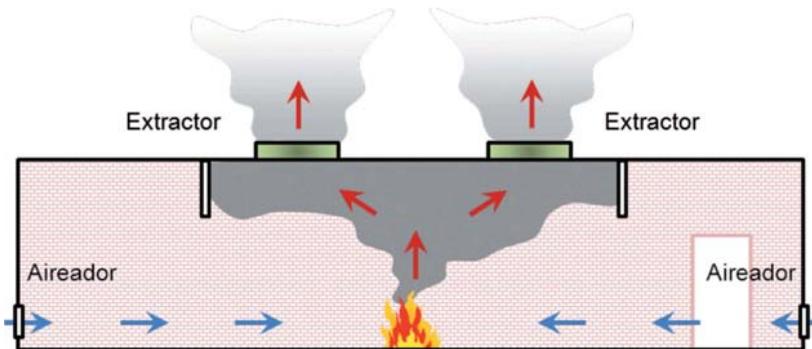
- **Sistemas dinámicos con accionamiento mecánico con extractores.** En este caso la ventilación es forzada. Los tipos de ventiladores dependen del lugar donde se ubiquen para que el trabajo que realicen sea en sobrepresión o en aspiración. En el primer caso no se exige ninguna condición especial a los ventiladores, mientras que a los



■ Figura 1A ■



■ Figura 1B ■



que trabajan en aspiración deben ser capaces de soportar 400° durante 90 minutos.

- **Cortinas de humo.** Son elementos de compartimentación o sectorización que pueden ser elementos estructurales o arquitectónicos, pueden ser barreras fijas o automáticas o una combinación de varios tipos. Existen, por ejemplo, barreras textiles que se despliegan automáticamente en caso de alarma mientras que los paneles, perfiles y placas están fijos. Las cortinas pueden ser de tres tipos: aque-

llas que forman un sector de incendio que limita la propagación del mismo, aquellas que canalizan el humo en una dirección determinada y, por último, aquellas que evitan la entrada de humo en un recinto determinado (Figura 1 A y B).

Estos sistemas, sin embargo no siempre son adecuados. En concreto, no está recomendado su uso en caso de:

- Almacenamientos con una altura superior a 4 metros y en los que no se hayan instalado rociadores de agua

automáticos, ya que un incendio en condiciones superiores provocaría la destrucción total del edificio o del sector considerado si se permite que el incendio alcance un nivel de desarrollo importante.

- Equipos e instalaciones protegidos con extinción automática por agentes extintores gaseosos.

## EFICACIA DE UN SCTEH

La velocidad horizontal de un frente de humo varía de 0,2 a 1 m/s. Con el fin de que la eliminación del humo de un local sea eficaz, se deberán tener en cuenta dos puntos:

- La evacuación debe comenzar lo antes posible y realizarse lo más cerca del punto de inicio del incendio. En locales totalmente inundados por el humo un sistema que se pone en funcionamiento tarde resulta muy poco eficaz.
- La disposición de los aireadores y sus características de funcionamiento debe ser tal que se eviten turbulencias en los gases. Será necesario por ello un cálculo adecuado siguiendo normas y teniendo en cuenta la geometría del local, las características de los materiales, la ocupación y las condiciones climatológicas externas. Estos cálculos son complejos al combinar química, física, mecánica de fluidos y termodinámica del fuego, y con frecuencia serán abordados con ayuda de herramientas informáticas.

## INSTALACIÓN, PRUEBAS PERIÓDICAS Y MANTENIMIENTO DE LOS SCTEH

Una vez puesto en marcha, el instalador debe suministrar al usuario del SC-

TEH las instrucciones de su utilización, las pruebas periódicas y las operaciones de mantenimiento que sean pertinentes. Todos estos requisitos, junto con los de instalación, se encuentran recogidos en la norma UNE 23584:2008, que viene a ser como un "protocolo" de instalación.

Como ocurre con todos los sistemas de lucha contra incendios, su mal funcionamiento se puede poner de manifiesto cuando más falta hacen. Por ello el mantenimiento es fundamental. Con el fin de que se mantengan fiables se recomiendan inspecciones visuales y ensayos periódicos como mínimo una vez al año. En concreto se deben realizar operaciones de comprobación, limpieza, ajuste, reparación y sustitución de partes defectuosas por personal cualificado. El usuario

debe disponer del libro de registro de la instalación en el que se reflejarán todas las operaciones de mantenimiento, inspección y modificaciones llevadas a cabo.

## CONCLUSIÓN

Cuando se abordan las precauciones a tomar frente a los incendios existe la tendencia a centrarse en las llamas como principal amenaza para la vida y las estructuras. Sin embargo, las principales víctimas de un incendio son las debidas a los humos generados en el mismo, debido a su temperatura, opacidad, toxicidad y riesgo de asfixia. Además, el humo va a dificultar la evacuación, la posterior intervención de los equipos de rescate y a favorecer la propagación del incendio. Los SCTEH servirán para combatir todo

esto pero recordando que formarán parte del conjunto de medidas de prevención y protección contra incendios puestas en marcha, como son:

- Las evaluaciones de riesgo de incendio.
- Los sistemas de protección activa y pasiva contra incendios.
- El mantenimiento de los sistemas de protección.
- Las actuaciones en caso de emergencia y la formación del personal al respecto.

**Agradecimiento a CEPREVEN por las fotos.** ●

## Bibliografía

- [1] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. *Código Técnico de la Edificación* – CTE DB SI. BOE núm. 74, 28-3-2006.
- [2] Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre. *Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales*. BOE núm. 303, 17-12-2004.
- [3] AENOR. UNE-EN ISO 13943:2001 *Seguridad contra incendio. Vocabulario*.
- [4] AENOR. UNE 23585:2004. *Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos en caso de incendio*.
- [5] AENOR. UNE – EN 12101-1:2007 /A1: 2007. *Sistemas para el control de humos y calor. Parte 1: Especificaciones para barreras para el control de humos*.
- [6] AENOR. UNE – EN 12101-2:2004. *Sistemas para el control de humos y calor. Parte 2: Especificaciones para aireadores de extracción natural de humos y calor*.
- [7] AENOR. UNE – EN 12101-3:2002. *Sistemas para el control de humos y calor. Parte 3: Especificaciones para aireadores extractores de humos y calor mecánicos*.
- [8] AENOR. UNE – EN 12101-6:2006. *Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 6: Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión. Equipos*.
- [9] AENOR. UNE – EN 12101-10:2007. *Sistema para el control de humo y de calor. Parte 10: Equipos de alimentación de energía*.
- [10] A. Dueñas-Laita, G. Burillo Putze, J.R. Alonso, A. Bajo, B. Climent, E. Corral, F. Felices, A. Ferrer, M.P. Hernández Frutos, S. Nogué y J. Puiguirguer, A. "Bases del manejo clínico de la intoxicación por humo de incendios. Docohumo". Madrid: Elsevier España, 2010, 11 p. Existe edición electrónica disponible en: [http://apps.elsevier.es/watermark/ct\\_servlet?\\_f=10&pidet\\_articulo=13187802&pidet\\_usuario=0&pcontactid=&pidet\\_revisita=64&ty=111&accion=L&origen=elsevier&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=64v34n09a13187802pdf001.pdf](http://apps.elsevier.es/watermark/ct_servlet?_f=10&pidet_articulo=13187802&pidet_usuario=0&pcontactid=&pidet_revisita=64&ty=111&accion=L&origen=elsevier&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=64v34n09a13187802pdf001.pdf)
- [11] Fundación MAPFRE. Instituto de Prevención, Salud y Medio Ambiente. "Estudio de víctimas de incendios en España 2010". Madrid: Fundación Mapfre, 2011, 59 p., ISBN: 978-84-9844-336-3 Existe edición electrónica disponible en [http://www.semanadela-prevencion.com/pdf/EstudioVictimasDelencendios2010\\_web.pdf](http://www.semanadela-prevencion.com/pdf/EstudioVictimasDelencendios2010_web.pdf)
- [12] Neira Rodríguez, J. A. "Instalaciones de protección contra incendios". Madrid: FC Editorial, 2008. 384 p., ISBN 978-84-96743-51-9.
- [13] National Fire Protection Association. NFPA. "Fire protection handbook". Massachusetts (USA): NFPA, 2008, Vol. II, 212 p., ISBN 978-0-87765-758-3.
- [14] Pons i Grau, V. "Dinámica del fuego". Valencia: Edicions del Bullent, 2003, 381 p., ISBN 84-89663-98-X.
- [15] Quintela Cortés, J.M. "Instalaciones contra incendios". Barcelona: Ed. UOC, 2010, 291 p., ISBN 978-84-267-1498-5.
- [16] Institut National de Recherche et de Sécurité. INRS. "Désenfumage. Sécurité incendie sur les lieux du travail". París: INRS, 2009, 23 p., ISBN 978-2-7389-1820-8. Existe edición electrónica disponible en: <http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%206061>
- [17] INSHT. NTP 928. Sistemas de control de temperaturas y evacuación de humos de incendio. [2012]