

## La forma más familiar de rápida progresión de incendio: Flashover

En un artículo anterior hablamos del comportamiento del fuego ventilado así como del infraventilado. Nosotros nos dimos cuenta de que con el acceso a suficiente combustible y oxígeno, un compartimento incendiado evolucionará a un estado en el que toda la sala estará envuelta en llamas. Esta transición se llama Flashover. El Flashover ha sido el responsable de la pérdida de la vida de docenas de bomberos en la historia reciente. Estos incidentes de LODD (Line Of Duty Deaths - muerto en el ejercicio del deber) a menudo muestran un giro similar de eventos. Los bomberos llegan a la escena con el fuego todavía en la etapa de desarrollo. Entran en el edificio con el fin de llevar a cabo la búsqueda y rescate, o para iniciar un ataque del incendio. Durante la búsqueda de víctimas y/o el ataque del foco del incendio, se presta poca atención al creciente riesgo presentado por la evolución del fuego. Cuando el Flashover se produce en estas situaciones, los bomberos son a menudo cogidos por sorpresa, sufriendo como resultado lesiones graves o que mueran en la escena del incendio.

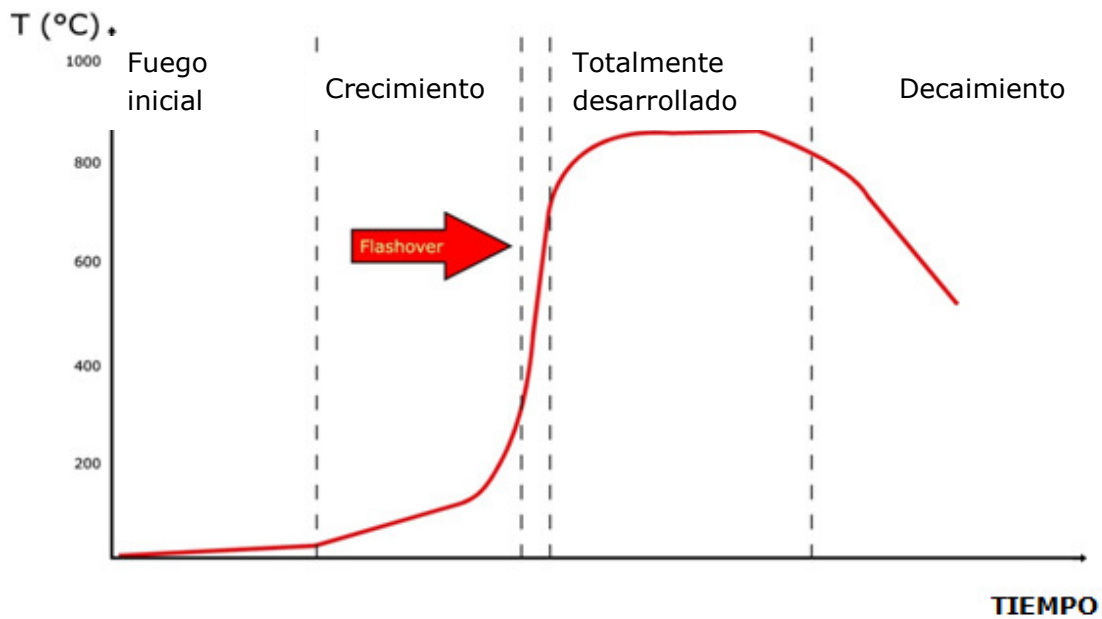
*El Flashover es la repentina y continua transición de un incendio desde su etapa de desarrollo (o crecimiento) a un incendio totalmente desarrollado.*

### 1 Diferentes tipos de flashover

#### 1.1 Flashover "Común"

El Flashover es una parte normal del desarrollo de un incendio ventilado (ver Fig. 1.1). Marca la transición del fuego desde la etapa de crecimiento hacia el fuego totalmente desarrollado. Durante la etapa de desarrollo, se forma una capa caliente de humo contra el techo. Esta capa pasa calor a todos los objetos que están en contacto con el humo: armarios, revestimientos de paredes combustibles,... Esto se llama transferencia de calor por **convección**. Aparte de esto, el humo también irradia calor hacia abajo sobre los objetos de debajo de la capa, como sillas, mesas,... Esto se llama transferencia de calor por radiación. Ambos procesos de transferencia de calor hacen que todos los objetos dentro de la habitación se calienten. En un cierto punto en el tiempo, la temperatura alcanzará el umbral de pirólisis, lo que significa que la temperatura del objeto es tan alta que comenzará a pirolizar. El Flashover es precedido por un roll-over. El Roll-Over consiste en un frente de llama que se mueve a lo largo de la capa de humo. Esto causará un aumento sustancial en la temperatura del humo, que a su vez aumenta la radiación hacia los objetos situados debajo de la capa de humo. Si la pirólisis de los objetos no había empezado ya, pronto lo hará. Seguirá rápidamente, con la ignición de nuevos productos de pirolisis que harán que toda la sala este envuelta en llamas.

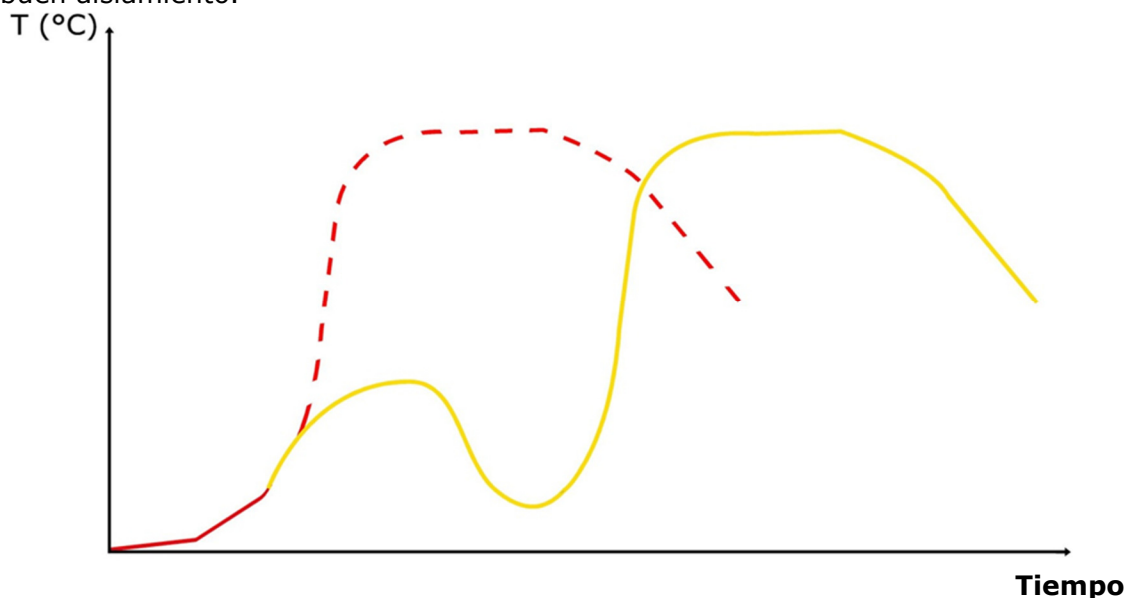
Durante el Flashover, la temperatura dentro de la habitación se elevará extremadamente. En tan sólo cuestión de segundos, subirá a 600 ° C. El flujo de calor irradiado aumentará también. La supervivencia se hace imposible. Los bomberos que se encuentran en una sala en la que el flashover ocurre, sólo tiene unos segundos para salir con vida. Incluso a menudo han sufrido quemaduras graves. Por lo tanto, es imperativo salir de la habitación antes de que ocurra el Flashover.



**Fig. 1.1** Desarrollo de un incendio ventilado (Graph: Karel Lambert)

## 1.2 Flashover inducido por ventilación

Un flashover inducido por ventilación sólo ocurre después de que un incendio se ha convertido en infraventilado y de que suficiente calor se haya acumulado en el momento del Punto de FC/VC. Esto significa que la falta de oxígeno inhibió el crecimiento del fuego en las primeras etapas de desarrollo del incendio. Si no ocurren cambios en el perfil de la ventilación del incendio, el fuego se detendrá por sí mismo. La línea amarilla en la figura 1.2 representa el fenómeno. Al principio, la línea amarilla se eleva menos rápido y posteriormente comienza a declinar. Numerosos parámetros determinarán la cantidad de calor acumulado en la habitación durante la fase de estar infraventilado. Con el suficiente calor, una gran cantidad de objetos de la habitación continuarán pirolizando. Una vez más nos tenemos que enfrentar con un suministro de combustible gaseoso. Obviamente, esto será un problema que se repetirá con frecuencia en casas modernas y con buen aislamiento.



**Fig. 1.2** Flashover inducido por la ventilación (Graph: Karel Lambert)

Aquí radica un gran peligro para los equipos de extinción de incendios. Porque el simple hecho de abrir la puerta, una abertura para la ventilación se ha creado. Al entrar a una sala se está ventilando! Los bomberos, por lo tanto, siempre ejercen un cambio en el perfil de la ventilación. Esta ventilación extra, de hecho, avivará el incendio. La Figura 1.2 nos muestra una inclinación de la línea amarilla hacia arriba. La temperatura en el interior de la habitación se elevará. El humo en el interior de la habitación se inflamará y en cuestión de segundos el fuego habrá llegado a un estado totalmente desarrollado. Los efectos de este fenómeno son similares a los Flashovers comunes.

La cantidad de ventilación añadida, determinará la rapidez con la que se producirá el flashover inducido por la ventilación. Cuando una puerta se ha abierto, el aire rápidamente entrará en la habitación. Supongamos que un ventilador de PPV se pone delante de la puerta. En este caso el Flashover inducido por la ventilación ocurrirá mucho antes.

Otros términos utilizados para describir este fenómeno son "delayed flashover" (flashover retrasado) y "thermal runaway" (fuga térmica). A nivel internacional, se prefiere el término "ventilation induced flashover" (flashover inducido por ventilación).

### 1.3 Comparación de ambos tipos de Flashover

A continuación vamos a comparar los dos tipos de Flashover y examinar sus similitudes y diferencias. La principal diferencia es la fuente del fenómeno. El Flashover común sucede en el desarrollo del incendio ventilado mientras que el flashover inducido por ventilación ocurre en el desarrollo del incendio infraventilado. La Figura 1.3 representa el porcentaje de combustible (en estado gaseoso) frente a la temperatura.

El lado izquierdo de la gráfica nos muestra el comienzo de un incendio. Aquí, el fuego es controlado por el combustible y está limitado a una cierta área de superficie. Los materiales que participan en el proceso de combustión determinarán si el fuego se desarrolla hasta el flashover. Parámetros como Heat Release Rate -HRR (Tasa de Liberación del Calor), la tasa a la cual la energía es liberada por un objeto determinado, la propagación de las llamas, la velocidad a la que las llamas se expanden a través de superficies combustibles, determinará la evolución del incendio. Con una suficiente HRR y propagación de llamas, el fuego va a crecer y la temperatura en la habitación se elevará. Suficiente combustible tendrá que estar disponible para que esto suceda. El calor se acumulará dentro de la habitación y cuando se haya liberado suficiente energía, ocurrirá el flashover. Algunas fuentes de información utilizan los términos "flashover inducido por el calor" o "Flashover inducido por la radiación".

El lado derecho de la gráfica representa el fuego infraventilado. En tal caso, el fuego ha estado ardiendo ya desde hace algún tiempo. Suficiente combustible está disponible, pero falta el aire necesario. El fuego se extinguirá por sí mismo, a menos que se aumente la ventilación. Si eso sucede, el desarrollo del fuego volverá a acelerarse. La temperatura subirá de nuevo en el interior la habitación. Al igual que con el Flashover común, se producirá acumulación de calor. Al igual que antes, se habrá tenido que acumular suficiente calor para que ocurra el Flashover. Este tipo de Flashover por lo tanto, es igual al inducido por calor propio de un Flashover común. El inicio de la acumulación de calor es causado por el cambio en el perfil de la ventilación. Así, el fenómeno se define como "Flashover inducido por la ventilación".

En resumen, un Flashover común se origina en un incendio controlado por el combustible, mientras que un Flashover inducido por la ventilación se origina en un estado infraventilado.

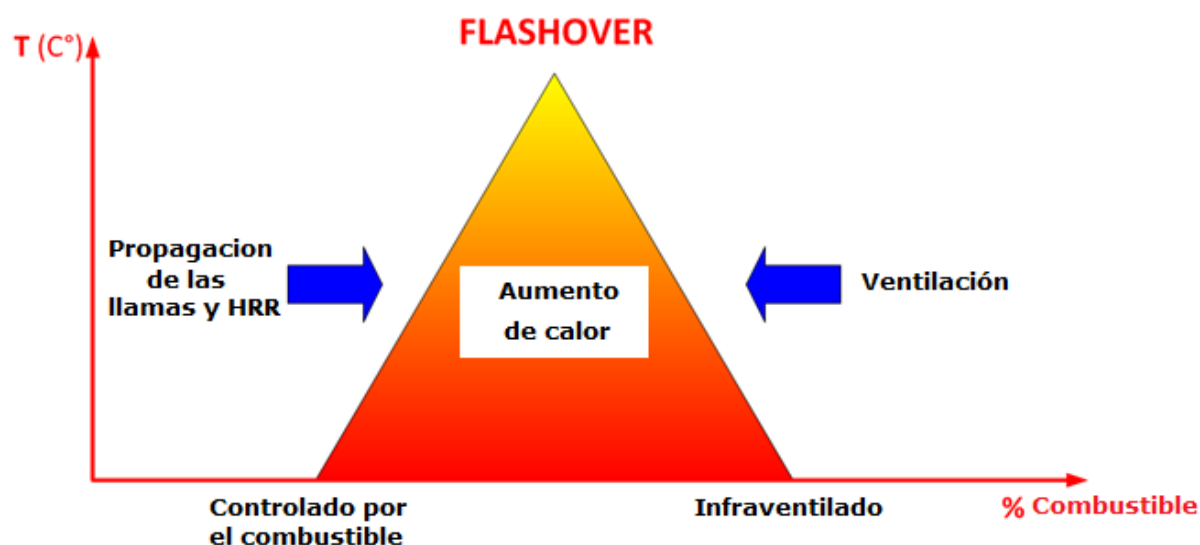


Fig 1.3 Ambos tipos de flashover (Graph: Karel Lambert)

## 2 Estrategia para intervenciones seguras

A menudo en el pasado, los bomberos fueron cogidos por sorpresa por el incremento repentino de la intensidad del incendio. En el momento en que el Flashover ocurre, los bomberos rara vez tienen posibilidad de sobrevivir. En varios países, una investigación a fondo se hace después de un accidente grave con bomberos involucrados, para aprender de ello y también para llevar a cabo intervenciones más seguras en el futuro. Esto muestra que un bombero no tiene ninguna oportunidad en el momento en el que un Flashover se produce en una habitación si él/ella se encuentra a más de 1,5 m de la salida de la habitación. Esto significa que en circunstancias post-Flashover, uno tiene sólo el tiempo suficiente para cubrir la distancia de 1,5 m antes de morir. Naturalmente hablando, esta distancia se cubre justo después de que la sala se ha transformado en un infierno. La temperatura está cercana o es superior a 600 ° C y no hay prácticamente ninguna visibilidad. Esto nos lleva a la conclusión de que sólo hay un número limitado de acciones de seguridad a la mano.

### 2.1 No estar allí

La estrategia más importante es: "No estará allí". Los bomberos que han salido con éxito de un edificio en caso de un flashover inminente, no mueren a causa del Flashover. Esta estrategia hace hincapié en la importancia de la evaluación adecuada del incendio. Debido a la dinámica del incendio, varios signos de advertencia son visibles, por lo que se puede deducir si un flashover es inminente o no. Cada (jefe) oficial debe ser capaz de reconocer los signos y ordenar una evacuación inmediata del edificio cuando sea necesario. Está claro que la forma de la educación actual tiene una ausencia grave en esta área.

### 2.1.1 Las señales de advertencia del flashover

Para los bomberos es crucial leer correctamente un incendio y evaluar si un flashover es posible. El modelo B-SAHF, diseñado por Shan Raffel y desarrollado por Ed Hartin, puede ser una herramienta útil para este trabajo. Hay un número de señales que indican si un Flashover está cerca de que suceda y la evacuación de los bomberos debe iniciarse:

- Una capa de humo que está cayendo rápidamente o que ya está muy cerca del suelo.
- Una capa de humo que contiene humo oscuro, negro o evolucionando desde blanco grisáceo a negro oscuro.
- Una capa de humo que es muy turbulenta, o que se está convirtiendo en muy turbulenta.
- El calor de la capa de humo se convierte en intenso e insoportable.
- La violenta pirólisis de objetos que hasta entonces no eran aparentemente afectados por el fuego. De pronto aparecerán productos de pirólisis de estos objetos.

## 2.2 Prevención del Flashover

La causa del Flashover es bien conocida. Tanto del "Común" como del "Flashover inducido por Ventilación", acumulan calor en la capa de humo. En el caso del Flashover común esto se hace añadiendo combustible al fuego. En el caso del Flashover inducido por Ventilación esto se hace aumentando el suministro de oxígeno al fuego.

### 2.2.1 El enfriamiento de los gases del humo (*gascooling* = enfriar gases)

La táctica que está destinada a ser la más exitosa para los incendios en la etapa de crecimiento (o de desarrollo), es el enfriamiento de gases. Esto se hace mediante el uso de la técnica de extinción de incendios 3D. Los objetivos de esta técnica son enfriar e inertizar la capa de humo. Para alcanzar estos objetivos, el spray del cono de la lanza tiene que ser ajustado aproximadamente a 60 °. Una pulsación, lo más corta posible, luego es dirigida hacia la capa de humo. Al hacer esto, un gran número de gotitas de agua entrará a la capa de humo. La evaporación de estas gotas de agua va a extraer energía del humo, lo que hace que su temperatura caiga. Cuando numerosas pulsaciones se dirigen a la capa de humo, uno posiblemente puede mantener la temperatura del humo lo suficientemente baja como para hacer que el Flashover sea imposible. Una ventaja adicional de esta técnica es la mezcla de vapor de agua en la capa de humo. El vapor es un gas no inflamable. Un eventual Roll-over se ve obstaculizado por el vapor de agua presente en el humo. Hacer que una capa de humo no sea inflamable se llama inertización.

### 2.2.2 Anti-ventilación

En el caso del Flashover inducido por la ventilación, el uso de la anti-ventilación puede ofrecer una solución. La Anti-ventilación significa que uno va a tratar de contener y cerrar la habitación en la que está el fuego. Un incendio infraventilado finalmente muere por falta de oxígeno. En realidad, no siempre es posible aplicar una táctica de anti-ventilación. Una de las ventanas de la habitación puede romperse debido a la diferencia de temperatura. En los EE.UU. y en Canadá, experimentos se han llevado a cabo para determinar las posibilidades de la eliminación de la ventilación y, en particular, el efecto del viento. A altas velocidades del viento el uso de Wind Control Devices (dispositivos

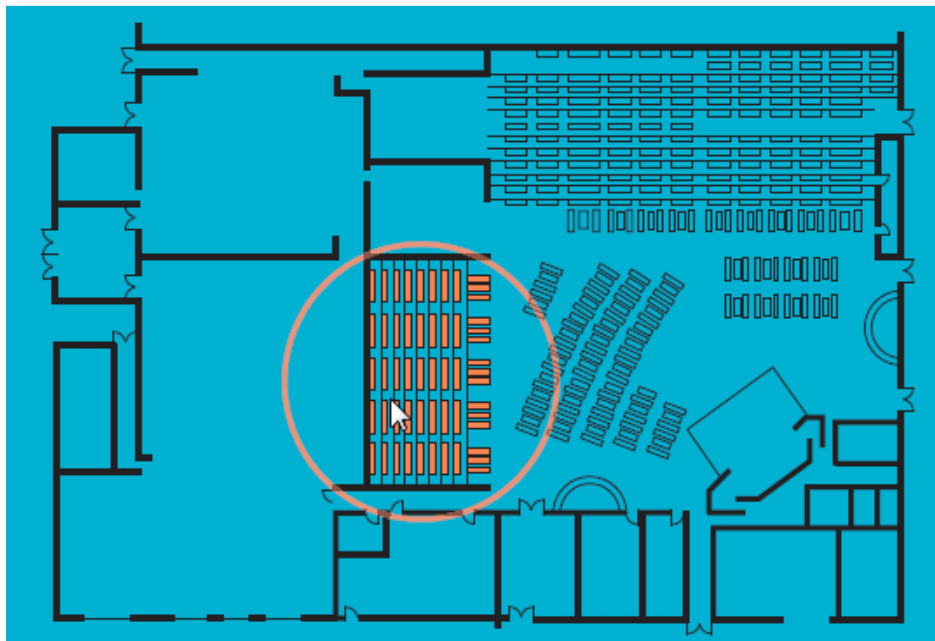
de control de viento) puede ser una opción. De manera sencilla, esto es una manta que retardará el desarrollo del fuego que se coloca delante de la ventana.

### 3 Caso: El incendio de la discoteca Stardust

El 14 de enero 1981 se inició un incendio en la discoteca Stardust en Dublín. En el momento del incendio había 841 personas presentes en la discoteca. El fuego se inició en una sección cerrada dentro de la gran sala y se desarrollo un Flashover extremadamente rápido. Debido a la propagación del incendio hacia el resto de la discoteca cuarenta y ocho personas murieron esa noche y otras 214 resultaron heridas. El Flashover fue un importante contribuyente al gran número de víctimas. Aparte de esto, muy poco se ha hecho en materia de prevención de incendios. Los revestimientos de paredes y bancos eran muy inflamables, casi no había extintores y varias salidas de emergencia habían sido bloqueadas.

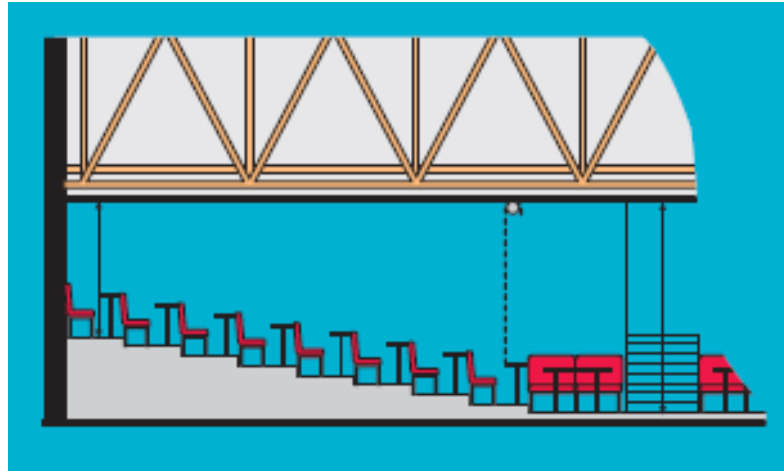
#### 3.1 El edificio

La discoteca se encuentra en un complejo compuesto de varios edificios. Dentro de la discoteca había una zona de baile central rodeada de varios nichos ("reservados"). Estos reservados estaban amueblados con bancos tapizados. La disposición se muestra en la figura 3.1. El reservado en el que se originó el fuego está resaltado. El reservado media aproximadamente 17m de ancho y 10m de profundidad. Los bancos fueron montados en una pendiente y se componían de 50 mm de espuma de poliuretano con una envoltura de PVC. La figura 3.2 muestra que algún tipo de cortina permitía cerrar el reservado de la zona central. Esta cortina hizo posible adaptar el tamaño de la discoteca al número de personas presentes. La cortina estaba formada por un material inflamable, en este caso, de poliéster con un revestimiento de PVC.



**Fig. 3.1** Disposición de la discoteca (Image: Bo Andersson)

Las paredes traseras y laterales estaban cubiertas con revestimientos inflamables de tejas de poliéster. El techo del reservado tenía aislamiento. La presencia del aislamiento en el techo forzaba (en parte) a que el calor se dirigiera hacia la zona central de la pista de baile.



**Fig. 3.2** Vista transversal del reservado. La línea vertical de puntos indica la posición de la cortina.  
(Image: Bo Andersson)

### 3.2 El Incendio

El fuego comenzó en la parte posterior del reservado. Ninguno de los presentes se alarmó por el pequeño fuego inicial. Los empleados de la discoteca decidieron tratar de extinguir el fuego ellos mismos. Sólo después de fallar en su intento, el departamento de bomberos fue llamado. Incluso los asistentes a la fiesta inicialmente eligieron quedarse y observar. La evacuación del edificio comenzó demasiado tarde.

En algún momento, un empleado abrió la cortina que separaba el reservado de la zona central. El flujo de humo se había limitado hasta ese momento. Después de la apertura de la cortina, el incendio creció rápidamente. Después de ocurrir el Flashover dentro del reservado, el humo caliente fluía hacia la zona central. El pánico se desató poco después.

### 3.3 El Flashover

Una investigación a fondo del incendio fue pedida por el alto número de muertos. El BRE (Building Research Establishment) realizó un trabajo meticuloso, haciendo una prueba a gran escala. El reservado en el que había comenzado el incendio fue reconstruido con bancos y mesas idénticas a los que habían sido colocados en la discoteca. El equipo necesario fue instalado y se provocó un incendio. El proceso de prueba fue filmado y una versión abreviada de la película está disponible en youtube. La película muestra el desarrollo del fuego en el interior del reservado bastante bien. La fase del Flashover es claramente visible. Al principio, tenía la esperanza de proporcionar en este artículo imágenes de la película, pero el permiso fue denegado por el BRE. A los lectores que les apetezca buscar material extra puede visitar [www.youtube.com](http://www.youtube.com) y escribir "stardust disco fire". Los resultados por lo general tienen un video de unos 50 segundos en la parte superior de la entrada. Vale la pena el esfuerzo de ver y revisar el fragmento de la

película varias veces para ganar conciencia de la intensa naturaleza del Flashover. La película también muestra que un Flashover es un fenómeno que dura varios segundos.

A los 5 segundos de la película, cuatro de cinco filas de bancos siguen siendo claramente visibles. La quinta fila de bancos se está quemando. Este fuego se limita a una superficie del área. Ya una capa de humo gris oscuro se ha formado. Cerca de los 9 segundos, en la película, se muestra que la tercera fila de bancos está empezando a pirolizar. Ocho segundos después, la segunda fila de bancos empiezan a pirolizar y otros dos segundos después la primera fila comienza a pirolizar. A los 24 segundos al cenicero en la mesa principal se le ha prendido fuego. El Flashover claramente ha ocurrido dentro del compartimiento. Durante los 19 segundos que han pasado, un frente de llama se ha estado moviendo desde la pared posterior hacia la abertura del reservado. El color del humo se ha transformado de color gris oscuro a negro azabache. Desde los 29 segundos y en adelante, se muestra cómo los gases del humo caliente están saliendo y se están inflamando al salir del reservado. Durante el fuego actual este flujo se dirigida al centro del área de la pista de baile. La increíble velocidad a la que se había producido el fenómeno y las enormes cantidades de humo caliente que entró en el área central, dieron lugar a un gran número de víctimas.

#### 4 Bibliografía

- [1] *Drysdale Dougal, An introduction to fire dynamics, 2<sup>nd</sup> edition, 1998*
- [2] *Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires, 2001*
- [3] *Grimwood Paul, Hartin Ed, Mcdonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005*
- [4] *Lambert Karel & Desmet Koen, Binnenbrandbestrijding, versie 2008 & versie 2009*
- [5] *Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)*
- [6] *Report of the independent examination of the stardust victims committee's case for a reopened inquiry into the stardust fire disaster*
- [7] *Raffel Shan, [www.cfbt-au.com](http://www.cfbt-au.com)*
- [8] *Mcdonough John, New South Wales Fire Brigade, personal communication , 2009*
- [9] *Lambert Karel, Brandgedrag, 2010*
- [10] *Gaviot-Blanc, Franc, [www.promesis.fr](http://www.promesis.fr)*
- [11] *International Fire Instructor Workshop (IFIW), group conversation, 2010*
- [12] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*

#### 5 Nota del autor

Personalmente creo que sería buena idea también discutir los casos belgas en el futuro. Tengola sensación de que la cantidad de casos de Rápido Progreso de Incendio es cada vez mayor en nuestro país. Si usted ha experimentado una intervención de incendio que mostró comportamiento extremo del fuego, siempre es bienvenido a enviarme un correo electrónico con un informe de los hechos (de preferencia con imágenes) a [karel.lambert@skynet.be](mailto:karel.lambert@skynet.be).

Karel Lambert