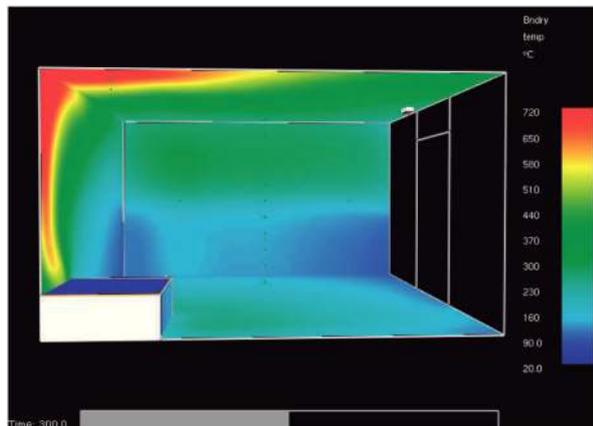


La Temperatura de un Incendio

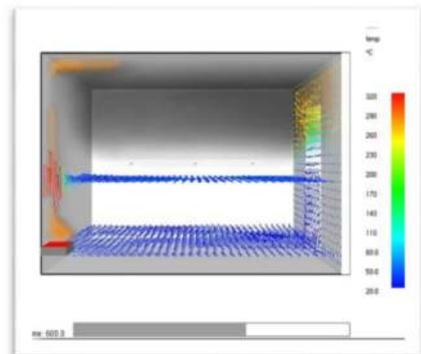
Una pregunta muy común que los periodistas hacen a los bomberos es: ¿Qué temperatura desarrolló el incendio?. Entiendo que debe ser muy presionador para un bombero, como autoridad competente, no responder a esta pregunta, por lo que muchos se animan a responder, no sé de dónde, que el fuego desarrolló 1000, 2000 ó hasta 3000 “Grados” de temperatura. Tampoco, mencionan la unidad de medida, con lo cual particularmente quedo más desconcertado.



Primero que nada hablemos un poco sobre las complejidades que esta pregunta conlleva, ¿A dónde se quiere saber la temperatura que se está consultando?, ¿En la flama?, ¿En el aire?, ¿En el techo?, ¿En los componentes estructurales?, ¿Dentro del concreto?, ¿A qué profundidad dentro del concreto?, ¿En el fierro de construcción?. Por otro lado, ¿geométricamente adonde está ubicado el elemento al que queremos medirle la temperatura?. Si hiciéramos una gráfica de temperaturas dentro de una estructura incendiada, podríamos ver que por más severo que éste sea, existe un amplio rango de valores de temperatura, desde cercanas a la temperatura ambiental, hasta muy altas. Entonces la segunda pregunta que nace para responder a la primera es ¿A dónde se desea saber la temperatura que desarrolló el fuego?. Quizás una de las más relevantes temperaturas que queramos saber es a qué temperatura llegó el fierro de construcción embebido en el concreto. Finalmente, nace una tercera pregunta para responder a la primera ¿Para qué desea un periodista saber las temperaturas que se desarrollaron? ¿Le sirve de algo, o es sólo para colocar titulares?.



Para que se entienda lo serio que es esta pregunta y lo irresponsable que es responder libremente que la temperatura llegó a 2000°C o 3000°C, debemos tomar en consideración que la temperatura crítica del acero usado para la construcción bordea los 550°C, a partir de allí el acero comienza a fallar. Según la norma NFPA 251 el acero estructural colapsa al alcanzar los 538°C. Esto quiere decir que si los componentes metálicos estructurales que se encuentran embebidos en el concreto y que sostienen la construcción, superaran los 500°C, el edificio se podría desplomar antes que se extinga el incendio.



¿Entonces por qué casi nunca se ha caído un edificio durante un incendio? Precisamente porque es difícil que el acero revestido en concreto alcance temperaturas tan altas. De hecho luego de un incendio severo el fierro de construcción puede quedar seriamente debilitado y en algunos casos hay que demoler el edificio, sin embargo muchas veces la construcción convencional puede salvarse, mediante actividades de reforzamiento. En cambio las construcciones de acero expuesto sí tiene altas posibilidades de presentar una falla estructural durante el mismo incendio.



Existe otro grupo de bomberos más entrenados, especialistas o investigadores de incendios, que estiman las temperaturas de las llamas buscando en los manuales las temperaturas de la flama adiabática, entre ellos alguna vez estuve yo tratando de buscar una relación entre la temperatura de la flama adiabática y la temperatura de los componentes en las proximidades de la flama, con el fin de que me sirva para relacionarla, por ejemplo, con la temperatura de fusión del acero o su pérdida de resistencia estructural. De esta forma, a partir de esta relación, tratar de querer llegar a conclusiones, que ahora, me resultan errores causados por la falta de entendimiento de la dinámica de los incendios.

Para explicar mejor lo que quiero decir, definamos la temperatura de la flama adiabática como aquella que sucede como resultado de un proceso de combustión completa donde no hay transferencia, ni pérdida de calor, de esta manera son valores teóricos, ficticios e ideales que jamás se pueden alcanzar, pues en todo proceso de combustión existe transferencia de calor y la combustión no siempre puede ser completa, mucho menos en un incendio, debido al monto de oxígeno disponible en el aire y por disociación que es un efecto por el cual flamas con muy altas temperaturas absorben energía en vez de liberarla, lo que provoca que la temperatura de la flama descienda.



Dicho esto, típicamente las temperaturas de la flama adiabática en la mayoría de materiales comunes que se queman en un incendio, como por ejemplo, los hidrocarburos en general, madera, plásticos y otros materiales similares, bordea los 2000°C, por lo que afirmar que la temperatura de un incendio puede superar el valor teórico e ideal de 2000°C, es una falacia que quiebra la 2da. Ley de la Termodinámica. Pero más complejo aún, está el hecho que medir las temperaturas de las llamas con un alto grado de

precisión es una labor bastante difícil, que a algunos científicos les ha tomado sus vidas enteras estudiando la tarea. Las dificultades son múltiples, entre ellas la falta de instrumentación adecuada que tecnológicamente aún no está disponible, la variabilidad de los resultados dependiendo de la región de la llama donde se tome la medida y el tipo de llama.

Antes de concluir con la complejidad que está detrás de esta aparente simple pregunta, es importante distinguir entre algunos de los principales tipos de llama. Las llamas se pueden dividir en:

Llamas Laminares, llamas cuyo flujo es suave y no rebotan significativamente, una forma sencilla de entender una llama laminar, es tomar dos fotos con unos segundos de diferencia y observar si ambas son iguales, si lo son, las llamas se consideran laminares.

Llamas Turbulentas, llamas cuyo flujo tiene mucho movimiento y rebota, dos fotos con unos segundos de diferencia, permiten observar que la forma de llama y su ubicación es muy diferente entre ellas.

Llamas Premezcladas, significa que el combustible y el oxidante se mezclan antes de arder.

Llamas Difusivas, significa que el combustible y el oxidante se mezclan en la misma Zona de combustión y la reacción toma su lugar instantáneamente en el frente de la flama. En este caso, el oxígeno y el combustible están inicialmente separados pero arden en la región en la que se mezclan, formando la llama.



De estas 4 definiciones, nacen 4 diferentes tipos de flamas:

Llamas Laminares Premezcladas, Un ejemplo de llama laminar premezclada es la de un quemador Bunsen, donde la combustión toma lugar luego que se hace la mezcla entre oxígeno y combustible, formándose una llama estable que se considera laminar.

Llamas Laminares Difusivas, Un ejemplo de llama laminar difusiva es la de una vela. El combustible proviene del vapor de la cera, mientras que el oxidante está en el aire, los cuales no se mezclan antes de introducirse a la zona de la llama. Una temperatura máxima de alrededor de 1400 °C se encuentra en la llama de una vela.

Llamas Turbulentas Premezcladas, La mayoría de las llamas turbulentas premezcladas provienen de sistemas de combustión de ingeniería, tales como calderas y hornos industriales.

Llamas Turbulentas Difusivas, La mayoría de los incendios caen en la categoría de llamas turbulentas difusivas debido a que no existe ningún dispositivo mecánico (llámese quemador), que produzca la mezcla del combustible con el oxígeno. Las llamas además son turbulentas porque producen mucho movimiento y rebote. Estas llamas se pueden a su vez dividir en: Llamas al aire libre y Llamas en incendios interiores, pasaremos a explicar ambas a continuación.



Temperaturas de las Llamas en Incendios al Aire Libre

Según varios estudios, las llamas en los incendios abiertos pueden oscilar entre 900°C y 1200°C por encima de la base del fuego y caen rápidamente a medida que se recorre el penacho, llegando a temperaturas entre 300°C y 400°C en la punta del mismo. Pasando el penacho la temperatura sigue bajando vertiginosamente.

Temperaturas de las Llamas en Incendios Interiores

Obviamente por la naturaleza de la geometría, el pico de temperatura de la llama es ligeramente mayor en un incendio interior, si bien la temperatura dependerá de la ventilación y las características del combustible comprometido, en términos generales el pico máximo de la llama no supera los 1300°C después de muchas horas de incendio y normalmente está en o por debajo de los 1000°C. También es común encontrar que la temperatura de la llama post Flashover, oscila entre 900°C y 1000°C.

Sin embargo en este caso podría ser más relevante preguntarse, cuál es la temperatura máxima promedio de la estructura sometida al fuego, ya que como hemos recalcado anteriormente, la temperatura de la llama no es la temperatura relevante para el análisis, sino la de los componentes estructurales que engloban el recinto donde se produce el fuego. Por otro lado, un segundo aspecto relevante de un fuego interior, en particular para los bomberos, es el Flashover o combustión súbita generalizada, que en términos generales se alcanza cuando la temperatura promedio del aire en el techo del cuarto, excede los 600°C.

La complejidad está ahora en calcular termodinámicamente, cómo y cuándo una temperatura de la llama de 900°C a 1300°C puede provocar una temperatura del gas en el techo de 600°C, para que se presenten las condiciones previas a un Flashover. Nuevamente el tipo y cantidad de combustible, la geometría del recinto, su tamaño, la ventilación, la ubicación del foco del fuego en relación con las paredes y el efecto radiador que pueda provocar la llama, son elementos que varían entre un caso y otro, haciendo muy complejo generalizar el promedio de la temperatura de un incendio pre y post Flashover. Lo que si debemos entender ahora, es que un objeto por estar simplemente cerca a la llama, como una pared, viga, columna, placa o techo de concreto, no tendrá también la misma temperatura que la llama y para que ambos lleguen a un equilibrio térmico tendrá que pasar mucho tiempo, lo cual dependerá de muchas condiciones que son imposibles de analizar en un incendio real, a menos que traslademos el incendio a un laboratorio. Pero como los incendios no son laboratorios, no tiene sentido alguno afirmar la temperatura de un incendio para tratar de responder a un periodista curioso que quiere colocar sus titulares. En todo caso para responder a esa pregunta tendríamos que hacer un análisis de transferencia de calor, el cual dependerá de muchos factores complejos, como la conductividad térmica de los materiales involucrados, el tamaño de los objetos, la densidad, entre otros factores, que hasta el día de hoy han generado cientos de miles de horas de investigación teórica y de campo a muchos investigadores sin que exista un método sencillo, contundente y concluyente para saciar la curiosidad de los periodistas.

Entonces la próxima vez que un periodista les pregunte ¿Qué temperatura desarrolló el incendio?, diga sin miedo a quedar como un ignorante: “No Sé”.