PLAN DE LECCIÓN

# 8

# COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

| | *Instrucciones* |
|---|---|
| **OBJETIVOS**<br><br>**Al finalizar la lección el estudiante será capaz de:**<br><br>1. Definir que es el fuego y cuáles son sus componentes.<br><br>2. Reconocer los procesos y métodos de transferencia de calor desde la carga inicial a otros objetos en el área.<br><br>3. Explicar las fases de desarrollo del fuego.<br><br>4. Reconocer cómo el comportamiento del fuego afecta las edificaciones. | AV. 8-1<br><br>Preséntese y presente a su asistente, Explique la importancia del desarrollo de esta lección para los Bomberos.<br><br>Promueva la interacción pidiendo a los participantes que lean los objetivos<br><br>Antes De iniciar solicite a los participantes que hablen sobre la historia del fuego. |

# 1. EL FUEGO Y SUS COMPONENTES

## 1.1. Historia y Teorías

El fuego ha sido una ayuda y también un obstáculo para la humanidad a lo largo de la historia. Pero el fuego, en su cara más hostil, también ha puesto en peligro nuestras vidas desde que empezamos a usarlo. El fuego es técnicamente una reacción química que requiere combustible, oxígeno y calor para producirse. Durante los últimos 30 años, los científicos y los ingenieros han aprendido mucho sobre el fuego y su comportamiento. London H, & Adams. (1998).

AV. 8-2
Pregunte a los estudiantes ¿Qué conocen sobre la historia del fuego?
Haga la introducción y genera interacción

Realice la lectura de la AV. 8-2

### 1.1.1 Teoría del flogisto:

1667 (Alemán Johan Becher)
Químico alemán, precursor de la teoría del flogisto.
En 1702, Georg Ernest Stahl (1660-1734), desarrolló la teoría del flogisto para poder explicar la combustión. El flogisto o principio inflamable, descendiente directo del "azufre" de los alquimistas y más remoto del antiguo elemento "fuego" era una sustancia imponderable, misteriosa, que formaba parte de los cuerpos combustibles. Cuanto más flogisto tuviese un cuerpo, mejor combustible era.

Los procesos de combustión suponían la pérdida de este en el aire. Lo que quedaba tras la combustión no tenía flogisto y, por tanto, no podía seguir ardiendo. El aire era indispensable para la combustión, pero con carácter de mero auxiliar mecánico. Esta teoría fue defendida por Georg Ernst Stahl en el año1779

AV. 8-3
Haga Un breve relato sobre la teoría.







Tomado de :https://images.app.goo.gl/rfD5WBjEv6NuGPFE6

### 1.1.2 Tratado Memoria sobre la Combustión

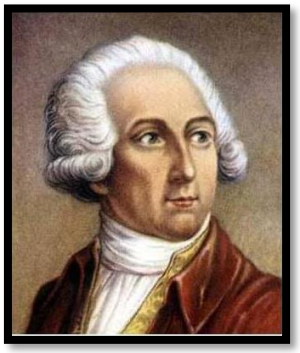
Antoine-Laurent de Lavoisier (París 1743-1794) fue un químico, biólogo y economista francés, considerado el creador de la química moderna

Famoso por sus estudios sobre la oxidación de los cuerpos, el fenómeno de la respiración animal, el análisis del aire, la ley de conservación de la masa o ley Lomonósov-Lavoisier, la teoría calórica y la combustión, y también sus investigaciones sobre la fotosíntesis, se le considera uno de los protagonistas principales de la revolución científica que condujo a la consolidación de la química.

Entre los experimentos más importantes de Lavoisier fue examinar la naturaleza de la combustión, demostrando que es un proceso en el que se produce la combinación de una sustancia con oxígeno, refutando la teoría del flogisto. También reveló el papel del oxígeno en la respiración de los animales y las plantas.

Escribió el tratado "Memoria sobre la combustión en 1777 donde expone una nueva teoría sobre la combustión llamada triangulo del fuego.

AV-8-4
Comente Con los estudiantes que la teoría solo fue aprobada un año después de la muerte de Lavoisier que su exponente la hubiera promulgado.





Triángulo del fuego

Tomado de: https://images.app.goo.gl/yb1FfaH6SBphHYcNA

**Antoine Lavoisier (1743- 1794).**

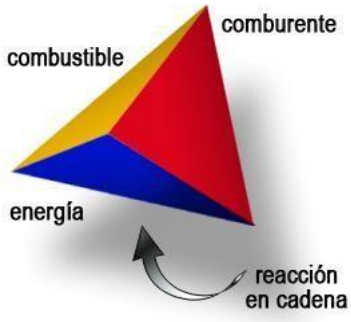
AV. 8-4
Exponga rápidamente en que consiste y exprese que en más delante se profundizara el tema

### 1.1.3 Teoría Moderna de la combustión.

El tetraedro del fuego) viene a formar parte de la Teoría Moderna de la Combustión, la cual se consolida en 1962, cuando **Sir. Walter Heasler** adelantaba estudios sobre el

mecanismo de extinción de incendios con el Polvo Químico Seco de uso múltiple ABC. En todo proceso de combustión hay liberación de energía representada por una serie de reacciones entre los radicales libres O.C.H y OH. Estas reacciones en cadena tanto ramificadas como no ramificadas pueden llamarse la vida del fuego y materialmente están representadas por la llama.

Lo mismo que el cuerpo humano necesita aire, alimento y un sistema circulatorio para poder existir, de tal manera que el fuego según la Teoría Moderna de la Combustión tiene cuatro (04) elementos y no tres (03) como se sabía hasta el momento y esto es lo que forma el tetraedro del fuego. La razón para usar un tetraedro y no un cuadrado es que cada uno de los cuatro elementos está adyacente y en conexión con cada uno de los otros tres elementos. Al retirar uno o más de los cuatro elementos del tetraedro hará que el fuego quede extinguido.




https://elultimobomberodelalinea.blogspot.com/2018/04/tema-1-fenomenos-relacionados-con-el.html
Tomado de :http://img.hospitecnia.com/Fotos/12212728761095801_big.jpg

## 1.2 Combustión

Reacción química de oxidación en la cual el combustible se combina con el oxígeno. Esta reacción necesita energía (calor) para que se inicie el proceso, emitiendo a su vez luz y calor. (Blesa, M. 1998).




Tomado de: Manual fundamentos de la lucha contra incendios 7 edición 2021, tabla 4.2, tomo I, Capitulo 4, p.118

AV. 8-5

Explique la importancia de la proporcionalidad de en los elementos. Haga la demostración con la vela encendida.

### 1.2.2 Combustión sin llama

AV. 8-6

La combustión sin llama ocurre más lentamente y a una temperatura más baja, y produce incandescencia en la superficie en la superficie del material, la quema puede estar localizada a cerca de la superficie del combustible que están en contacto con el oxígeno. Ejemplo el carbón vegetal (Ifsta & Fires, 2021. p.123).



### 1.2.3 Combustión con llamas.

AV. 8-7
Las llamas son un efecto visual de derivado de un proceso de combustión.

La combustión con llamas se conoce comúnmente como fuego. Produce una llama visible sobre la superficie del material. Ocurre cuando un combustible gaseoso se mezcla con oxígeno en la proporción correcta y se calienta a la temperatura de ignición.



La combustión con llamas requiere que los combustibles líquidos o sólidos se conviertan a la fase gaseosa a través de la adición de calor (vaporización o pirólisis, respectivamente). Cuando se calientan, tanto los combustibles sólidos como los líquidos emiten vapores que se mezclan con el oxígeno, produciendo llamas por encima de la superficie del material si los gases se encienden. El tetraedro del fuego refleja con precisión las condiciones requeridas para la combustión con llamas. (Ifsta & Fires, 2021. p.123).

AV. 8-8,
Explique los tipos de combustión (explique cómo afectan la velocidad de reacción) lenta, rápida y espontanea.




## 1.2.4 Humo

AV. 8-9
Realice la lectura de la diapositiva y explique por qué se debe tener un buen análisis del humo en los incendios.

El humo es una materia formada por diminutas partículas sólidas y vapor condensado. Los gases procedentes de materias de uso común, como la madera, contienen vapor de agua, dióxido de carbono y monóxido de carbono; en las condiciones normales de escasez de oxígeno que se producen en un incendio y que dificultan la combustión completa, hay también metano, metanol, formaldehído y ácidos fórmico y acético. Estos gases suelen producirse a partir de la materia combustible y a velocidad suficiente portan pequeñas gotas de brea inflamable que aparecen como humo. La descomposición de estas breas da lugar a la formación de partículas de carbón, que suelen estar presentes también en los gases procedentes de la combustión de productos



petrolíferos, particularmente de los aceites pesados y de los destilados.

Estas partículas de carbón y brea son visibles y los gases de la combustión que las portan son lo que se denomina humo. Las partículas pueden ser de color, dimensiones o cantidades tales que obscurezcan el paso de la luz, por lo tanto, obstruyan la visibilidad impidiendo la identificación de las salidas o sus señalizaciones.
La formación de grandes cantidades de partículas en suspensión en el humo, suficientes para hacer inoperantes las vías de escape, puede ser muy rápida.

Las partículas en suspensión en el humo pueden ser irritantes si se respiran, una exposición prolongada a ellas puede causar lesiones en los sistemas respiratorios. Si se alojan en los ojos, producen lagrimeo que, a su vez, dificulta la visión.

### 1.2.5 Productos de la combustión:

Son aquellos que permanecen en el aire al retornar los productos de combustión a las temperaturas normales.
La mayor parte de los materiales combustibles contienen carbono, que al quemarse forma anhídrido carbónico (CO2), si la concentración de oxígeno en la atmósfera es suficiente y la combustión completa. Los combustibles también pueden producir monóxido de carbono (CO), si dicha concentración de O2 es baja (la concentración de CO puede llegar al 20%).
Estos dos elementos (monóxido y dióxido de carbono), son los gases de combustión más abundantes en los incendios. El tipo de gases generados depende de muchos factores, siendo los principales, la composición química del combustible, la cantidad de oxígeno disponible y la temperatura alcanzada.




AV 8-10
Comente a los participantes que estos productos derivados de la combustión son de extremos peligro para los bomberos, es por eso por lo que se debe usar los equipos de protección y de respiración autónoma.

Comente como afecta monóxido de carbono al cuerpo.

Se ha demostrado que, en los incendios, los fallecimientos producidos por inhalación de gases o aire caliente son mucho más numerosos que el total de muertos debido a todos los demás agentes en su conjunto.

Son varios los factores que determinan la toxicidad de los productos de la combustión sobre el ser humano, como la concentración de los gases en el aire, la duración de la exposición a los mismos y el estado físico de la persona. Diversos estudios indican que el efecto combinado de varios gases será mayor que la suma de los efectos de cada uno por separado.

La principal causa de muerte en los incendios son los siguientes gases:

- **Anhídrido sulfuroso:** producto de la combustión de materias orgánicas que contengan azufre. Su presencia se delata por un efecto extremadamente irritante en ojos y conductos respiratorios. Es producto de la combustión típico de: lana, goma, algunas maderas.

- **Amoniaco:** Se forma durante la combustión de materiales que contengan nitrógeno (lana, seda, plásticos, resinas de melanina, presente en sistemas de refrigeración). Tiene efectos extremadamente irritantes en ojos, nariz, garganta y pulmones.

- **Cloruro de hidrógeno:** Producto de la combustión de materias plásticas que contienen cloro. El cloruro de polivinilo lo podemos encontrar en aislantes de conducciones eléctricas y otros conductos y tuberías. En concentraciones de 1500 partes por millón es fatal.

- **Acroleína:** Es un gas muy tóxico e irritante que se produce durante la combustión de productos petrolíferos, grasas, aceites, etc. En concentraciones de 10 partes por millón es mortal en un breve plazo de tiempo.

- **Cianuro de hidrógeno:** Es un producto muy tóxico, se forma por la combustión de materiales como la lana, la seda, el uretano, las poliamidas y los acrílicos.

AV 8-10
Los participantes leerán cada producto y una vez termine la lectura genera reflexión sobre lo anteriormente expuesto.

- **Dióxido de nitrógeno:** Es extremadamente tóxico, se forma con la descomposición y combustión del nitrato de celulosa.

- **Fosgeno:** Se desprende siempre que un producto clorado entra en contacto con la llama, como es el caso de plásticos de cloruro de polivinilo o los disolventes clorados. Es un producto muy tóxico. Algunos de dichos gases además de tóxicos son corrosivos, por lo que afectan no sólo a las personas, sino que producen graves daños materiales.

El cloruro de polivinilo, mencionado anteriormente como gas tóxico, sirve también como ejemplo de producto corrosivo. El calentamiento de ciertos materiales produce un pirólisis químico formando una rica variedad de sustancias conocidas como productos de gasificación.

Con excepción del agua que se genera, por ejemplo, de la celulosa y los hidratos de carbono, la mayoría de los productos de gasificación son inflamables.

Las fibras comunes (nylon, rayón, etc.) producen principalmente CO (monóxido de carbono) y varios tipos de hidrocarburos. Los materiales sintéticos y productos como pinturas, barnices, etc., producen principalmente una variedad de hidrocarburos tales como metano, etano, metanol y ácido acético, generándose gases tóxicos, corrosivos, anestésicos. Temperatura y presión en un recinto incendiado Los diferentes ensayos efectuados sobre el comportamiento de incendios en espacios cerrados, demuestran que es razonable asumir que el recinto quedará dividido en dos zonas diferenciadas: una zona caliente en la parte superior compuesta por la mezcla de productos de la combustión y el aire introducido, y una zona más fría en la parte inferior compuesta principalmente de aire. Además, las propiedades de los gases en cada zona cambian con el tiempo, pero se puede asumir que son uniformes en la totalidad de cada una de las zonas. El límite entre estas dos zonas se denomina plano neutro.

El incendio dará lugar a un movimiento de aire/gases que será indicativo de las condiciones de presión. Los gases siempre fluyen de la zona de mayor presión hacia la zona de menor presión. El flujo de entrada y salida de gases en un recinto incendiado viene determinado por la diferencia de presiones

entre el interior del recinto y el exterior. (manual técnicas de intervención en incendios de interiores, 2004)

**Tabla 4.2**
**Productos comunes de la combustión y sus efectos tóxicos**

| | |
|---|---|
| Monóxido de carbono | Gas incoloro e inodoro. Su inhalación causa dolor de cabeza, mareos, debilidad, confusión, náuseas, pérdida del conocimiento y muerte. La exposición a tan solo un 0,2 % puede provocar, en 30 minutos, la pérdida del conocimiento. La inhalación de concentraciones elevadas puede provocar un colapso inmediato y la pérdida del conocimiento. |
| Formaldehído | Gas incoloro con un olor penetrante que es muy irritante para la nariz. 50-100 ppm pueden causar irritación severa del tracto respiratorio y lesiones graves. La exposición a altas concentraciones puede provocar lesiones en la piel. Se sospecha que el formaldehído es carcinógeno. |
| Cianuro de hidrógeno | Líquido incoloro, tóxico e inflamable por debajo de los 79 °F (26 °C), producido por la combustión de sustancias que contienen nitrógeno. Es un asfixiante que actúa para evitar que el cuerpo utilice oxígeno. Se encuentra comúnmente en el humo en concentraciones más bajas que el monóxido de carbono. |
| Dióxido de nitrógeno | Gas de color marrón rojizo o líquido de color marrón amarillento, que es altamente tóxico y corrosivo. |
| Partículas | Pequeños fragmentos de material que se pueden inhalar y depositar en la boca, la tráquea o los pulmones. La exposición a partículas puede causar irritación ocular y dificultad respiratoria (además de peligros para la salud relacionados con las sustancias específicas involucradas). |
| Dióxido de azufre | Gas incoloro con olor asfixiante o sofocante. Es tóxico y corrosivo; puede irritar los ojos y las membranas mucosas. |

***Fuente:*** *Gestión de Operaciones de Emergencia Asistida por Computador (CAMEO) y Perfil toxicológico de hidrocarburos aromáticos policíclicos.*

Tomado de: Manual fundamentos de la lucha contra incendios 7 edición 2021, tabla 4.2, tomo I, p.125

AV. 8-11
Comente el efecto del monóxido conforme a la tabla que nos muestra el manual.

## 1.3 El fuego

El fuego técnicamente es una forma de combustión en la cual la liberación de calor y luz son sumamente intensas y la luz se manifiesta de manera inequívoca en forma visible de llama. (Blesa, M. 1998).

AV. 8 -12
Explique las diferencias de fuego y llamas, de ejemplos



### 1.3.1 Triángulo del fuego

AV. 8 -13
Muestre como afecta la proporcionalidad de los gases, haga una demostración con un encendedor de rodillo.

Los modelos del triángulo del fuego y el tetraedro del fuego son utilizados para explicar los elementos del fuego y cómo los incendios pueden ser extinguidos. El modelo más simple y antiguo, el triángulo del fuego, muestra tres elementos necesarios para que ocurra la combustión: combustible, oxígeno y calor. Remueva cualquiera de estos elementos y el fuego se extinguirá. El triángulo del fuego fue usado antes de la adaptación del tetraedro del fuego. el cual incluye una reacción química en cadena no inhibida también debe estar presente para que ocurra un fuego. (Ifsta & Fires, 2021. p.121).

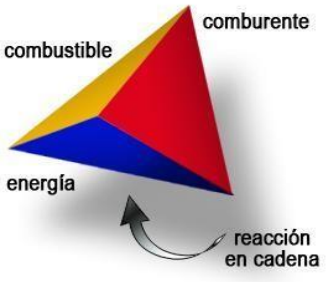



Tomado de :http://img.hospitecnia.com/Fotos/12212728761095801_big.jpg

### 1.3.2 Tetraedro del fuego:

AV. 8-14
Explique las propiedades de los elementos
El agente reductor (material combustible) cede electrones al comburente
El comburente (oxigeno): produce luz y calor.

El modelo de tetraedro del fuego incluye la reacción química en cadena para explicar la combustión en fase gaseosa y con llamas (el fuego es un ejemplo de combustión en fase gaseosa). ignición Los combustibles deben estar en estado gaseoso para quemarse: por lo tanto, los sólidos y los líquidos deben volverse gaseosos para que ocurra la ignición. (Ifsta & Fires, 2021. p.121).




Tomado de :http://img.hospitecnia.com/Fotos/12212728761095801_big.jpg

### 1.3.3 Combustibles

Cualquier sustancia capaz de reaccionar de forma rápida con el oxígeno. Ello sólo ocurre en la fase de gas o vapor.

AV. 8-15
Los participantes realizan la lectura

### 1.3.4 Comburente

Cualquier mezcla de gases que contenga suficiente oxígeno para que se produzca la reacción rápida (generalmente el aire que contiene un 21 % de oxígeno).

## 1.4 Energía de Activación

Calor suficiente para elevar una zona de la masa de combustible por encima de su temperatura de autoinflamación.

### 1.4.1 Fuentes de ignición o Energía de Activación

AV. 8-16
Comente como estas intervienen para el inicio del proceso de combustión.

La energía de activación es la energía necesaria para que se inicie la reacción de la combustión. En el proceso de combustión el combustible y el comburente por si solos no producen una reacción de combustión.
Las fuentes de ignición son:

- Llama Abierta
- Arco Voltaico
- Rayo Eléctrico
- Rayos Solares
- Fricción o impacto
- Corriente eléctrica
- Electricidad Estática
- Compresión
- Combustión Espontanea

### 1.4.2 Reacción en cadena

La combustión de la mezcla de combustible y comburente se mantiene al actuar parte del calor generado como energía de activación para el instante siguiente.

### 1.5 Mecanismos de extinción

Los mecanismos de extinción se basan en hacer desaparecer o disminuir los efectos de los factores del incendio que conforman el tetraedro de fuego: combustible, comburente, energía de activación (calor) y reacción en cadena.

- Eliminación de combustible
- Sofocación
- Enfriamiento
- Inhibición reacciones en cadena

AV. 8-17

Lectura de la definición por parte de los estudiantes

Dibuje el triángulo del fuego, elimine uno de sus elementos y pregunte a los participantes cual es el resultado.
De ejemplos de cada Mecanismo.

#### 1.5.1 Eliminación de combustible

Esto se puede lograr deteniendo el flujo de un combustible (líquido, gaseoso), o removiendo el combustible sólido del área de incendio

#### 1.5.2 Sofocación

Esto se puede lograr, introduciendo un gas inerte dentro del incendio o separando el oxígeno del combustible.

#### 1.5.3 Enfriamiento

Método más común, enfriamiento con agua al combustible, hasta el punto donde no se produzcan vapores que se puedan encender.

#### 1.5.4 Inhibición reacciones en cadena

El polvo químico seco interrumpe la producción de la llama en la reacción química, resultando una rápida extinción.

## 2. PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR:

La transferencia de calor de un punto u objeto a otro es parte del estudio de la termodinámica, la transferencia de calor desde la carga inicial (objeto que se quema) a otros combustibles en el área y más allá del origen del fuego afecta el crecimiento de cualquier incendio y es parte de la dinámica del fuego.

AV8-18
Los estudiantes leerán la definición

El calor se transfiere de objetos más calientes a otros más fríos por que los materiales retornan naturalmente a su estado.

## 2.1 Factores que influyen en la transferencia de calor:

### 2.1.1 Naturaleza de las superficies expuestas:

Los materiales de color oscuro emiten y absorben el calor con mayor eficacia que los materiales de color claro. Las superficies lisas o altamente pulidas reflejan más calor radiante que las superficies rugosas.

### 2.1.2 Distancia entre la fuente de calor y las superficies expuestas.

El incremento de las distancias reduce el efecto del calor radiante.

### 2.1.3 Temperatura de la fuente de calor:

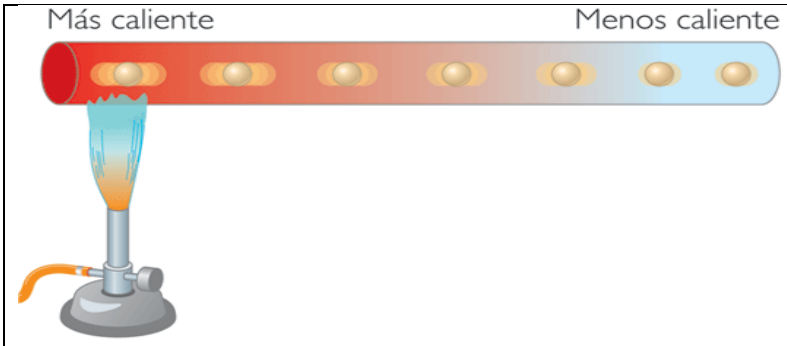
A diferencia de otros métodos de transferencia de calor que dependen de la temperatura tanto de la fuente de calor como de la superficie expuesta, la transferencia de calor radiante depende principalmente de la temperatura de la fuente de calor. A medida que la temperatura y la tasa de liberación de calor de la fuente aumenta, la energía radiante también aumenta

## 2.2 Métodos de transferencia de calor:

### 2.2.1 Conducción:

AV. 8-19 Explique la diapositiva

La conducción es la transferencia de calor entre y a través de los sólidos. Ocurre cuando un material se calienta como resultado I contacto directo con una fuente de calor. La conducción resulta del movimiento molecular y las colisiones entre las moléculas de una sustancia.

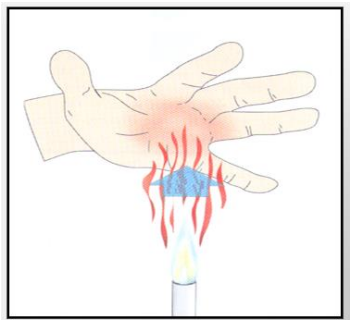



Tomado de:http://castrejoncaleb.blogspot.com/2016/12/calor.html?m=1

AV 8-19 los Estudiantes leerá y al instructor Explicará la diapositiva

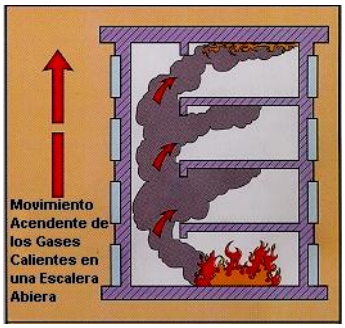
## 2.2.2 Convección:

La convección es la transferencia de energía térmica por la circulación y movimiento de fluidos (liquido o gas). Durante un incendio, la convección generalmente implica la transferencia de calor a través del movimiento de humo caliente y gases del fuego.



La transferencia de calor debida a la convección depende de tres factores.

- Área que se calienta.
- Diferencia de temperatura entre el gas caliente y el material que se calienta.
- Turbulencia y velocidad de los gases en Movimiento.



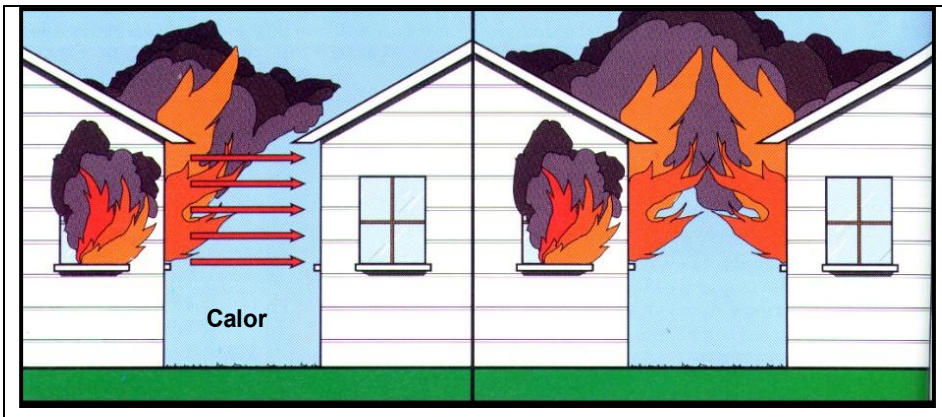

Tomado de :https://images.app.goo.gl/pqXAQdCwZhiU4Vsg7

## 2.2.3 Radiación:

Es la transmisión de energía en forma de ondas electromagnéticas, como ondas de luz, ondas de radio, o rayos "x", sin un medio de intervención.

AV. 8-20

Los Estudiantes leerá y al instructor Explicará la diapositiva




Tomado de:https://images.app.goo.gl/TE7JScXJrLd5ahX3A

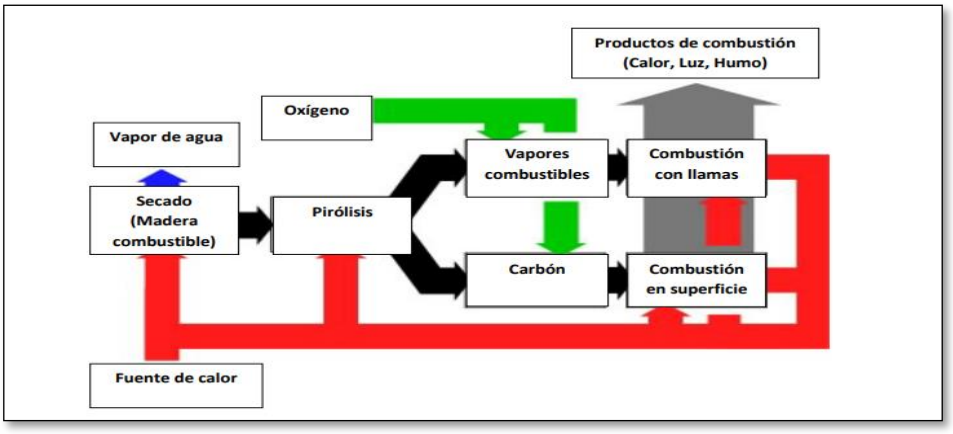
## 2.3 Pirólisis

AV. 8-21 Realice laboratorio de límites de inflamabilidad si cuenta con los elementos.

Es el proceso en el cual los sólidos complejos se descomponen térmicamente en sólidos más simples, líquidos o finalmente en gases, se denomina pirólisis y es esencialmente la primera etapa en la ignición y consiguiente combustión de los materiales.

Los gases de pirolisis están compuestos por una mezcla de diferentes componentes que son función de los materiales que intervienen en el proceso. Por tanto, resulta difícil determinar los límites de inflamabilidad de estos gases y así su rango.

AV. 8-22 Explique el cuadro de la diapositiva.




Tomado de https://images.app.goo.gl/aWS13x6n7AXHXZT78

## 2.4 Inflamabilidad

AV. 8-23

Lectura por parte d ellos participantes.

La Inflamabilidad es una Propiedad Química que indica la facilidad que tiene una sustancia para iniciar una reacción de combustión

La inflamabilidad de un gas es una consecuencia de una fuente de energía como el calor, pero podría generarse por otras fuentes como ondas de choque o la combinación de las dos. La inflamabilidad de un gas o la mezcla de ellos tienen un límite inferior y un límite superior.

### 2.4.1 Límite Inferior de inflamabilidad (LII)

Es el número mínimo de moléculas de combustible que se precisa para que la ignición se produzca, constituye la concentración de gas combustible mínima necesaria para que este se inflame en una reacción de combustión con el oxígeno y se mide como porcentaje en volumen.

### 2.4.2 Límite Superior de inflamabilidad (LSI)

Cuando la concentración de gas supere un determinado valor en % (que es propio de cada sustancia) del volumen total, tendrá como consecuencia que la cantidad de oxígeno presente en el recinto no será suficiente para inflamar la cantidad de gas existente.

### 2.4.3 Mezcla Ideal:

Es el número de moléculas de combustible que permita liberar la máxima concentración de energía durante la reacción de combustión establece la concentración ideal de gas para su inflamación.




AV. 8-23

Explique la diapositiva y si cuenta con un laboratorio como el flash fire, o carmody. Realice la demostración, use tablero de ser necesario.

Comente: cuando hay combustión en el (LII) y en el (LSI), La combustión ardera con dificultad.

En la (MI), Reaccionara violentamente.

AV. 8-24

| Tabla 4.12<br>Rangos de inflamabilidad de gases y líquidos inflamables comunes (vapor) | |
|---|---|
| **Sustancia** | **Rango inflamable** |
| Metano | 5 % - 15 % |
| Propano | 2,1 % - 9,5 % |
| Monóxido de carbono | 12 % - 75 % |
| Gasolina | 1,4 % - 7,4 % |
| Diésel | 1,3 % - 6 % |
| Etanol | 3,3 % - 19 % |
| Metanol | 6 % - 35,5 % |
| ***Fuente:*** *Gestión de Operaciones de Emergencia Asistida por Computador (CAMEO)* | |

Tomado de: Manual fundamentos de la lucha contra incendios 7 edición 2021, tabla 4.2, tomo I, p.144

**Tabla de rangos de inflamabilidad**

AV. 8-25
Comente la tabla

## 3. LAS FASES EN EL DESARROLLO DEL FUEGO:

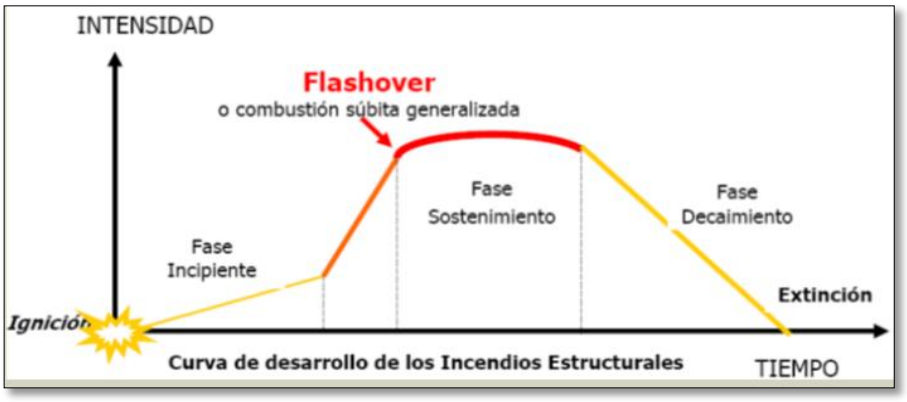
AV. 8-26
Lectura de la definición en el MP 8-16.

Haga claridad que si el incendio es interior de presentar la fase de Falshover (DEJE CLARO QUE NO ES UN FENOMENO, ES UNA ETAPA)

Los incendios se desarrollan a través de cuatro etapas: incipiente, crecimiento, desarrollo pleno totalmente desarrollado y decaimiento.

Estas etapas pueden ocurrir con cualquier incendio; sin embargo, hay tres factores clave que controlan cómo se desarrolla el incendio:

- las propiedades del combustible
- la ventilación disponible
- la conservación del calor.




Dependiendo de estos factores, las etapas de desarrollo del fuego exhiben características diferentes o pueden ocurrir en una secuencia diferente.

## 3.1 Etapa de ignición o incipiente:

Comienza con la ignición cuando los tres elementos del triángulo del fuego se juntan e inicia el proceso de combustión.

En este punto, el fuego es pequeño y está limitado a una pequeña porción del combustible que se enciende por primera vez.

AV. 8-27 Explique la diapositiva




*Tomado de: curva de desarrollo de incendio (Alonso Herrerías M., Basset Blesa, Lundström, & Bleken)*

## 3.2 Etapa de crecimiento:

En esta etapa, se involucra más cantidad de combustible inicial y aumenta la producción de calor y humo, si hay otros combustibles cerca de la carga de combustible inicial, el calor radiante del fuego puede comenzar a generar pirólisis, lo que podría extender el fuego a nuevas cargas de combustible.

AV. 8-28 Explique la diapositiva

El fuego puede continuar creciendo para desarrollarse completamente o puede entrar en un estado temprano de decaimiento, dependiendo del oxígeno disponible.






*Tomado de: curva de desarrollo de incendio (Alonso Herrerías M., Basset Blesa, Lundström, & Bleken)*

## 3.3 Etapa flashover en los incendios en interiores:

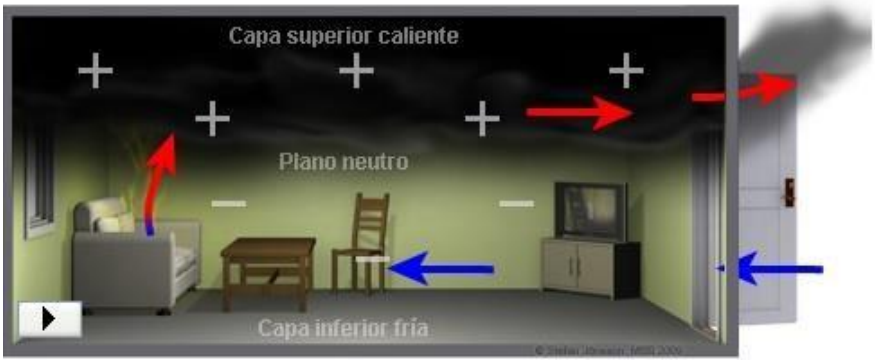
Debido al incremento de temperatura el calor radiante inicia la pirolisis en los materiales expuestos, incrementando el volumen de gases combustibles. Estos gases combustibles se calientan hasta su temperatura de ignición y como consecuencia de lo anterior hay una ignición simultánea de todos los combustibles contenidos en el recinto.

AV. 8-29

Explique la diapositiva, Hable sobre los flujos bidireccionales.
Plano Neutro
Plano de presión positiva
Plano de presión Negativa

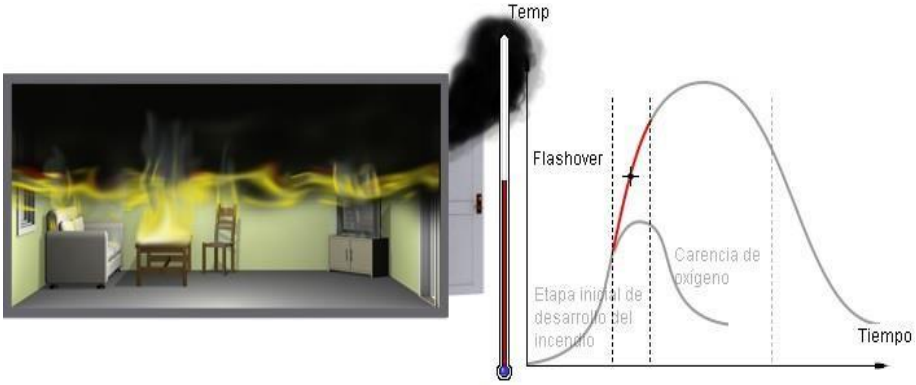
### 3.3.1 Signos previos se pueden mencionar:

- Las temperaturas aumentan rápidamente
- Fuentes de combustibles adicionales se ven involucradas en el proceso
- Presencia de rollover
- Todas las fuentes de combustible en el recinto emanan gases combustibles como resultado de la pirolisis.




*Tomado de: curva de desarrollo de incendio (Alonso Herrerías M., Basset Blesa, Lundström, & Bleken*

AV. 8 -29

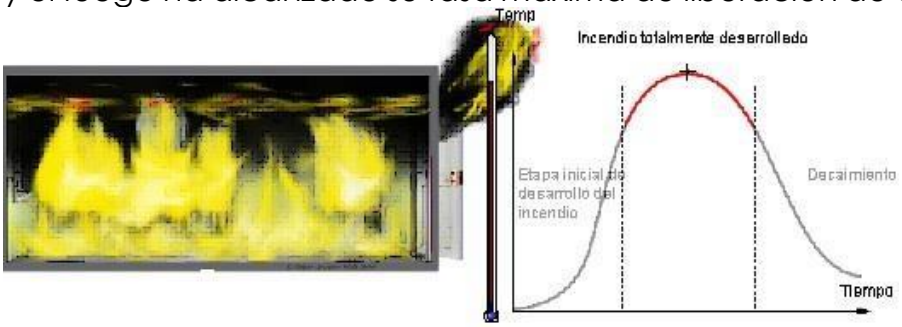



AV. 8 -30
Importante definir los signo y síntomas de flashover.
Hablar de la energía acumulada en el recinto en esta fase (10 kw/m2).
Ningún Bombero deberá estar dentro de una edificación en esta fase.

## 3.4 Etapa de desarrollo:

Esta etapa inicia cuando todos los materiales combustibles en el compartimento se queman a su tasa de liberación de calor máxima en función del oxígeno disponible. El fuego está consumiendo la máxima cantidad de oxígeno que puede.

Si el fuego está limitado a una carga de combustible. la etapa de desarrollo pleno ocurre cuando toda la carga está en llamas y el fuego ha alcanzado su tasa máxima de liberación de calor.




*Tomado de: curva de desarrollo de incendio (Alonso Herrerías M., Basset Blesa, Lundström, & Bleken)*

AV. 8-31
En esta fase todas las superficies interactúan con el incendio, hay pérdida total. El incendio está en su máxima liberación de calor.

## 3.5 Etapa de decrecimiento:



AV.8-32

Los participantes leen

El material combustible se ha consumido, la tasa de desprendimiento de energía disminuye y por lo tanto la temperatura media del recinto comienza a disminuir. El incendio decrece. En esta etapa el incendio puede pasar de estar controlado por ventilación a estar nuevamente controlado por combustible.

Mostrar video
AV. 8-33
Y explicar

### 3.5.1 Incendios limitados por combustible (ILC):

Incendio limitado por el combustible es aquél en el que la emisión de calor y su crecimiento están limitados por características del combustible (cantidad y distribución), habiendo una proporción adecuada de aire para la combustión. (NFPA2 921, cap. 5 2017.)

Av. 8-34 explicar la dinámica y dejar claro que cada material tiene propiedades diferentes y de eso depende la dinámica de los incendios




Tomado de: Manual fundamentos de la lucha contra incendios 7 edición 2021, tabla 4.2, tomo I, p.147



### 3.5.2 Incendio limitado por ventilación (ILV)

Incendio limitado por la ventilación es aquél en el que su crecimiento y potencia queda limitado por la cantidad de oxígeno disponible.



AV. 8-35 Explicar

Un ILV habiendo pasado o no por una etapa de flashover, ha consumido tal proporción de oxígeno, que el factor limitante para su crecimiento no será el combustible, sino la disponibilidad de oxígeno. (NFPA2 921, cap. 5 2017.)




Tomado de: Manual fundamentos de la lucha contra incendios 7 edición 2021, tabla 4.2, tomo I, p.147

## 3.6 Posibles situaciones de riesgo:

La intervención en incendios de interiores es una labor que implica riesgos. Debe tenerse en cuenta que estos trabajos se desarrollan en ambientes hostiles en los que lo normal es una falta de visibilidad a veces absoluta, lo que implica un riesgo de desorientación.

A lo anterior debemos añadir las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse, sometiendo a los bomberos a un fuerte estrés físico. Estas temperaturas obligan a la utilización de pesados equipos de protección personal.

Además, las labores de extinción en un incendio de interiores se desarrollan en atmósferas con falta de oxígeno y presencia de múltiples gases tóxicos. Para hacer frente a este riesgo se utilizan equipos de protección respiratoria, también conocidos como ERA (Equipo de Respiración Autónoma). Estos equipos tienen una autonomía limitada que depende de su capacidad, la presión de llenado y del esfuerzo físico realizado.

No obstante, al peligro de flashover nombrado en el punto anterior, deberíamos añadir dos situaciones merecen un tratamiento especial:

AV. 8-35
Los participantes leerán la definición de posibles riesgos

### 3.6.1 Las explosiones de gases de incendio

Los gases de combustión y de pirolisis que se producen durante el incendio no están por lo general, totalmente oxidados. Ello implica que, bajo ciertas condiciones, pueden todavía inflamarse provocando situaciones de riesgo y, en algunos casos, graves accidentes.

### 3.6.2 Back draft:

Una explosión, violenta variable, causada por la entrada de aire fresco en un compartimiento que contiene o ha contenido fuego, y donde se ha producido una acumulación de humos combustibles como consecuencia de una combustión en condiciones dé deficiencia de oxígeno".

AV. 8–36
El instructor explicar las condiciones bajo las cuales se produce el backdraft.




*Tomado de: curva de desarrollo de incendio (Alonso Herrerías M., Basset Blesa, Lundström, & Bleken*

Dibuje en el tablero una gráfica de temperatura vs tiempo y muestre el proceso a los estudiantes

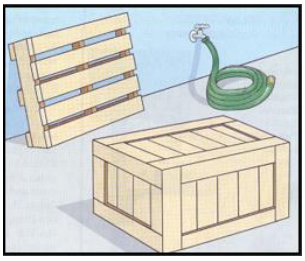
AV. 8-37 video

## 3.7 Clases de fuego

### 3.7.1 Incendios de clase "A"

En estos incendios intervienen materiales combustibles normales como la madera, la ropa, el papel, la goma y gran número de plásticos. (Nfpa 10 2018. Cap. 5, P.10-11)

AV. 8-38
Explique.







### 3.7.2 Incendios de clase "B"

Estos incendios implican líquidos y gases inflamables y combustibles como la gasolina, el aceite, la laca, la pintura, los alcoholes minerales y el alcohol. (NFPA 10 2018. Cap. 5, P.10-11)

AV. 8-39
Explique.



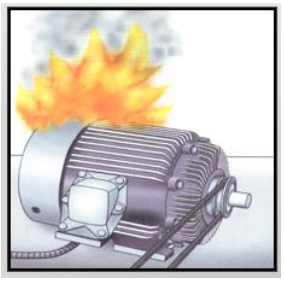





### 3.7.3 Incendios de clase "C"

Estos incendios implican equipos eléctricos energizados en presencia de fuego. (NFPA 10 2018. Cap. 5, P.10-11)

AV. 8-40
Explique.



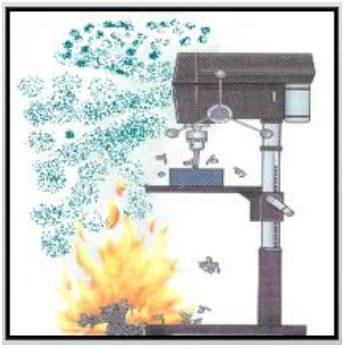





### 3.7.4 Incendios de clase "D

Los incendios de esta implican metales combustibles como el aluminio, magnesio, titanio, circonio, sodio y potasio (NFPA10 2018. Cap. 5, P.10-11)

AV. 8-41
Explique.








### 3.7.5 Incendios de clase "K"

Los incendios de esta implican aceites o grasas de cocina. (NFPA 10 2018. Cap. 5, P.10-11)

AV. 8-42
Explique.






## 4. EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO Y LA AFECTACIÓN EN LAS EDIFICACIONES.

AV. 8-43
Lectura por parte de los estudiantes

### 4.1 Reacción del tipo de construcción de la edificación al fuego.

Los códigos clasifican los distintos tipos de construcción según el tiempo que cada uno mantenga su integridad estructural cuando está expuesta al fuego.

Las observaciones realizadas en la escena del incendio deben usarse para reevaluar las estimaciones basadas en el tipo de construcción de la educación.

Cuando usted responde a un incendio, hay muchos factores desconocidos que no se reflejan en las estimaciones de resistencia al fuego, como las siguientes:

- Duración del incendio hasta la hora de llegada Contenidos de la edificación.
- Forma en que el contenido de la edificación afecta la tasa de liberación de calor
- Tasa de liberación de calor e intensidad del fuego
- Renovaciones al interior que pueden haber comprometido la resistencia al fuego

## 4.2 Clasificación de estructuras según NFPA220

### 4.2.1 Tipo I

Paredes, divisiones, columnas, pisos y techos son no combustibles o para estructuras metálicas el acero está protegido contra el fuego.

### 4.2.2 Tipo II

Paredes, divisiones, columnas, pisos y techos son no combustibles, pero proveen menos resistencia al fuego. Estructuras metálicas sin protección.

### 4.2.3 Tipo III

Paredes en material no combustible, con pisos, techos o divisiones en material combustible en bajas proporciones.

### 4.2.4 Tipo IV

Paredes exteriores en material no combustibles. Columnas y vigas interiores hechas en madera de mínimo 8"x8" y pisos y techos con tablones de 3'x6"

### 4.2.5 Tipo V

Estas estructuras tienen paredes, piso y techos hechos en madera u otros materiales combustibles.

## 4.3 Carga de combustible de los elementos estructurales y contenidos

La cantidad total de contenido combustible de una edificación, espacio o área de incendio se conoce como carga de combustible (algunos documentos pueden usar el término carga de incendio).

AV. 8 44
Explique, de ejemplos y pida ejemplos a los estudiantes.

La importancia de esta clasificación influye en la dinámica que el incendio pueda tomar y de allí el planteamiento táctico para el control.

AV. 8-45
Comente a modo de información que cada material tiene unas características definidas y hay tablas que tablas definen la carga combustible de los materiales (coméntelo a modo de información.)




Tomado de: https://images.app.goo.gl/tBKPsyx2qmeZUWqs8

AV.8-46

Video

Después de proyectar el video comente que la composición de los materiales ha cambiado y por ende la velocidad de los incendios también "**ya no estamos ante los incendios de nuestros abuelos**"

Todos los materiales combustibles en la construcción de edificaciones comprenden la carga de combustible, como:

- Estructura de madera
- Pisos
- Cielos rasos
- Mobiliario
- Materiales combustibles dentro de la edificación.

## 4.4 Construcciones modernas vs antiguas

Construcciones modernas vs. Antiguas En los últimos 50 años, la construcción de edificaciones ha cambiado drásticamente.

Los metros cuadrados de estructuras residenciales unifamiliares aumentaron más del 150 % entre 1973 y 2008. Al mismo tiempo, los tamaños de los lotes se han reducido, lo que reduce el acceso de los bomberos y aumenta los riesgos potenciales de exposición (Kerber, 2012a).

Los diseños interiores residenciales y los materiales de construcción también han cambiado. Las estructuras más antiguas (antes de 1990 aproximadamente) tenían las siguientes características:

- Compartimentos más pequeños
- Más compartimentos dentro de los mismos pies cuadrados que las casas modernas
- Ventanas que se pueden abrir para ventilación
- Bolsas de aire en cavidades vacías en la pared. Esta técnica de construcción utilizó el aire como aislamiento.

AV. 8-47

La dinámica de incendios

## 4.5 Volumen del compartimento y altura del cielo raso

Un incendio en un compartimento grande normalmente se desarrolla más lentamente que en uno pequeño. El desarrollo más lento del fuego se debe al mayor volumen de aire y al aumento de la distancia que el calor irradiado debe recorrer desde el fuego hasta el contenido que debe calentarse.

Sin embargo, un gran volumen de aire apoyará el desarrollo de un incendio más grande antes de que la falta de ventilación se convierta en el factor limitante Un cielo raso alto también puede ser determinante para dificultar el desarrollo del fuego.



En estructuras con esta característica, un gran volumen de humo caliente y gases pueden acumularse a este nivel, mientras que las condiciones en el piso permanecen relativamente sin cambios.

Los bomberos pueden confundir las condiciones a nivel del piso con el estado real del desarrollo del fuego. Si la gran capa de gas caliente se enciende, la situación se vuelve inmediatamente peligrosa.

cambia según la altura del techo y el material del cielo falso

AV. 8-48
La dinámica de incendios cambia según

## 4.6 Propiedades térmicas de una edificación.

las propiedades térmicas por su capacidad de absorción de temperatura.



Las propiedades térmicas de una edificación pueden contribuir a un rápido desarrollo del fuego. También pueden hacer que la extinción sea más difícil y la reignición sea posible. Entre ellas están:

### 4.6.1 Aislamiento

Mantiene el calor dentro de la edificación, lo que causa un aumento localizado de la temperatura y el crecimiento del fuego, y puede ser una fuente de combustible adicional.

### 4.6.2 Reflectividad del calor

Aumenta la propagación del fuego a través de la transferencia de calor radiante desde las superficies de las paredes a las fuentes de combustible adyacentes.

### 4.6.3 Retención

Mantiene la temperatura absorbiendo y liberando lentamente grandes cantidades de calor.

AV. 8-49
Los participantes leen el MP 8-26
Exponga la importancia de la clasificación de las estructuras, las temperaturas

## 4.7 Falla de vigas ligeras y viguetas

Las armaduras de madera y acero no protegidas pueden fallar luego de 5 a 10 minutos de exposición al fuego (Kerber et al. 2012b). Estas cerchas pueden fallar por la exposición al calor sin

el contacto con la llama. La temperatura critica para vigas de acero es de 1.000 F (538 °C), temperatura en la que el acero comienza a debilitarse (SFPE 2016).

generan gran daño a las edificaciones.




Tomado de: https://images.app.goo.gl/Bix5nCCe1g82DgWZ8

Las placas metálicas de refuerzo en las vigas de madera pueden fallar rápidamente cuando se exponen al calor. Aunque los tratamientos de protección contra el fuego pueden mejorar la resistencia de las cerchas de madera y acero, la mayoría carecen de esta protección

El techo tradicional de vigas de madera utiliza piezas macizas que tienden a perder fuerza gradualmente cuando se exponen al fuego. Esta pérdida de resistencia hace que un techo se vuelva blando antes de fallar.

AV 8-50 preguntas

AV 8-51

Repaso

## BIBLIOGRAFÍA

**Alonso, H. (2015),** Análisis de diferentes tipos de instalaciones para la extinción, por parte de los servicios de bomberos, de incendios de interior utilizando bombas de alta y baja presión, Escuela Politécnica Superior de Alcoi Grado en Ingeniería Química, Universidad Politécnica de Valencia.

**Basset, B. (2009).** Flashover desarrollo y control, Fundamentos Teóricos Y Técnicos está editado por Alfa Delta Digital S.

L. En 2009 dicha editorial comenzó su andadura en Comunidad Valenciana. ISBN 978-84-96796-22-5.

**Devon Fire & Rescue Service Fire behavior. (2005).** instructors aid memiore. Topshon, Devon, UK. Ed. Devon fire & rescue services.

**Ifsta. (1970),** International Fire Service Training Association, Fire ventilación practices (5th ed.). Stillwater, OK: Fire Protection Publications.

**Ifsta & fires. (2021),** Manual de la lucha contra el fuego séptima edición,

**London Hall, R & Adams B. (1998)** Fundamentos de la lucha contra el fuego. IFSTA IV, edición, rescate y descarcelación. Regentes de la Universidad Estatal de Oklahoma.

**Kerber, S. (2012a).** Análisis de los cambios en la dinámica de incendios residenciales y sus implicaciones en los marcos de tiempo operacionales de los bomberos. Underwriters Laboratories, Inc.

**Kerber. S., Madrzykowski D., Dalton J. y Backstrom B. (2012b).** Mejora de la seguridad contra incendios mediante la comprensión del rendimiento contra incendios de los sistemas de piso de ingeniería y el suministro de información al servicio de bomberos para la toma de decisiones tácticas. Underwriters Laboratories, Inc X | Putorti. A. Jr.,

**Mensch, A., Bryner, N. y Braga. G. (2013).** Rendimiento térmico del visor de la máscara de los equipos de rEspiración autocontenido expuestos al flujo de calor radiante, nota técnica de NIST 1785 (NIST TN 1785) SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Hurley, M.J. et al. editors, Springer.

Cierre

Agradezca a su asistente y de las gracias a los partipantes.

Nota: Si tiene la oportunidad de realizar un ejercicio de DEMOSTRACION en un simulador de flashover o simulador de fuego a escala. Desarrolle la práctica, siguiendo los procedimientos normalizados de su centro de educación.