

ACADEMIA DE BOMBEROS DE CAJEME

RESUMEN DE QUÍMICA Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.

Los bomberos que acuden a un incendio tienen que responder rápidamente a distintas condiciones, humo y llamas que ponen en riesgo la vida de los habitantes del lugar además de otros factores que pueden o no, estarse generando, como un flashover (inflamación súbita generalizada) o un backdraft (explosión de humo o explosión por flujo reverso), por lo tanto para que los Bomberos realicen segura y eficientemente su función, deberán de contar con los conocimientos básicos sobre la ciencia del fuego y los factores que afectan a la ignición, el crecimiento y la propagación del mismo (comportamiento del fuego). Por lo tanto debemos de tener en cuenta los siguientes conceptos y sus definiciones:

FUEGO: es una reacción química rápida que libera energía (calor) y productos de combustión (humo, gases calientes y vapores tóxicos) además de la presencia de un cuerpo visible (llama).

ENERGÍA: es la capacidad de realizar un trabajo.

TRABAJO: es la transformación de la energía de una forma a otra, éste se produce cuando se aplica una fuerza a lo largo de una distancia.

Entre los muchos tipos de energía que podemos encontrar en la naturaleza se encuentran los siguientes:

Química: es la que se libera como resultado de una reacción química, como ejemplo, La combustión.

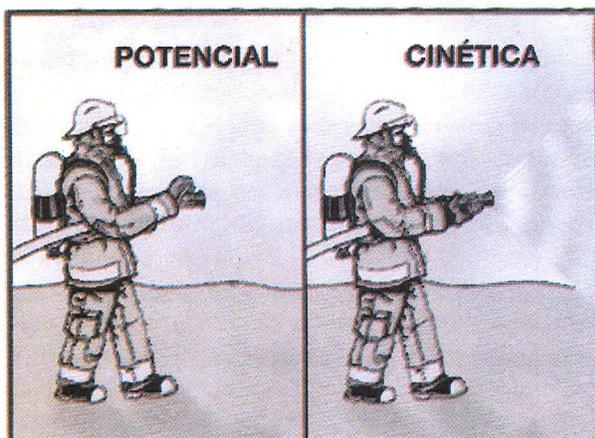
Mecánica: la energía que posee un objeto en movimiento, como ejemplo, una roca que baja rodando de una montaña.

Eléctrica: la energía que se desarrolla cuando los electrones pasan por un conductor.

Calorífica: la energía que se transfiere entre dos cuerpos con temperatura diferente, por ejemplo, el sol y la tierra.

Luminosa: radiación visible producida a nivel atómico, por ejemplo, una llama que se origina durante la reacción de una combustión.

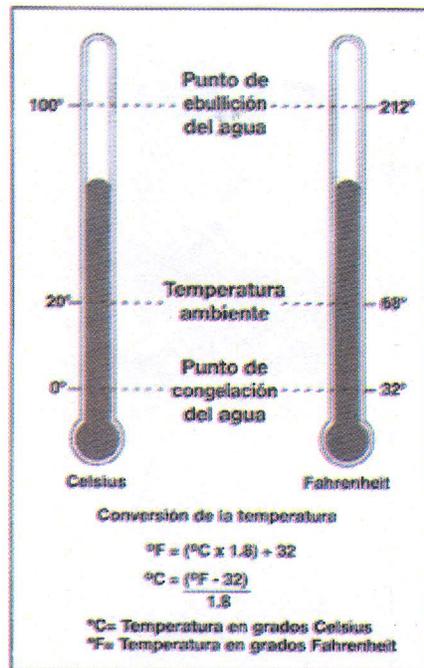
Nuclear: la energía que se libera cuando los átomos se separan (fisión) o se unen (fusión).



La energía existe en dos estados: la energía cinética, es la que posee un cuerpo en movimiento; y la energía potencial, es la que posee un objeto y puede liberarse en el futuro.

El agua en la manguera con la boquilla tiene energía potencial. Al abrir la boquilla, el agua se convierte en energía cinética.

Cualquier persona que haya estado en presencia de fuego o de un incendio, sabe que se desprende una cantidad de calor enorme. El calor es la energía que se transfiere desde un cuerpo a otro cuando las temperaturas de los cuerpos son diferentes. La temperatura es un indicador del calor y se utiliza como medida para determinar hasta que punto está frío o caliente basándose en una norma. En la mayoría de los casos, la norma se basa en la temperatura de congelación (0°C o 32°F) y en la temperatura de ebullición (100°C o 212°F) del agua. La temperatura se mide en grados Celsius (°C) en el sistema internacional y grados Fahrenheit (°F) en el sistema inglés. La siguiente gráfica nos lo muestra.



TRANSFERENCIA DEL CALOR.

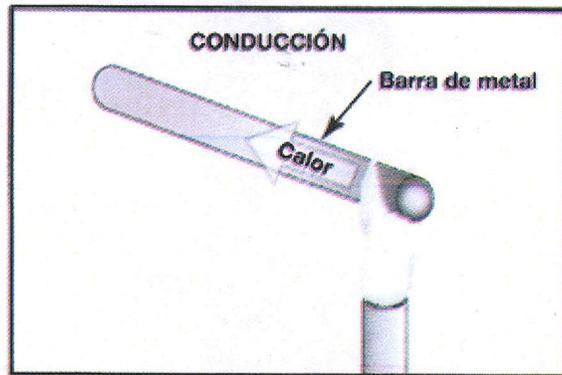
La transferencia del calor de un punto a otro es un concepto básico en el estudio del fuego. La transferencia del calor del contenedor de combustible inicial a otros combustibles en la zona de origen del fuego y más allá controla el crecimiento de cualquier fuego. Los Bomberos utilizan sus conocimientos sobre éste tema para determinar las características del incendio para evaluarlo antes de atacarlo y hacerlo eficientemente.

El calor se transfiere de los objetos de más temperatura al de menos temperatura, cuanto más grande sea la diferencia de temperatura entre los cuerpos, mayor será la tasa de transferencia, ésta se mide como el flujo de energía (calor) en un tiempo determinado. En el sistema internacional se mide en kilovatios (KW), en el sistema anglosajón, la unidad es Btu por segundo (Btu/s), del inglés British thermal unit (kilocaloría).

Existen tres métodos de transferirse el calor de un cuerpo a otro: conducción, convección y radiación.

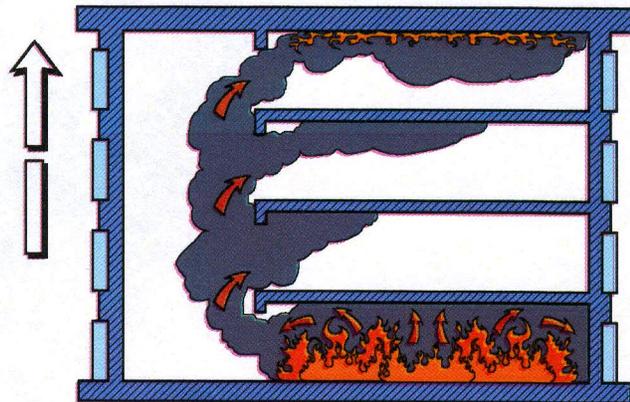
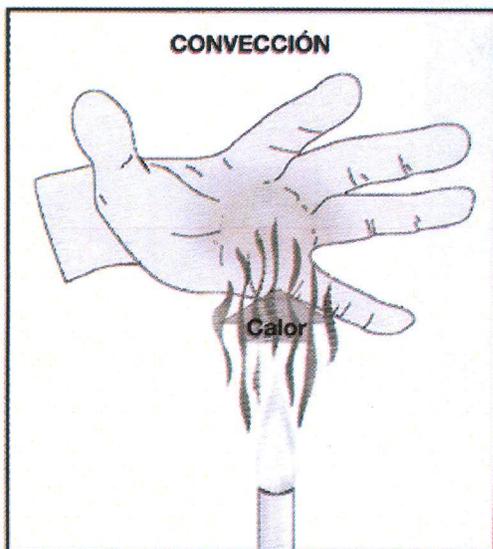
CONDUCCIÓN.

Cuando calentamos el extremo de una barra de metal con una llama, el calor se desplaza a través de la barra. Esto se debe al incremento de las colisiones entre los átomos, cada colisión transfiere energía átomo con que ha chocado. La energía, en forma de calor se transfiere a toda la barra.



CONVECCIÓN.

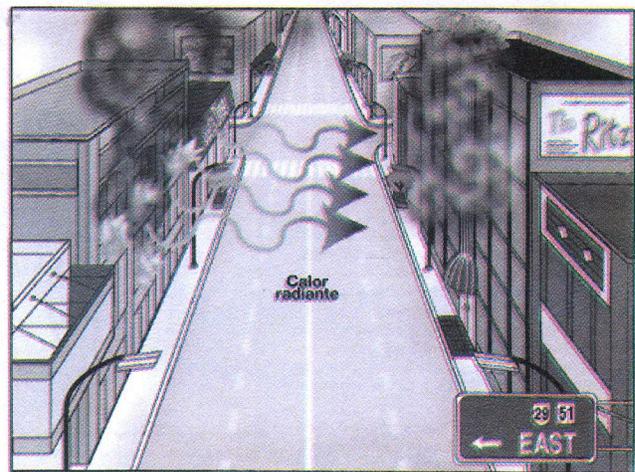
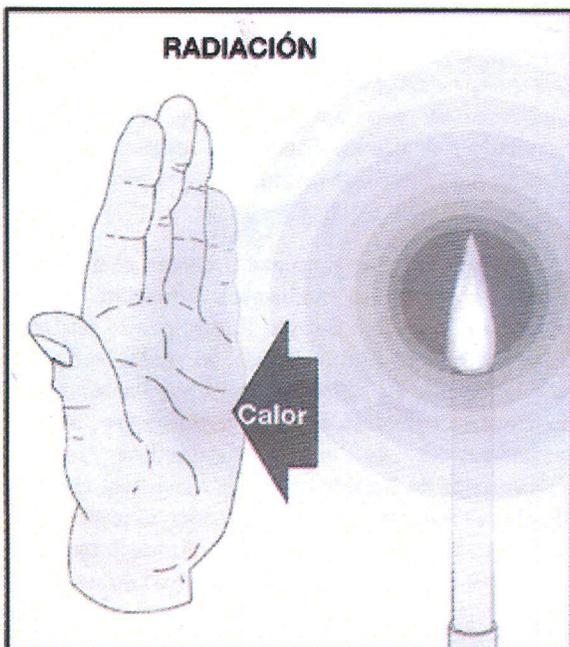
Cuando el fuego empieza a crecer, el aire a su alrededor se calienta mediante conducción, si pone la mano por encima de una llama, puede sentir el calor aún que su mano no está en contacto directo con la llama. El calor se transfiere a su mano mediante convección. La convección es la transferencia de energía calorífica por el movimiento de líquidos o gases calientes.



Los vapores y gases calientes tienden a subir, por lo que buscan la forma de hacerlo, acumulándose en las partes más altas de las edificaciones, provocando el aumento de temperatura en las áreas cercanas a la acumulación y generan un incendio.

RADIACIÓN.

Si se pusiera la mano unos cuantos milímetros por encima de la llama, el calor llegará a ella mediante la radiación. La radiación es la transmisión de la energía calorífica a modo de onda electromagnética (como las ondas de luz, de radio o los rayos x) sin que intervenga ningún otro medio. Dado que se trata de una onda electromagnética, la energía viaja en línea recta a la velocidad de la luz. Todos los objetos calientes irradian calor. El mejor ejemplo es el calor del sol que sentimos en nuestros cuerpos, éste viaja a través del espacio (vacío) y calienta la superficie de la tierra.



El calor radiado es una de las principales causas de propagación de incendios a los alrededores.

Es necesario recordar la ley de la conservación de la masa – energía, la cuál dice que la masa puede convertirse en energía y viceversa, pero nunca se produce una pérdida neta de la masa – energía total. Ésta información es también básica en la ciencia del fuego. La reducción de la masa de un combustible produce como resultado la liberación de energía en modo de luz y calor. Cuanto mas combustible esté disponible para arder, mayor es el potencial de liberación de grandes cantidades de energía como calor durante un incendio. Cuanto más calor se libere, más agentes extinguidores se necesitarán para controlar un fuego.

Antes de describir la combustión y propagación del fuego, debemos tener claro el concepto de reacciones químicas. Cuando la materia se transforma de un estado a otro (líquido, sólido o gaseoso) se produce una nueva sustancia, a esto se llama reacción química. La más sencilla de éstas reacciones ocurre cuando un materia cambia de estado, lo que se llama cambio físico. En éste cambio, la composición química de la materia no se altera, por ejemplo cuando se congela agua.

Cuando las sustancias se transforman en sustancias nuevas son diferentes propiedades físicas y químicas, se produce una reacción más compleja, con cambios químicos. El cambio que sucede cuando el hidrógeno y el oxígeno se combinan para formar el agua, es un ejemplo de cambio químico.

Cuando se realizan reacciones químicas y físicas siempre implican un intercambio de energía. Cuando la reacción libera energía se llama exotérmica y cuando absorbe energía se le denomina endotérmica. Una de las reacciones exotérmicas más conocidas en la tierra es la oxidación. El ejemplo más familiar es la oxidación del hierro, la combinación de oxígeno y hierro produce un componente rojizo llamado óxido de hierro o herrumbre. Ésta oxidación es gradual y lenta.

COMBUSTIÓN Y FUEGO.

Comúnmente, fuego y combustión son términos que se intercambian. Sin embargo el fuego es una combinación de oxígeno (que generalmente se encuentra al 21% en la atmósfera), combustible y temperatura adecuada para la ignición. Por lo tanto **el fuego es la oxidación rápida autosostenida de un combustible, generando humo y vapores calientes, con presencia visible de llama y luz.**

El combustible es el material o la sustancia que se oxida o arde en el proceso de combustión, también es conocido como agente reductor. La oxidación puede ser lenta como el óxido de hierro, oxidación rápida como el fuego y oxidación instantánea como una explosión. El combustible se puede encontrar en cualquiera de los estados físicos: sólido, líquido o gaseoso. Para que el combustible arda, es necesario que se encuentre en estado gaseoso, esto se logra mediante **la pirólisis, que se define como la descomposición química de una sustancia (generando vapores) mediante la acción del calor.** Si existe suficiente calor y combustible, el proceso de pirólisis genera la suficiente de gas inflamable para provocar la ignición, siempre y cuando los demás elementos del tetraedro del fuego estén presentes.

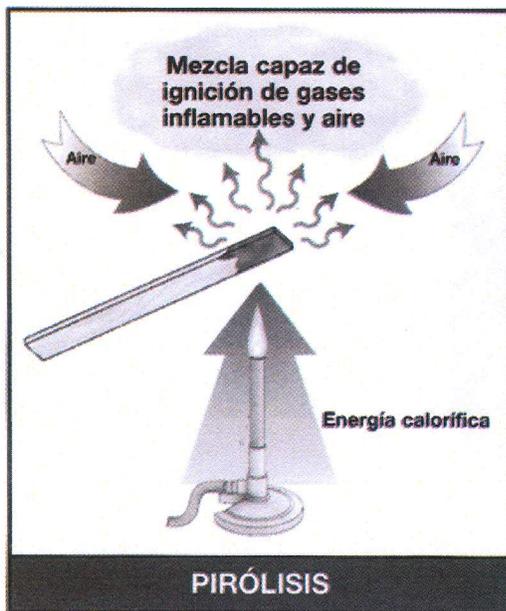
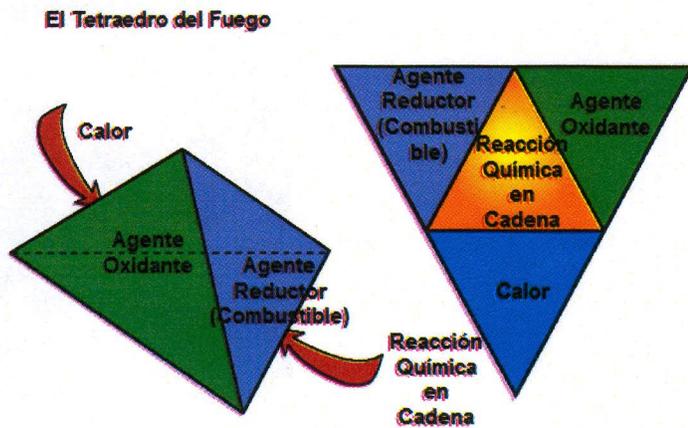
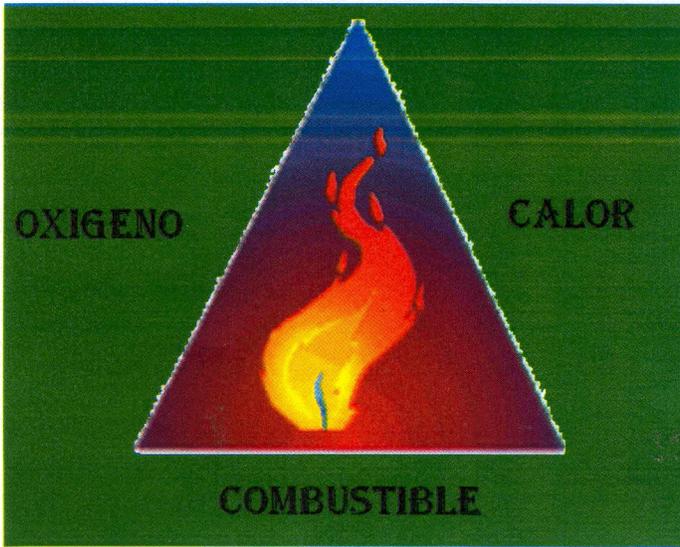


Figura 2.14a La pirólisis sucede cuando la madera se descompone debido a la acción de los vapores generadores de calor. Los vapores se mezclan con el aire y producen una mezcla inflamable



El tetraedro del fuego es la ilustración gráfica que muestra los elementos necesarios para que se inicie un fuego y la combustión. Los elementos son el oxígeno, el combustible, el calor y la reacción química en cadena.



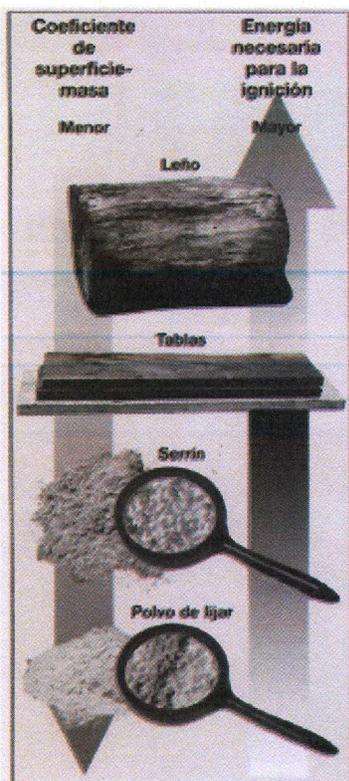
Anteriormente, se ilustraba gráficamente el proceso de combustión con la imagen del triángulo del fuego.

Esta ilustración fue por mucho tiempo ejemplo para los Bomberos, mostraba que era necesario tener oxígeno, calor y combustible para generar fuego, pero no contaba con el cuarto elemento, la reacción química en cadena.

Por lo que se cambió al tetraedro y hoy es básico en el estudio del fuego para los Bomberos.

El coeficiente de superficie-masa.

Resulta básico en estudio del fuego conocer las propiedades de los combustibles y las características que nos pueden ayudar a controlar y extinguir el fuego. Para éste fin habremos de comprender el concepto de superficie-masa, que es el área de superficie del combustible en proporción a la masa. Uno de los mejores ejemplos es la madera. Para producir materiales útiles, se debe cortar un árbol en un leño. La masa de este leño es muy alta, pero su superficie es relativamente escasa, por este motivo el coeficiente de superficie-masa es bajo.

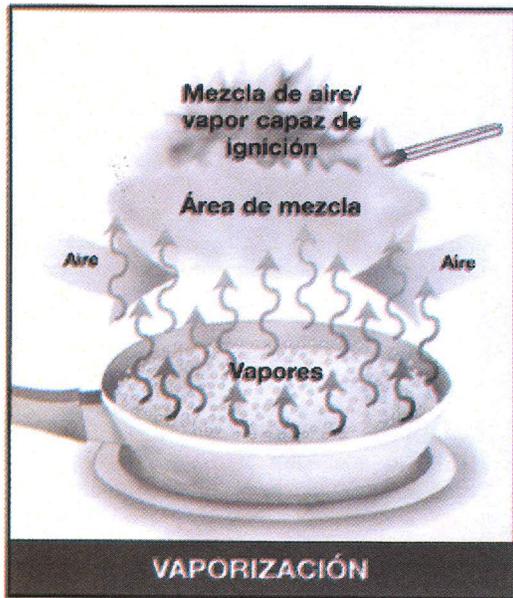


Si se corta el leño en tablas el resultado es una reducción de masa en tablas individuales en comparación con el leño, pero el área de superficie resultante aumenta. El aserrín que se desprende mientras se corta la madera tiene incluso un coeficiente de superficie-masa superior y si las tablas se lijan el polvo resultante tiene un coeficiente superficie-masa aún mayor.

A medida que el área de superficie masa aumenta, se expone al calor más parte del material, lo que genera más gases inflamables debido a la pirólisis. La posición real de un combustible sólido afecta al modo en cómo arde. Si el combustible sólido está en posición vertical, la expansión del fuego será más rápida que si está en posición horizontal, véase la ilustración.



En el caso de los combustibles líquidos, los gases combustibles se generan a partir de un proceso que se llama vaporización, que es la transformación de un líquido a su estado de vapor o gaseoso. Ésta transformación se produce cuando las moléculas de la sustancia escapan de la superficie del líquido a la atmósfera circundante, para que este proceso se realice es necesario que exista una entrada de energía y casi siempre es en forma de calor, por ejemplo, el agua que queda en una olla después de evaporarse.



La vaporización de combustibles líquidos requiere una entrada de energía menor que los sólidos para su pirólisis, esto se debe, principalmente, a las diferentes densidades de las sustancias en estado sólido y líquido. Además del hecho de que las moléculas en estado líquido tienen más energía que cuando están en estado sólido.

Los combustibles gaseosos pueden ser los más peligrosos de todos los combustibles, ya que se encuentran en el estado natural para la ignición, no se necesita vaporización o pirólisis y requieren menos energía para la ignición.

A las concentraciones del vapor combustible y el aire se denomina rango (explosivo) de inflamabilidad, este se calcula utilizando el porcentaje por volumen de gas o vapor en el aire para el límite de inflamabilidad inferior (LII) y el límite de inflamabilidad superior (LIS), siendo en LII la concentración mínima de vapor combustible y aire que permita la combustión. El LIS es la concentración más allá de la cuál no se produce la combustión, estas son demasiado ricas para arder.

CALOR.

El calor es el componente energético del tetraedro del fuego. Cuando el calor entra en contacto con un combustible, la energía hace que la reacción de combustión continúe de alguno de los siguientes modos.

- Provoca pirólisis o vaporización de los combustibles sólidos y líquidos, y la producción de vapores y gases capaces de ignición.
- Proporciona energía necesaria para la ignición.
- Causa la producción e ignición continuas de los vapores o gases combustibles, de modo que la reacción de combustión pueda continuar.

Además del calor, existen otros tipos de energía que pueden producir fuego, entre ellas mencionaremos las más comunes, las energías química, eléctrica, mecánica y nuclear.

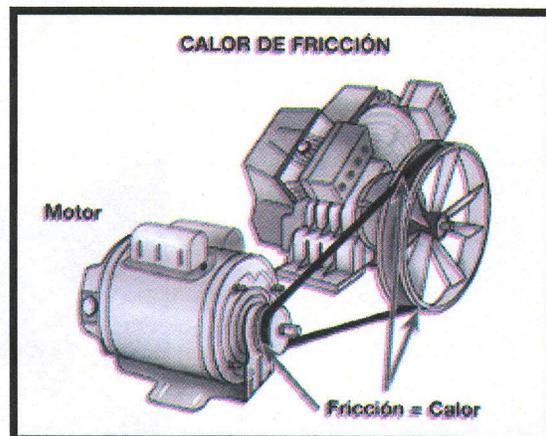
Química: La energía calorífica química es la fuente de calor más habitual en las reacciones de combustión. Cuando un combustible está en contacto con oxígeno, se produce la oxidación. Este proceso casi siempre produce calor, cuando un cerillo arde es un ejemplo de energía calorífica química. La autoinflamación (calentamiento espontáneo) se presenta cuando la temperatura de un material se incrementa sin que intervenga calor externo.

Eléctrica: La energía calorífica eléctrica puede generar temperaturas suficientemente altas para hacer prender los materiales combustibles cercanos al área calentada. El calentamiento eléctrico puede producirse por muchos modos entre los cuales están los siguientes:

- Flujo de corriente a través de una resistencia.
- Sobrecorriente o sobrecarga.
- Formación de arco eléctrico.
- Chispas.
- Electricidad estática.
- Rayos.

Mecánica: La energía calorífica mecánica se genera por fricción o compresión.

Fricción: calor generado por el movimiento de dos o más superficies en contacto entre sí.
Compresión: el calor se genera cuando un gas se comprime.



Nuclear: La energía calorífica nuclear se genera cuando se separan (fisión) o se combinan (fusión) los átomos.

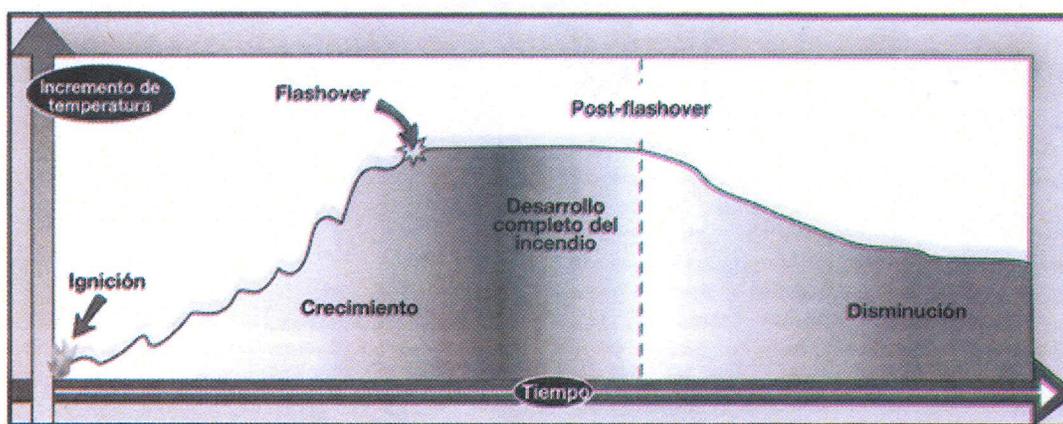
LA REACCIÓN QUÍMICA EN CADENA

Es una compleja reacción que necesita un combustible (en estado gaseoso o de vapor), un oxidante y energía calorífica, todos combinados de una forma muy específica. Producida la llama o fuego, la combustión solo podrá continuar, si existe energía calorífica, oxígeno y combustible suficiente para la producción de vapores combustibles, por lo que se le llama reacción en cadena.

IGNICIÓN: Es cuándo los cuatro elementos del tetraedro del fuego coinciden en cantidades adecuadas y se inicia la combustión. La ignición puede ser guiada (causado por una chispa o llama) o no guiada (causado cuando un material llega a la temperatura de ignición como resultado de la autoinflamación), como la ignición espontánea.

FASES DEL FUEGO.

Poco después de la ignición, inicia la formación de llamas crecientes del material que arde, mientras más crece y se desarrolla, empieza a arrastrar o atraer aire desde el espacio a su alrededor a la llama. Es de gran importancia que se identifiquen plenamente las fases en que el fuego se encuentra para realizar un trabajo seguro y eficiente como Bomberos.



Fase inicial o incipiente.

Se desarrolla en la ignición del incendio. En esta etapa del incendio la temperatura de los materiales combustibles están en aumento, existe oxígeno abundante a su alrededor, lo que genera el calentamiento de mayor cantidad de superficie del combustible provocando la pirólisis y la combustión de más del material combustible incendiado. Existe generación de vapores y humo en grandes cantidades por la falta de temperatura que incinere el material que se convierte en pequeñas partículas que se elevan por la acción del aire caliente.

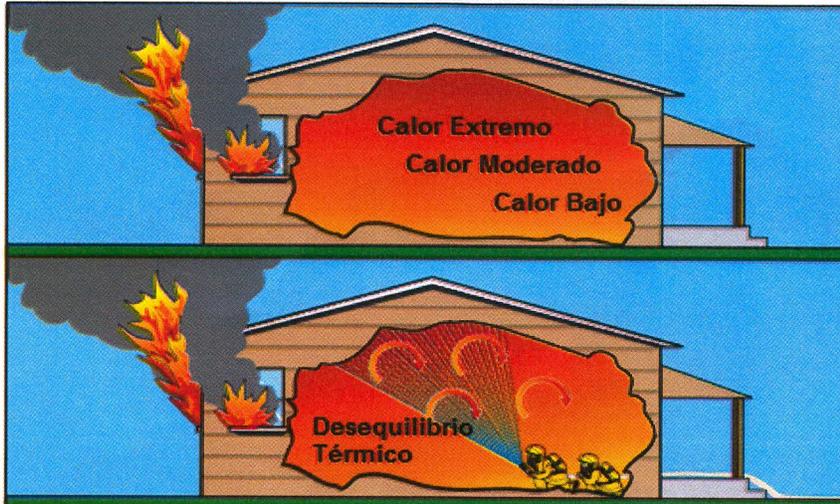
Humo: diminutas partículas de material combustible que no alcanzaron a arder.

Etapa de crecimiento.

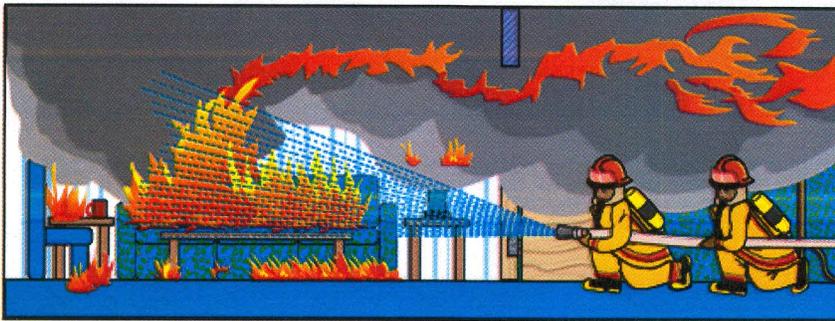
Cuando el incendio está al aire libre, el fuego continúa **creciendo** porque siempre tiene oxígeno para seguir oxidando al combustible incendiado. Cuando el fuego es dentro de una estructura el oxígeno se empieza a agotar desde el momento en que empieza a arder el combustible.

Fase de libre combustión o de flashover.

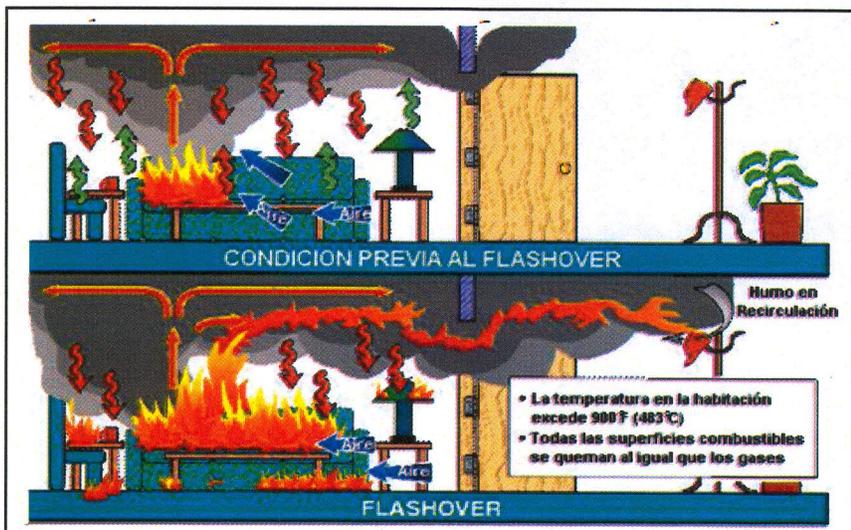
Cuando parte del combustible se ha incendiado, alcanza la suficiente temperatura para generar más vapores combustibles en el resto del material incendiado, la llama crece porque sigue atrayendo oxígeno, es cuando la llama alcanza su mayor dimensión y genera la mayor temperatura y menor cantidad de humo, ya que casi la totalidad del humo es quemado y solo se elevan aire y vapores calientes. Se genera gran radiación provocando la transferencia de altas temperaturas otros materiales combustibles cercanos.



Estando dentro de una estructura el humo se acumula en las partes superiores de la misma, provocando el aumento de temperatura por la fricción del humo con las estructuras que lo están conteniendo, generando una estratificación de temperaturas como continuación se ilustra.



El humo y vapores alcanza grandes temperaturas que en algunos momentos se incendia y el fuego se desplaza a través del techo de la estructura, provocando un fenómeno llamado **Rollover o Flameover**

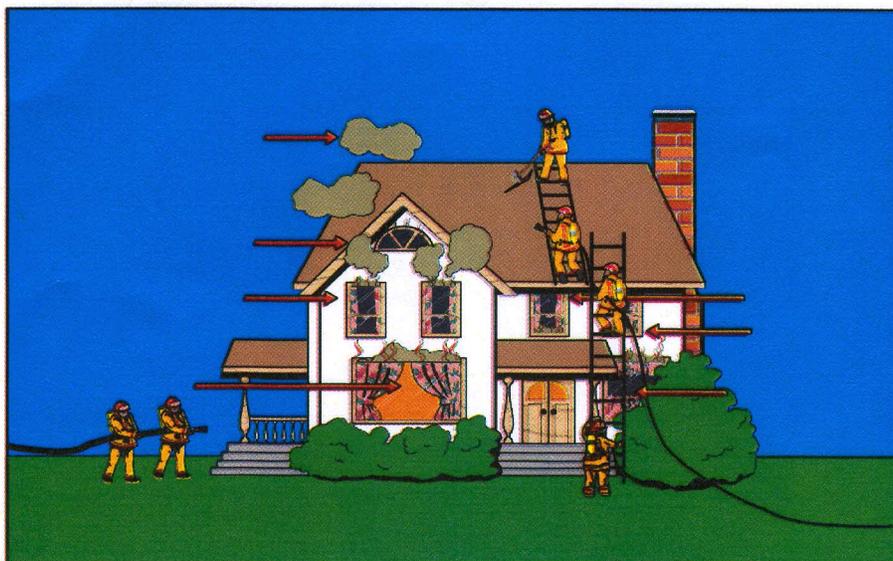


En esta etapa del incendio se produce el **flashover que es la inflamación súbita generalizada** (el incendio repentino de todos los materiales que han empezado el proceso de combustión con la pirólisis), que resulta ser una condición muy peligrosa para los Bomberos por la alta temperatura y los riesgos de salir lesionado por la ignición de todos los materiales a su alrededor.

Después del flashover la necesidad de oxígeno en el incendio es la más demandante ya que todo el combustible incendiado necesita oxígeno. En un incendio dentro de una estructura el oxígeno se agota rápidamente y sin una fuente que lo provea se termina, lo que nos lleva a la siguiente fase del incendio.

Fase latente o Post-flashover.

Cuando el incendio de un material combustible se encuentra al aire libre, ésta condición no es posible que se presente, ya que el aire que se encuentra al rededor del incendio tiene el suficiente oxígeno para continuar ardiendo, hasta que el material combustible se queme en su totalidad. Totalmente diferente es en el caso de un incendio dentro de una estructura, en la fase del post-flashover todo el oxígeno existente dentro de la estructura se agota hasta no existir llama en los materiales combustibles incendiados, pero sigue con la temperatura (alrededor de 483°C o 900°F) necesaria para poder continuar el fuego.

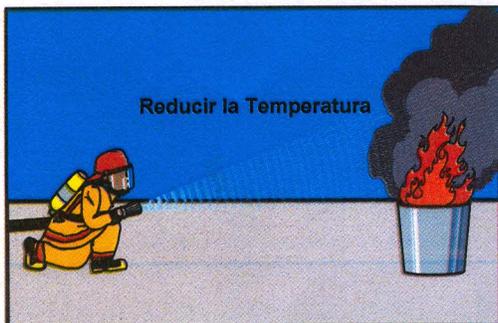


Al llegar a una estructura con estas condiciones, observaremos señales de la deficiencia total del oxígeno, como lo son humo amarillento-grisáceo, paredes demasiado calientes al tacto, vidrios que vibran, resplandor naranja opaco dentro de la estructura, vidrios tiznados por el carbón del humo, humo que entra y sale por las rendijas o pequeñas aberturas que pudiera tener la estructura, humo saliendo a presión por ranuras en las partes superiores de la estructura. Todas éstas características nos indican un probable **Backdraft, que es una explosión por flujo reverso** (también conocido como explosión de humo), que al momento de abrir un suministro de oxígeno como una ventana o puerta, el aire entrará a la estructura provocando una explosión que incendiará todo el humo dentro de la estructura, expulsando violentamente humo, fuego y gases calientes.



MÉTODOS PARA LA EXTINCIÓN DEL FUEGO.

Para lograr una eficiente y segura extinción del fuego es necesario quitar uno de los elementos del tetraedro del fuego para poder romper la reacción química en cadena, cada uno de los elementos tiene su forma específica de eliminarse como a continuación se muestra.



Para eliminar el calor se utiliza el **enfriamiento**. Se utiliza en combustibles sólidos y líquidos con altos puntos de inflamación. Es el método más utilizado y se hace regularmente con agua, ya que es el agente extinguidor más barato y fácil de encontrar, teniendo la particularidad de absorber la temperatura y convertirse en vapor.



Para eliminar el combustible se utiliza la **separación**. Se aplica en combustibles sólidos, líquidos, o gaseosos. Detiene el flujo del combustible líquido o gaseoso. Se logra al retirar al combustible sólido de la trayectoria del fuego, permite que el fuego consuma todo el combustible.



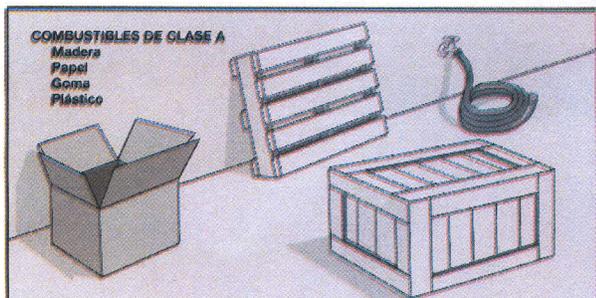
Para eliminar el oxígeno se utiliza la **sofocación**. Se aplica en combustibles sólidos, líquidos, o gaseosos. Evita que el aire entre en contacto con el combustible (sofocamiento). Se puede diluir o desplazar el oxígeno con un gas inerte como el CO_2 o el Halocarbono.



También podemos **eliminar la reacción química en cadena**. Se aplica en combustibles gaseosos o líquidos. Utiliza químicos secos e hidrocarburos halogenados. Interrumpe la reacción química en cadena (pone fin a las llamas).

CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES.

CLASE A. Materiales comunes como madera, papel, tela y muchos plásticos. Todo lo que deje brasa al quemarse.



El método eficaz para la extinción del fuego de combustibles clase A es el **enfriamiento**. Se puede utilizar agua o agua con concentrado de espuma para una más rápida extinción del fuego.

Se puede utilizar la separación de material que no se ha quemado.

CLASE B. Materiales que son derivados del petróleo, que pueden ser líquidos o gases inflamables, como pinturas, lacas, aceites, alcoholes minerales, alcoholes, gasolina, gas LP, etc.



El método más eficaz para el control y extinción de un fuego de combustibles clase B es la **sofocación**.

Esto se puede lograr tapando el contenedor del líquido que se encuentra incendiado en caso de estar en uno. Se pueden utilizar espumas que realizan una película que separa el combustible del aire, además de que enfría el combustible y evita la emanación de vapores combustibles. Existe la posibilidad de realizar la separación del combustible que se ha incendiado del que no lo ha hecho ó simplemente cerrar una válvula de suministro. Se puede lograr la extinción del fuego enfriando con un chorro de agua en forma de neblina.

CLASE C. Material o equipo eléctrico energizado. Como computadoras, transformadores de energía, electrodomésticos, etc.

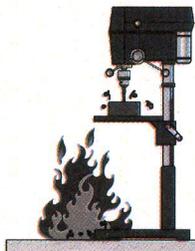


El método mas eficaz para el combate de incendios clase C es la **separación**.

Se realiza la desconexión del equipo o material de la energía eléctrica y se combate al incendio de forma apropiada según el combustible implicado.

Se puede utilizar extintores de CO₂ o halón, para eliminar el fuego.

CLASE D. Incendios de metales combustibles como el aluminio, magnesio, potasio, titanio, circonio y sodio. Estos metales al llegar a su punto de ignición, es difícil apagarlos ya que generan su propio oxígeno.



El método más eficaz para el control de incendios clase D es específico para cada material que se encuentre incendiado. Cada metal combustible cuenta con un extintor especial que lo controla con más seguridad. Estos metales los podremos encontrar en empresas, normalmente cada empresa tiene el agente extintor para el metal combustible que maneja.

También hay algunas aleaciones de metales en motores de automóviles.